

SINTESIS PEREKAT KACA BERBASIS NANOPARTIKEL KITIN (ChNP)

SYNTHESIS OF GLASS ADHESIVE BASED ON CHITIN NANOPARTICLE (ChNP)

MALIK ARDIANSYAH¹, MARIA ULFA¹, SUDIRMAN¹,
EMMY YUANITA¹, NI KOMANG TRI DHARMAYANI¹

¹Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram.

Jl. Majapahit No. 62, Mataram 83125, Nusa Tenggara Barat, Indonesia.

email: ardiansyahardian388@gmail.com

Abstrak. Nanopartikel kitin (ChNP) dengan luas permukaan yang tinggi sangat potensial dikembangkan menjadi material perekat kaca. Telah dilakukan penelitian mengenai potensi ChNP dari cangkang kepiting sebagai perekat kaca. Penelitian ini bertujuan untuk (a) Melakukan isolasi dan mengkarakterisasi kitin serta ChNP dari cangkang kepiting, (b) Menguji performa perekat kaca berbasis ChNP dari kitin cangkang kepiting, dan (c) Mengetahui komposisi terbaik sebagai perekat kaca. Isolasi kitin dilakukan dengan metode deproteinisasi dan demineralisasi dengan perolehan rendemen sebesar 6,775 %. Karakterisasi kitin berdasarkan FTIR, dijumpai pita serapan khas puncak pada 1635 cm^{-1} merupakan amida I yang menunjukkan adanya ikatan C=O pada gugus amida, dan pada puncak 1550 cm^{-1} merupakan amida II. Ukuran rata-rata ChNP yang dihasilkan sebesar 351 nm. Hasil analisis SEM menunjukkan sebaran partikel yang teraglomerasi dan sebaran partikel seperti jarum. ChNP dapat diaplikasikan sebagai perekat kaca dengan penambahan putih telur (PT) dan *Gum Arabic* (GA), dengan *Tensile Strength* tertinggi yaitu pada variasi komposisi ChNP dengan GA.

Kata kunci: perekat kaca, nanopartikel kitin (ChNP), deproteinisasi dan demineralisasi.

Abstract. Chitin nanoparticles (ChNP) with high surface area have the potential to be developed into glass adhesive materials. This study aims to (a) Isolate and characterize chitin and ChNP from crab shells, (b) Test the performance of glass adhesive based ChNP from crab shell chitin, and (c) Determine the best composition as a glass adhesive. Chitin isolation was carried out by deproteinization and demineralization methods with a yield of 6.775%. Characterization of chitin based on FTIR, found a typical absorption band peak at 1635 cm^{-1} is amide I which indicates the presence of C=O bonds in the amide group, and the peak at 1550 cm^{-1} is amide II. The average size of chitin nanoparticles (ChNP) produced was 351 nm. The result of SEM analysis showed the distribution of agglomerated particle, and the distribution of needle-like particle. ChNP can be applied as a glass adhesive with Egg White (EW) and Gum Arabic (GA), with the highest Tensile Strength, namely in the variation of the composition of ChNP with GA.

Keywords: glass adhesive, chitin nanoparticles (ChNP), deproteinization and demineralization.

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman membuat perekat memiliki peranan penting dalam kehidupan kita sehari-hari seperti memperbaiki sepatu, menempelkan prangko, menempelkan label, ataupun memperbaiki kaca (Karnal, *et al.*, 2017). Seiring perkembangan zaman, bahan dasar perekat sangat bervariasi seperti *Volatiles Organic Compound* (VOC) (David dan Niculescu, 2021) dan *Lysergic Acid Diethylamide* (LSD) (Budiono dan Wantouw, 2015). Efek yang ditimbulkan dari penggunaan LSD secara terus menerus, yaitu akan rusaknya sel-sel otak dan juga paru-paru, halusinasi, depresi, kepening, perasaan panik yang akut dan masih banyak lagi, sehingga dibutuhkan bahan alami sebagai bahan dalam pada perekat kaca (Suryaningih dan Hendarsyah, 2019).

Dewasa ini perekat alami ada di sekeliling kita, seperti pada kaki tokek. Sistem perekat pada kaki tokek merupakan contoh nyata dari penerapan nanopartikel (Bhattacharyya, *et al.*, 2015). Tokek (*Gekko gecko*) menggunakan sekitar tiga juta rambut skala mikro atau satae dengan diameter 5–10 μm dan panjang 30–130 μm . Satae tersebut bercabang menjadi ratusan spatula berskala nano dengan panjang 500 nm sehingga mampu menghasilkan gaya rekat sebesar 20 N (Kim, *et al.*, 2013). Sistem perekat pada kaki tokek sendiri mengadopsi interaksi Van der Waals dan juga gaya kapiler untuk menghasilkan daya rekat pada sebagian besar permukaan (Wang, *et al.*, 2021).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Liu, *et al.* (2021) menunjukkan bahwa perekat kaca berbahan dasar kitin telah dikembangkan dan memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku perekat kaca. Kitin dalam bentuk nanopartikel memiliki stabilitas adhesi yang tinggi, kekuatan rekat dan anisotropi adhesi tinggi, ikatan hidrogen yang kuat, dan juga mengadopsi interaksi gaya Van der Waals. Kuat rekat yang dihasilkan yaitu 1,88-5,26 MPa dan kuat beban sebesar 8,17-42,67 N. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Greca, *et al.* (2021) kekuatan rekat ChNP yang dihasilkan sebesar 1,45 MPa dan kuat beban 289 N, ketika ChNP dimodifikasi dengan PT menghasilkan kuat rekat sebesar ~3 MPa dan kuat beban 350 N.

Kitin merupakan biopolimer terbesar nomor 2 di alam (Mahyudin dan Yuliandri, 2011), dan umumnya dapat dijumpai pada hewan avertebrata laut, darat, serta jamur. Umumnya kelompok *Crustacea* seperti kepiting, udang dan lobster merupakan sumber utama kitin komersial (Mohan, *et al.*, 2021). Sumber kitin paling banyak terdapat pada kepiting berkisar antara 64-74%, diikuti oleh lobster 60%, dan udang 17-40 %, (Arbia, *et al.*, 2013). Penggunaan kitin dapat diperluas apabila diubah menjadi nanopartikel kitin (ChNP) sehingga memiliki luas permukaan yang meningkat baik dalam larutan maupun dalam bahan curah (Colijn, *et al.*, 2021).

Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengisolasi kitin seperti degradasi amorf kitin, hidrolisis asam, oksidasi, dan perlakuan mekanis (Muñoz-Núñez, *et al.*, 2022). Umumnya metode yang digunakan pada isolasi kitin dari cangkang *Crustacea* yaitu deproteinisasi dan demineralisasi (Younes dan Rinaudo, 2015). Proses deproteinisasi merupakan proses penghilangan protein pada cangkang *Crustacea* dengan bantuan basa kuat (Knidri, *et al.*, 2018). Proses demineralisasi adalah proses melarutkan mineral yang terkandung pada cangkang *Crustacea* dengan bantuan asam kuat. (Kozma, *et al.*, 2022).

Berdasarkan latar belakang di atas telah dilakukan penelitian tentang sintesis perekat kaca berbasis ChNP kitin. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yang diawali dengan isolasi kitin dari cangkang kepiting menggunakan metode hidrolisis asam (variasi konsentrasi basa dan asam). Sintesis ChNP dilakukan dengan metode sentrifugasi yang dilanjutkan dengan memvariasikan konsentrasi suspensi ChNP. Perekat kaca berbasis ChNP disintesis dengan menambahkan *Gum Arabic* (GA) dan putih telur (PT) dengan variasi perbandingan konsentrasi. Karakterisasi kitin dan ChNP dilakukan dengan analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Polarized Optical Microscopy* (POM), dan *Particle Size Analysis* (PSA).

MATERI DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini bertempat di laboratorium Kimia lanjut, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram. dan dilaksanakan pada bulan Agustus 2022 hingga April 2023.

Prosedur Kerja

a. Preparasi Serbuk Cangkang Kepiting

Preparasi sampel mengacu pada penelitian Mashuni, *et al.* (2021). Cangkang kepiting yang digunakan adalah jenis bakau, yang berasal dari desa Sekotong Tengah, kecamatan Sekotong, kabupaten Lombok Barat. Mula-mula cangkang kepiting dibersihkan dan dicuci dari daging yang masih menempel, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari (± 2 hari). Cangkang yang sudah kering dihaluskan menggunakan blender dan diayak mendapatkan serbuk cangkang kepiting berukuran 50 mesh.

b. Deproteinisasi

Serbuk cangkang kepiting (8 g) dideproteinisasi dengan larutan NaOH 2,39 M (100 mL) sesuai dengan penelitian Kozma, *et al.* (2022). Campuran distirer selama 3 jam (100 °C) dan dipisahkan endapannya dengan *sentrifuge* (3000 rpm, 10 menit) Proses sentrifugasi

diulang selama beberapa kali hingga pH filtrat netral. Endapan hasil sentrifugasi dioven pada suhu 50°C (24 jam).

c. Demineralisasi

Serbuk hasil deproteinisasi yang telah dioven kemudian dilakukan didemineralisasi dengan larutan HCl 5 M (100 mL). Campuran distirer selama 3 jam (100 °C) dan dipisahkan endapannya dengan *sentrifuge* (3000 rpm, 10 menit). Proses sentrifugasi diulang beberapa kali hingga pH filtrat netral. Suspensi yang terbentuk pada proses sentrifugasi dipisahkan antara koloid dan supernatannya. Supernatan dioven pada suhu 50°C (24 jam).

d. Karakterisasi

Kitin hasil isolasi perlu dilakukan karakterisasi untuk mengetahui karakter fisik dan kimianya menggunakan beberapa alat instrumentasi, diantaranya yaitu: FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada kitin, PSA untuk mengetahui ukuran suspensi ChNP, dan uji performa perekat kaca dilakukan dengan mesin tensilon.

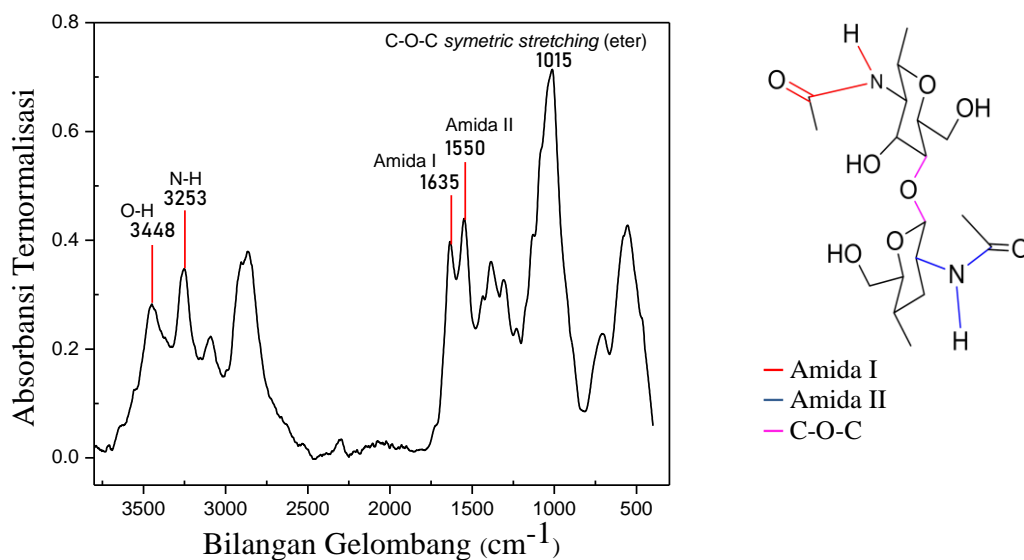
HASIL DAN DISKUSI

Isolasi dan Karakterisasi Kitin

Kitin berbasis cangkang kepiting telah berhasil diisolasi dengan metode deproteinisasi dan demineralisasi. Metode deproteinisasi merupakan metode penghilangan protein dengan bantuan basa kuat. Basa kuat yang digunakan adalah NaOH (2,37 M), proses ini dilakukan untuk memotong ikatan protein pada kitin dengan mendepolimerisasi biopolimernya (Pakizeh, *et al.*, 2021). Saat reaksi deproteinisasi terjadi, terbentuk sedikit gelembung pada permukaan larutan dan larutan ekstraktor menjadi agak kental. Pengentalan larutan disebabkan karena kandungan protein pada kitin terlepas kemudian berikatan dengan ion Na⁺. Kandungan protein yang terlepas dengan NaOH membentuk asam amino (Atmaja, *et al.*, 2019).

Metode demineralisasi merupakan proses penghilangan mineral pada cangkang kepiting dengan bantuan asam kuat. Asam kuat yang digunakan pada penelitian ini adalah HCl (5 M), proses demineralisasi akan menyebabkan terjadinya dekomposisi CaCO₃ (kalsium karbonat) menjadi garam kalsium yang larut dalam air (CaCl₂ (kalsium klorida)) diikuti dengan pelepasan CO₂ (karbon dioksida) (Pakizeh, *et al.*, 2021). Kitin yang diperoleh dari hasil isolasi menghasilkan kitin berwarna krem dengan rendemen sebesar 6,8 %. Suspensi ChNP yang terbentuk yaitu sebanyak 500 mL dengan konsentrasi sebesar 1,2256 % (b/v).

Kitin yang telah diisolasi dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya dan mendukung ciri-ciri khas kitin. Data spektrum FTIR dari karakterisasi kitin dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berdasarkan data FTIR yang ditunjukkan terlihat bahwa puncak pada 3448 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan O-H (peregangan O-H), puncak spektrum pada bilangan gelombang 3253 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan N-H (peregangan N-H) yang merupakan ciri khas dari senyawa yang mengandung gugus amina (NH_2). Pita serapan yang ditampilkan oleh amida disebabkan oleh vibrasi peregangan N-H, C=O dan C-N, Puncak pada 1635 cm^{-1} menunjukkan peregangan O=C terhadap N-H dan merupakan amida I, pada puncak 1550 cm^{-1} menunjukkan interaksi ikatan C-N pada gugus amida dan merupakan amida II, dan puncak 1015 cm^{-1} menunjukkan peregangan simetris C-O-C.



Gambar 4. 1 Spektrum FTIR kitin cangkang kepiting

Berdasarkan serapan spektrum FTIR di atas, jenis kitin yang berhasil diisolasi termasuk ke dalam bentuk β -kitin karena tidak adanya perpecahan pita amida I. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Focher, *et al.* (1960), bentuk α -kitin memiliki pita amida I yang terpecah menjadi dua komponen pada bilangan gelombang 1660 dan 1630 cm^{-1} (karena pengaruh ikatan hidrogen atau adanya bentuk enol dari gugus amida), sedangkan untuk bentuk β -kitin tidak mengalami perpecahan amida I dan muncul pada bilangan gelombang 1630 cm^{-1} (Brunner, *et al.*, 2009). Perbandingan spektrum gelombang FTIR disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Analisis perbandingan spektrum FTIR kitin dengan referensi

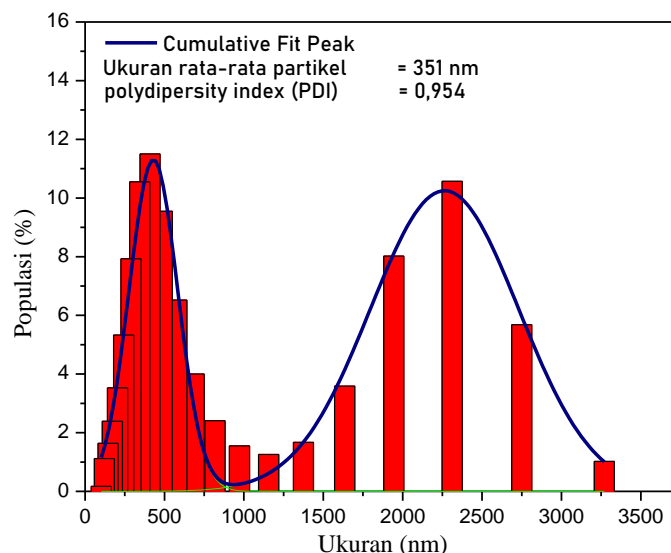
Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		
	Hasil Penelitian	Referensi ^[1]	Referensi ^[2]
Peregangan O-H	3448	3442	3452
Peregangan N-H	3253	3259	3266
Amida 1	1635	1652	1629
Amida 2	1550	1554	1558
C-O-C	1015	-	1027

Sumber: [1] Liu, *et al.* (2021), dan [2] Chen, *et al.*(2014).

Karakterisasi Nanopartikel Kitin (ChNP)

1. Particle Size Analysis (PSA)

Karakterisasi ukuran partikel pada suspensi ChNP diamati menggunakan PSA yang menunjukkan hubungan antara populasi (%) dengan ukuran suspensi ChNP. Populasi menyatakan persentase jumlah partikel ChNP yang memiliki ukuran tertentu, berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa suspensi ChNP menunjukkan distribusi utama ukuran partikel berkisar antara 102,2 hingga 972 nm dengan ukuran partikel rata-rata sebesar 351 nm. Menurut Zielinska, *et al.* (2020) ChNP termasuk ke dalam jenis nanopartikel polimer yang memiliki rentang ukuran partikel dari 1-1000 nm, dengan diameter rata-rata antara 100-300 nm. Nilai *Polydispersity Index* (PDI) yang didapatkan sebesar 0,954 sehingga nanopartikel kitin yang dihasilkan termasuk ke partikel polidisper.



Gambar 4.2 Distribusi ukuran partikel rata-rata suspensi ChNP

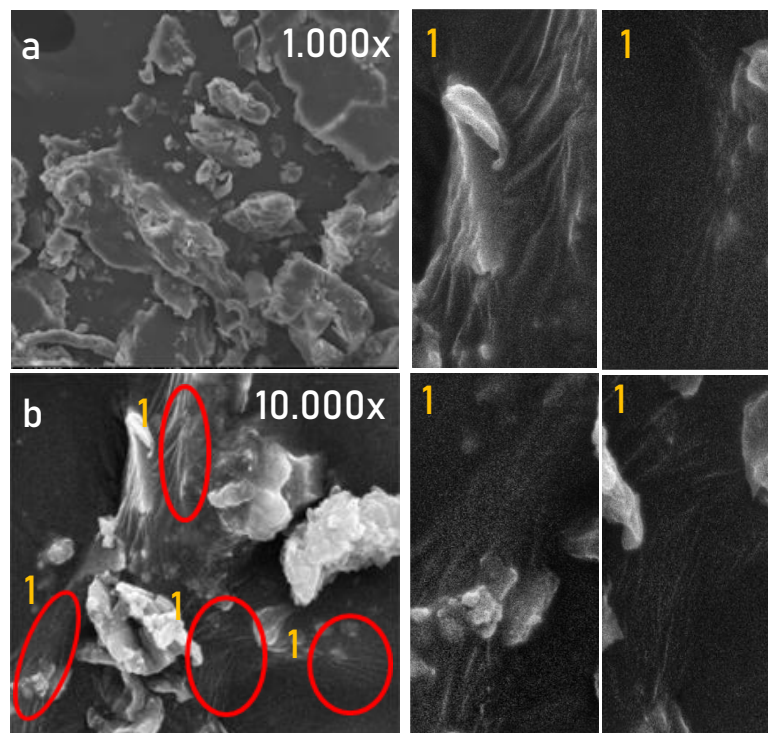
Hasil uji karakterisasi ukuran partikel yang telah didapatkan memiliki perbedaan ukuran dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Liu, *et al.* (2021) yang memiliki

ukuran partikel rata-rata sebesar 323,26 nm. Perbedaan ukuran partikel disebabkan oleh perbedaan perlakuan pada metode yang digunakan. Pada penelitian Liu, *et al.* (2021) menggunakan sonikasi untuk proses sintesis ChNP sedangkan pada penelitian ini tidak melewati proses sonikasi dalam sintesis ChNP .

Suatu nanopartikel dapat didispersikan kembali dengan menggunakan kekuatan mekanik misalnya *ultrasound* (sonikasi). Sonikasi telah terbukti efektif dalam mencapai dispersi nanopartikel yang stabil (Salaberria, *et al.*, 2015). Penggunaan metode sonikasi mampu memperkecil ukuran ChNP (Colijn, 2021). Penggunaan sonikasi akan meningkatkan kristalinitas, mengurangi ukuran partikel, dan mengikis permukaan produk (Pakizeh, *et al.*, 2021). Nanopartikel terdispersi memiliki luas permukaan yang sangat besar, sehingga mampu meningkatkan reaktivitas kontak nanopartikel karena permukaan reaksi yang lebih besar (Buzea, *et al.*, 2007).

2. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Karakteristik morfologi permukaan ChNP diamati menggunakan SEM dengan perbesaran 1000 dan 10.000 \times . Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa ChNP memiliki bentuk seperti serpihan, dan memiliki partikel kasar heterogen dengan beberapa partikel yang teraglomerasi pada perbesaran 1.000 \times , dan menunjukkan morfologi seperti jarum atau batang pada perbesaran 10.000 \times .



Gambar 4.3 Morfologi SEM ChNP pada perbesaran, (a) 1.000 \times dan (b) 10.000 \times .

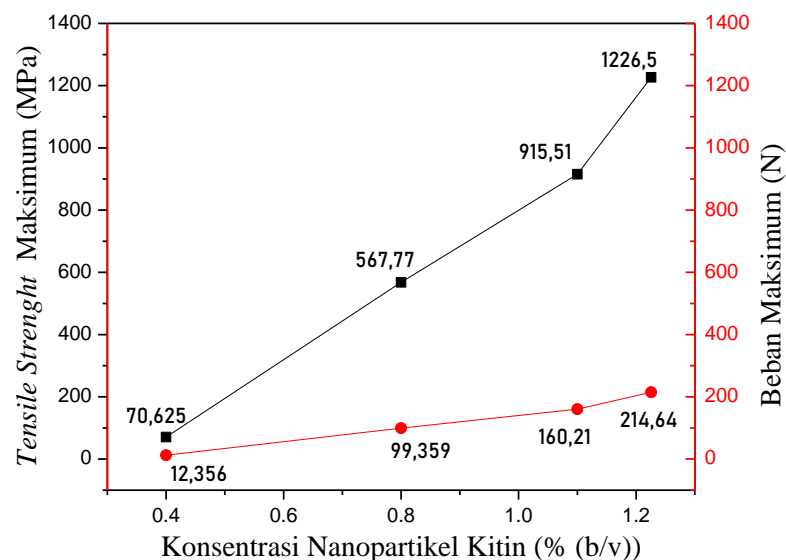
Menurut Liu, *et al.* (2021) nanopartikel kitin yang seperti batang atau jarum seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 (b.1), akan memiliki kontak yang baik dengan permukaan substrat yang menginduksi adhesi antarpartikel yang kuat, ketika antarpartikel menumpuk satu sama lain akan membentuk struktur pipih yang memfasilitasi efek kohesi yang kuat. Morfologi partikel ChNP yang seperti batang juga dapat berkontribusi pada peningkatan stabilitas koloid ChNP (Gopi, *et al.*, 2016).

Performa Perekat Kaca

Perekat kaca berhasil dibuat menggunakan suspensi ChNP dengan ditambahkan beberapa variasi komposisi seperti GA dan PT. Performa perekat kaca diuji dengan beberapa pengujian, yaitu:

1. Uji *Tensile Strenght*

a. *Tensile Strenght* dalam berbagai konsentrasi



Gambar 4.4 Grafik uji *Tensile Strenght* dalam berbagai konsentrasi suspensi ChNP

Uji *Tensile Strenght* dilakukan untuk mengukur kemampuan perekat kaca dalam menahan tekanan beban atau gaya tarik sebelum mengalami kerusakan. Pengujian dilakukan menggunakan mesin tensilon RTG-1310, grafik yang disajikan pada Gambar 4.4 menunjukkan hubungan antara konsentrasi suspensi ChNP dengan kuat tarik maksimum yang dapat dicapai. Konsentrasi suspensi ChNP yang diuji terdiri dari empat level yaitu (0,4 ; 0,8; 1,1; dan 1,2256 % (b/v)). Konsentrasi suspensi ChNP yang berbeda akan mempengaruhi sifat-sifat mekanik perekat, seperti *Tensile Strenght* dan ketahanan terhadap deformasi.

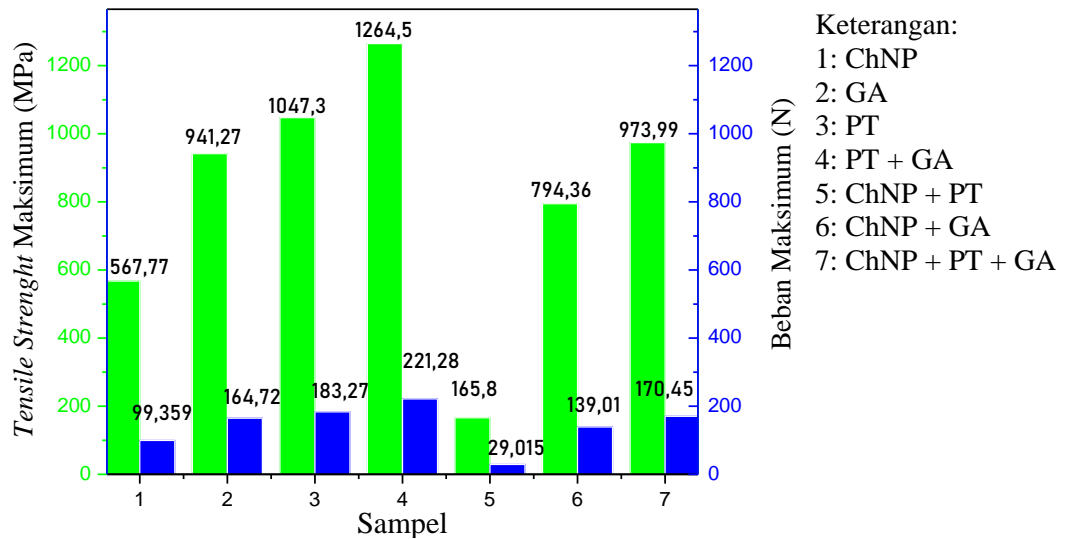
Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4, dapat diamati bahwa terdapat peningkatan yang signifikan pada *Tensile Strength* maksimum dan beban maksimum saat konsentrasi dinaikkan yaitu dari 0,4 ke 0,8 % (b/v) memiliki nilai sebesar (70,625 ; 567,77 MPa \pm 12,359; 99,359 N), kemudian konsentrasi kembali dinaikkan dari 0,8 ke 1,1 % (b/v), hingga 1,2256 % (b/v) didapatkan *Tensile Strength* maksimum dan beban maksimum berturut-turut yaitu (567,77 ; 915,51 ; dan 1226,5 MPa \pm 99,359; 160.21; dan 214.64 N). Nilai *Tensile Strength* dari variasi konsentrasi ini memiliki kekuatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian standar Liu, *et al.* (2021) yang memiliki nilai *Tensile Strength* variasi komposisi sebesar 4,11-12,25 MPa.

Hasil dari grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi suspensi ChNP, semakin tinggi pula *Tensile Strength* dan beban maksimum yang dapat dicapai. Hal ini disebabkan oleh fakta peningkatan konsentrasi suspensi ChNP dapat meningkatkan daerah ikatan dan meningkatkan rasio antara bidang kontak (Liu, *et al.*, 2021). Konsentrasi yang lebih tinggi akan meningkatkan jumlah ikatan kimia yang terbentuk antara suspensi ChNP dan permukaan kaca, sehingga memperkuat ikatan antara keduanya.

b. *Tensile Strength* dalam berbagai komposisi

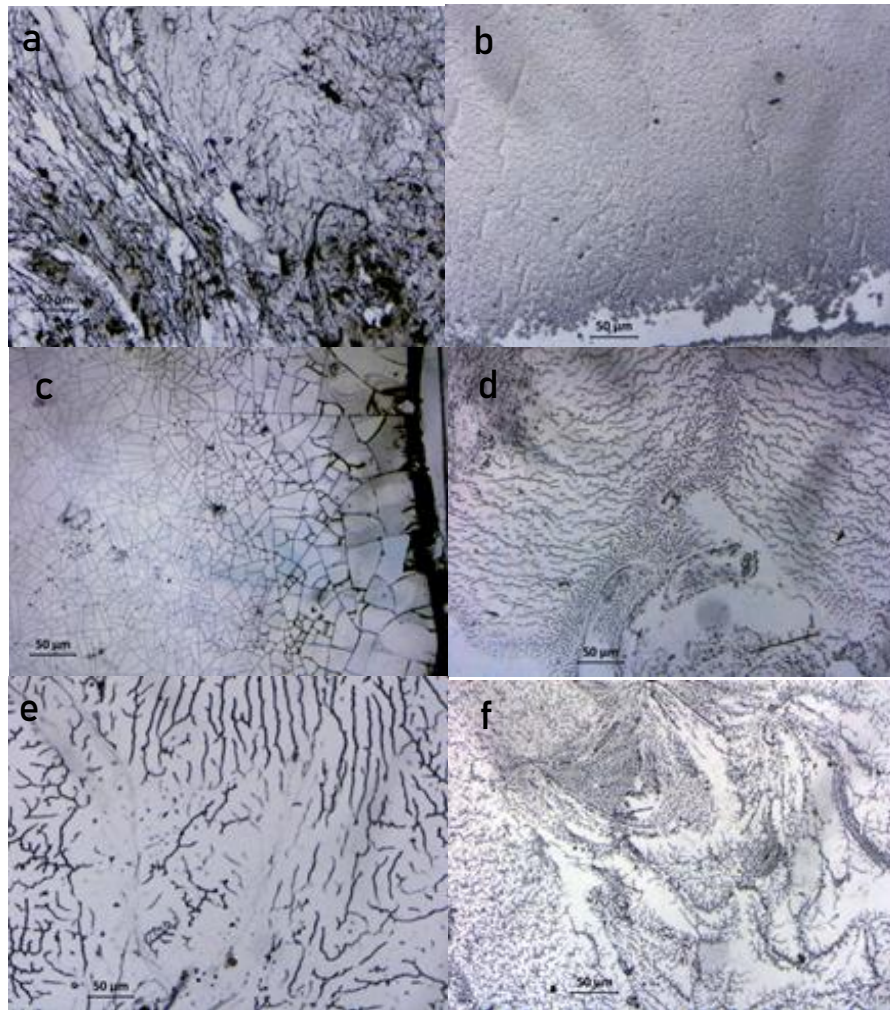
Grafik yang disajikan pada Gambar 4.5 menunjukkan *Tensile Strength* perekat kaca pada berbagai variasi komposisi bahan. Variasi komposisi tersebut meliputi suspensi ChNP, GA, PT, kombinasi GA dengan PT, suspensi ChNP dengan PT, suspensi ChNP dengan GA, dan kombinasi ketiga bahan tersebut (suspensi ChNP, GA, dan PT).

Berdasarkan grafik yang disajikan, *Tensile Strength* tertinggi ditunjukkan oleh kombinasi PT dengan GA dengan nilai sebesar 1264,5 MPa, diikuti oleh PT, ChNP + GA + PT, GA, ChNP + GA, ChNP, dan kombinasi antara ChNP + PT dengan nilai berturut-turut yaitu (1047,3; 973,99 ; 941,27 ; 794,36 ; 567,77; dan 165,8 MPa).



Gambar 4.5 Grafik uji *Tensile Strenght* dalam berbagai komposisi perekat kaca

Tingginya nilai *Tensile Strenght* pada variasi komposisi disebabkan oleh pengaruh PT dan GA. Secara fisik pemanasan PT akan menyebabkan denaturasi protein sehingga terjadi perubahan bentuk albumin menjadi bentuk yang lebih padat dan kaku yang akan menghasilkan superstrukturisasi fisik yang lebih baik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6. (c). Superstrukturisasi fisik inilah yang menyebabkan kekuatan perekat menjadi lebih tinggi. Kandungan PT juga akan mempengaruhi interaksi antarmuka dan membentuk efek marangoni pada saat diaplikasikan sebagai perekat kaca. Ketika efek marangoni terjadi, sebagian kecil partikel menumpuk didekat garis kontak substrat, sementara yang lain tepat di atasnya ditolak dari antarmuka oleh efek marangoni (Greca, *et al.*, 2021).

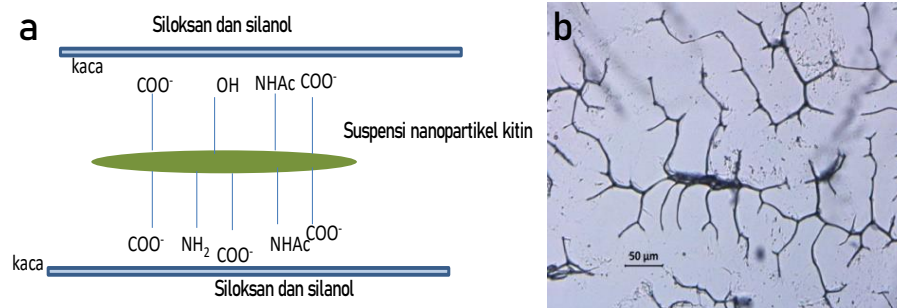


Gambar 4.6 Sebaran struktur variasi perekat kaca dikarakterisasi dengan POM, (a) ChNP, (b) ChNP + PT, (c) PT, (d) PT + GA, (e) ChNP + PT + GA, dan (f) ChNP + GA.

Berbeda halnya dengan *Tensile Strenght* yang dihasilkan komposisi ChNP + PT, terdapat perbedaan nilai *Tensile Strenght* yang signifikan ketika ditambahkan dengan PT. *Tensile Strenght* yang dihasilkan oleh ChNP yaitu sebesar 567,77 MPa. Garis-garis ChNP dipadatkan oleh interaksi supramolekul yang membawa kohesi dan adhesi internal yang tinggi ke dua permukaan melalui gaya Van der Waals, dan adhesi kapiler.

Berdasarkan Gambar 4.7, ditemukan bahwa suspensi ChNP akan merakit sendiri menjadi struktur pipih pada konsentrasi tinggi. Perekat ChNP juga membentuk struktur seperti cacing di bagian dalam. Kontribusi struktur seperti cacing terhadap kekuatan perekat dalam bidang lebih rendah daripada struktur linier, hal itu pasti meningkatkan area ikatan, yang meningkatkan kekuatan perekat luar bidang perekat ChNP. Ketika lapisan perekat terbentuk pada substrat, ChNP

yang diatur ke dalam fase nematik akan berada dalam kontak maksimum karena afinitas antara ikatan hidrogen (O–H, N–H) di permukaan dan anisotropi ChNC (Liu, *et al.*, 2021).

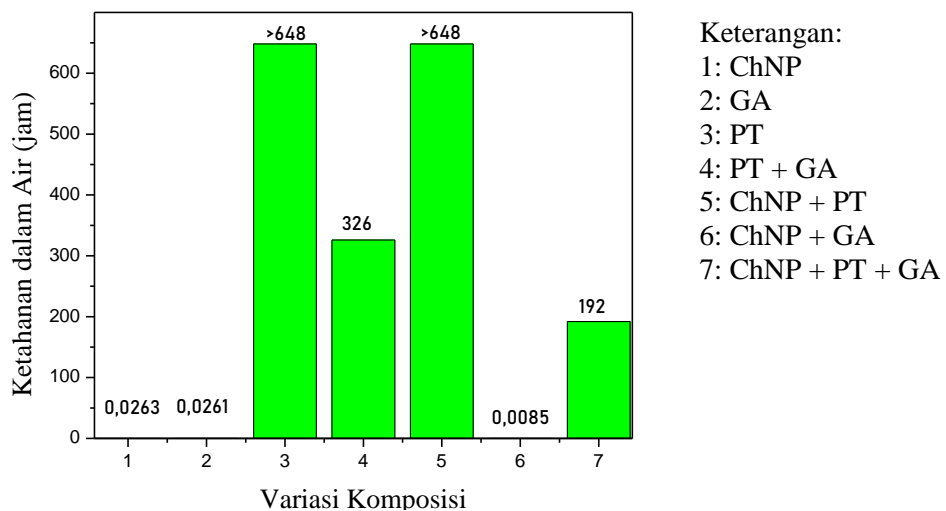


Gambar 4.7 (a) Usulan ilustrasi ikatan hidrogen antara ChNP dengan kaca, dan (b) Sebaran ChNP dikarakterisasi dengan POM.

Kuat tarik dari suspensi ChNP juga divariasikan komposisinya mengalami kenaikan dengan penambahan GA, *Tensile Strength* yang dihasilkan sebelum penambahan GA yaitu 567,77 MPa dan sesudah ditambahkan GA yaitu sebesar 794,36 MPa. Kenaikan ini diakibatkan oleh interaksi ikatan hidrogen yang terjadi diantara keduanya. Banyaknya gugus hidroksil (OH) akan membuat terjadinya ikatan hidrogen dengan ChNP dan GA.

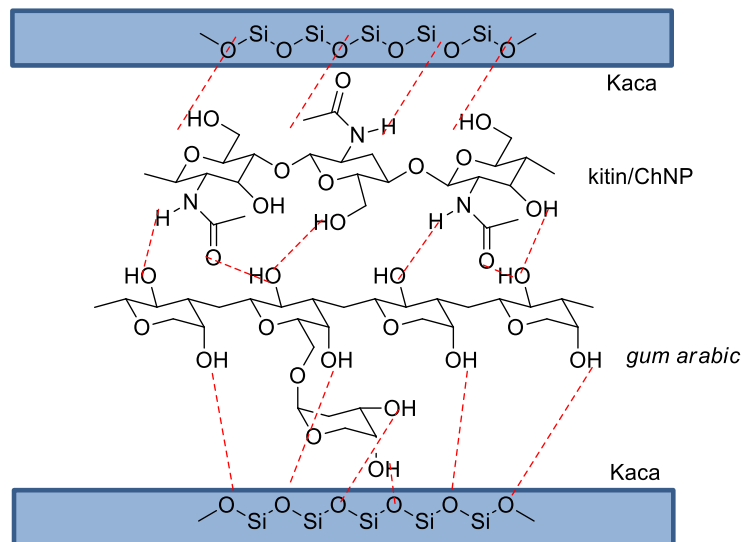
2. Uji ketahanan dalam air pada variasi komposisi

Uji ketahanan dalam air pada perekat kaca dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan serta ketahanan perekat kaca dalam kondisi lingkungan yang basah ataupun lembab. Grafik yang disajikan pada Gambar 4.8 menunjukkan hubungan antara komposisi perekat kaca dengan waktu yang dibutuhkan oleh setiap komposisi untuk mengalami degradasi ketika terpapar oleh air.



Gambar 4.8 Grafik uji ketahanan dalam air pada variasi komposisi perekat kaca

Berdasarkan grafik pada gambar 4.8, dapat diamati bahwa komposisi kitin dengan GA (sampel 6) memiliki ketahanan terhadap air yang sangat rendah yaitu hanya 0,0085 jam, hal ini disebabkan oleh kitin dengan GA sangat hidrofilik karena mengandung banyak gugus hidroksil (OH) yang akan membuat terjadinya ikatan hidrogen dengan ChNP dan GA dibuktikan dengan struktur kimia keduanya, seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Usulan ilustrasi ikatan hidrogen antara ChNP + GA dengan kaca

Kitin yang dihasilkan pada penelitian ini adalah jenis β -kitin, β -kitin menunjukkan kelarutan yang lebih baik serta memiliki kekuatan pengikatan yang lemah (Joseph, *et al.*, 2021). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Liu, *et al.* (2021) perekat berbasis ChNP memiliki ketahanan terhadap air yang kurang baik, karena perekat berbasis ChNP merupakan perekat berbasis dasar air. Air akan menghancurkan ikatan hidrogen diantara suspensi ChNP dan akan mengurangi adhesi/ gaya rekat.

Data pada Gambar 4.8 menunjukkan, bahwa variasi komposisi PT dan kombinasi kitin dengan PT memiliki ketahanan yang sangat baik yaitu > 648 jam. Hal ini disebabkan karena ketika PT dipanaskan dalam suhu tinggi dan waktu yang lama, albumin yang terkandung pada PT akan mengalami agregasi atau penggumpalan dan menjadi sukar larut dalam air (Chaiyasit, *et al.*, 2019). Pemanasan PT akan menyebabkan denaturasi protein atau perubahan struktur, sehingga albumin berubah menjadi bentuk yang lebih padat dan kaku membentuk struktur fisik yang lebih baik (Greca, *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kitin dapat diisolasi dari cangkang kepiting melalui dua proses, yaitu proses deproteinisasi dan demineralisasi. Kitin yang diperoleh berdasarkan FTIR merupakan β -kitin dan menunjukkan puncak khas pada bilangan gelombang 1635 cm^{-1} (amida I) dan pada 1550 cm^{-1} (amida II).
- b. Nanopartikel kitin dapat disintesis dengan metode sentrifugasi. Berdasarkan analisis PSA, rata-rata ukuran partikel yang diperoleh sebesar 351 nm dan nilai PDI sebesar $0,954$. Bentuk ChNP seperti serpihan morfologi seperti jarum atau batang berdasarkan hasil SEM.
- c. Nanopartikel kitin dapat diaplikasikan sebagai perekat baik dengan atau tanpa penambahan GA dan PT. Komposisi terbaik sebagai perekat kaca adalah variasi ChNP+PT+GA dengan nilai *Tensile Strenght* $973,99\text{ MPa}$ diikuti dengan variasi ChNP+GA dengan nilai *Tensile Strenght* $794,36\text{ MPa}$.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Universitas Mataram dan pihak-pihak yang terkait yang telah memfasilitasi dan membantu berjalannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbia, W., Arbia, L., Adour, L., & Amrane, A. (2013). *Chitin Extraction from Crustacean Shells Using Biological Methods – A Review*. 9862(1), 12–25.
- Atmaja, L., Manimoy, H., & Ariz, L. E. (2019). Modification of Chitosan-chitosan Phthalate Anhydrides Matrices. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, 30(3), 95-100.
- Bhattacharyya, A., Prakasham, R. S., & Naikah, R. (2015). Nanoparticles of Gecko and Its Approach in Advance Biomedical. *Biojournal of Science and Technology*, 2(1), 1-17.
- Brunner, E., Ehrlich, H., Schupp, P., Hedrich, R., Hunoldt, S., Kammer, M., Machill, S., & Paasch, S. (2009). Chitin-based scaffolds are an integral part of the skeleton of the marine demosponge *Ianthella basta*. *Journal of Structural Biology*, 168(3), 539–547. <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2009.06.018>.
- Budiono, A., Wantouw, B., & Satiawati, L. (2015). Pengaruh Lysergic Acid Diethylamide yang Terdapat pada Lem Eha-Bond terhadap Kualitas Spermatozoa Wistar Jantan (*Rattus norvegicus*). *Jurnal e-Biomedik (eBm)*, 3(3), 686-689.
- Chaiyasit, W., Brannan, R., Chareonsuk, D., & Chanasattru, W. (2019). Comparison of Physicochemical and Functional Properties of Chicken and Duck Egg Albumens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(1), 1-10.
- Chen, X., Chew, S. L., Kerton, F. M., & Yan, N. (2014). *Green Chemistry*. 2204–2212. <https://doi.org/10.1039/c3gc42436g>.
- Colijn, I., Fokkink, R., & Schroën, K. (2021). Quantification of energy input required for chitin nanocrystal aggregate size reduction through ultrasound. *Scientific Reports*, 0123456789, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96657-1>.
- David, E., & Niculescu, V. C. (2021). Volatile Organic Compounds (VOCs) as Environmental Pollutants: Occurrence and Mitigation Using Nanomaterials. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18(1), 1-15.
- Greca, L. G., France, K. J. De, Majoinen, J., Kummer, N., Luotonen, O. I. V, Campioni, S., & Rojas, O. J. (2021a). *sustainable structural adhesives †*. 19741–19753. <https://doi.org/10.1039/d1ta03215a>.
- Joseph, S. M., Krishnamoorthy, S., Paranthaman, R., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2021). A review on source-specific chemistry , functionality , and applications of chitin and chitosan. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2(January), 100036. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100036>.
- Karnal, P., Roberts, P., Gryska, S., King, C., Barrios, C., & Frechette, J. (2017). *Importance of Substrate Functionality on the Adhesion and Debonding of a Pressure-Sensitive Adhesive under Water*. <https://doi.org/10.1021/acsami.7b13984>.

- Kim, Y., Claus, R. K., Limanto, F., Fearing, R. S., & Maboudian, R. (2013). Friction Characteristics of Polymeric Nanofiber Arrays against Substrates with Tailored Geometry. *pubs.acs.org/Langmuir*, 1(1), 1-7.
- Knidri, H. El, Belaabed, R., Addaou, A., Laajeb, A., & Lahsini, A. (2018). International Journal of Biological Macromolecules Extraction , chemical modification and characterization of chitin and chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 1181–1189.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.139>.
- Kozma, M., Acharya, B., & Bissessur, R. (2022). *Chitin, Chitosan, and Nanochitin: Extraction, Synthesis, and Applications*. 1–28.
- Liu, H., Feng, Y., Cao, X., Luo, B., & Liu, M. (2021). Chitin Nanocrystals as an Eco-friendly and Strong Anisotropic Adhesive, *Applied Materials & Interfaces*, 13(1), 11356-11368.
<https://doi.org/10.1021/acsami.1c02000>.
- Liu, W., Liu, K., Zhu, L., Li, W., Liu, K., Wen, W., Liu, M., & Li, H. (2020). International Journal of Biological Macromolecules Liquid crystalline and Rheological Properties of Chitin Whiskers with Different Chemical Structures and Chargeability. *International Journal of Biological Macromolecules*, 157.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.158>.
- Mashuni, M., Natsir, M., Mia, W., & Handayani, F. (2021). Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) dengan Metode Microwave sebagai Bahan Dasar Kapsil Obat. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17(1), 74–82.
<https://doi.org/10.20961/alchemy.17.1.42038.74-82>.
- Mohan, K., Muralisankar, T., Jayakumar, R., & Rajeevgandhi, C. (2021). A Study on Structural Comparisons of α -chitin Extracted from Marine Crustacean Shell Waste. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2(January), 100037.
<https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100037>.
- Muñoz-Núñez, C., Fernández-García, M., & Muñoz-Bonilla, A. (2022). Chitin Nanocrystals: Environmentally Friendly Materials for the Development of Bioactive Films. *Coatings*, 12(2), 1–17.
<https://doi.org/10.3390/coatings12020144>.
- Pakizeh, M., Moradi, A., & Ghassemi, T. (2021). Chemical extraction and modification of chitin and chitosan from shrimp shells. *European Polymer Journal*, 159(May), 110709.
<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110709>.
- Salaberria, A. M., Labidi, J., & Fernandes, S. C. M. (2015). Different Routes to Turn Chitin into Stunning Nano-objects. *European Polymer Journal*, 68, 503–515.
<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2015.03.005>.
- Wang, W., Liu, Y., & Xie, Z. (2021). Gecko - Like Dry Adhesive Surfaces and Their Applications: A Review. In *Journal of Bionic Engineering* (Issue 0123456789). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/s42235-021-00088-7>.
- Younes, I., & Rinaudo, M. (2015). *Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources. Structure, Properties and Applications*. 1133–1174.
<https://doi.org/10.3390/md13031133>.