

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan resin akrilik polimerisasi panas sebagai bahan basis gigi tiruan telah menjadi standar baku dalam prostodonsia karena sifatnya yang estetik, mudah dimanipulasi, biokompatibel serta ekonomis. Namun, sejumlah bukti ilmiah menunjukkan bahwa bahan ini memiliki kelemahan utama berupa kekuatan mekanis yang relatif rendah, terutama pada kekuatan transversal, sehingga rentan mengalami fraktur selama pemakaian fungsional sehari – hari. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk meningkatkan kekuatan transversal agar lebih tahan terhadap beban kunyah selama berfungsi.

Resin akrilik polimerisasi panas dapat mengakibatkan keretakan dan patah saat menerima tekanan mekanis selama fungsi oral (Saputra *et al.* 2020). Data empiris menunjukkan bahwa fraktur gigi tiruan paling umum adalah fraktur kelas I (fraktur *midline*) pada maksila (46.87%) dan mandibular (61%) gigi tiruan dan fraktur kelas I terjadi karena kelelahan fleksural basis gigi tiruan terutama di garis tengah dan biasanya berawal dari daerah labial notch yang menimbulkan konsentrasi stres.. Fraktur kelas II dan kelas V juga cukup sering terjadi, berbeda menurut lokasi gigi tiruan (maksila atau mandibula). Fraktur kelas V adalah fraktur yang terjadi pada bagian gigi tiruan atau pelepasan satu gigi dari basis gigi tiruan, lebih sering terjadi pada *maxillary denture* (Choudhary 2019).

Kekuatan transversal yang terdapat pada basis gigi tiruan lepasan dipengaruhi oleh beberapa hal seperti ukuran partikel polimer, berat molekul, plasticizer dan monomer sisa, porositas, ketebalan dari basis gigi tiruan, jumlah ikatan silang pada rantai polimer, penambahan bahan penguat, perendaman dalam

larutan pembersih gigi tiruan, minuman beralkohol, soda maupun larutan kopi dan teh (Togatorop *et al.* 2017). Kekuatan transversal yang rendah ini dapat mengakibatkan kerusakan pada gigi tiruan, yang akhirnya dapat mengurangi kenyamanan dan fungsionalitas bagi pasien (Zulkarnain & Fitriana 2024).

Bagian yang paling sering mengalami fraktur adalah daerah insisivus, kaninus, garis tengah, molar, serta area tuberositas maksila atau bantalan retromolar. Penyebab utama fraktur yaitu kejadian tak terduga yang mengakibatkan jatuhnya gigi tiruan, ketidaksesuaian ukuran, kesalahan dalam hubungan gigitan, kerusakan pada material, cacat yang muncul pada dasar akrilik. Faktor internal pada gigi tiruan seperti kekosongan, porositas, goresan, dan notch pada dasar akrilik dapat menjadi titik lemah yang memicu retakan dan fraktur. Kesalahan di laboratorium, seperti ketebalan yang tidak tepat dan teknik pemasangan gigi tiruan yang buruk, juga berkontribusi terhadap masalah ini (Kumari & Bala 2021).

Sejumlah upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kekuatan transversal dari resin akrilik polimerisasi panas diantaranya dengan menambahkan berbagai polimer untuk memodifikasi resin akrilik polimerisasi panas, memperkuat resin akrilik polimerisasi panas dengan bahan lainnya, seperti serat kaca, serat karbon hingga bahan nanopartikel yang telah berkembang dijadikan sebagai bahan yang ditambahkan pada resin akrilik polimerisasi panas, diantaranya ada TiO_2 , SiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 , dan ZrO_2 yang dapat memberikan peningkatan dari sifat fisik maupun sifat mekanis resin akrilik polimerisasi panas (Husna 2017)

Salah satu bahan yang berfungsi sebagai penguat adalah kitosan. Kitosan memiliki sifat yang ramah terhadap organisme, dapat terdegradasi secara alami, dan tidak berbahaya, sehingga menawarkan potensi signifikan untuk memperbaiki sifat mekanis resin akrilik tanpa mengubah komposisi kimia dasarnya secara drastis

(Koesoemawati *et al.* 2025). Kitosan adalah polisakarida alami yang memiliki atribut biokompatibel, bisa terurai, dan mempunyai kemampuan antibakteri. Dalam bentuk nano, kitosan memiliki luas permukaan yang tinggi, memungkinkan interaksi yang lebih efisien dengan matriks resin akrilik, sehingga dapat meningkatkan kualitas mekanis dan fisik material (Wulandari & Zulkarnain 2023). Pengembangan material untuk basis gigi tiruan terus dilakukan guna memperbaiki sifat-sifat mekanik, terkhusus pada kekuatan transversal yang berperan penting dalam menahan tekanan saat mengunyah. Salah satu inovasi yang diteliti adalah penggunaan nano gel kitosan sebagai bahan tambahan. Kitosan, yang memiliki sifat biokompatibel serta antibakteri, terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik dari resin akrilik, khususnya dalam bentuk nanopartikel (Zulkarnain & Fitriana 2024).

Terdapat beberapa metode umum yang dapat diterapkan, yaitu pencampuran langsung ke dalam resin akrilik, pelapisan permukaan setelah proses polimerisasi dan perendaman. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan. Dalam studi Koesoemawati *et al.* (2025), penggunaan pelapisan nanokitosan sintetik dengan konsentrasi 2%, 3%, dan 4% pada permukaan resin akrilik polimerisasi panas, menunjukkan konsentrasi 4% yang memberikan kekuatan transversal tertinggi ($132,82 \pm 14,74$ MPa), lebih baik dibandingkan dengan kelompok kontrol resin akrilik polimerisasi panas tanpa pelapisan ($82,91 \pm 3,93$ MPa). Suptijah *et al.* (2011) mengungkapkan bahwa peningkatan ini terjadi karena lapisan nanokitosan mengurangi penyerapan air oleh resin akrilik polimerisasi panas, yang mengurangi kemungkinan terjadinya degradasi hidrolitik. Ukuran partikel nano (400–450 nm) dan distribusi yang merata dari penggunaan *magnetic stirrer* meningkatkan keterikatan lapisan pada permukaan resin.

Dalam penelitian Zulkarnain dan Fitriana (2024) mengenai metode pencampuran, ditemukan bahwa pencampuran kitosan nano gel ke dalam matriks resin akrilik polimerisasi panas, penambahan 1% kitosan nano gel meningkatkan kekuatan transversal dari 52,99 MPa (kontrol) menjadi 67,10 MPa, sedangkan dengan penambahan 1,25% meningkat hingga 86,71 MPa. Proses penguatan terjadi lewat pembentukan ikatan silang antara gugus $-NH_2$ pada kitosan dan rantai polimer akrilik yang menghasilkan struktur tiga dimensi yang lebih kokoh. Metode pencampuran lebih sederhana secara teknis, tetapi peningkatan kekuatannya terbatas dan hanya signifikan pada konsentrasi rendah, seperti 1,25%. Pemilihan metode serta konsentrasi kitosan harus disesuaikan dengan kebutuhan klinis dan kemampuan teknis yang ada (Zulkarnain & Fitriana 2024).

Berbagai studi telah memasukkan kitosan maupun nanokitosan dalam matriks resin akrilik polimerisasi panas sebagai *filler matrix* namun hingga kini belum ada penelitian yang secara langsung membandingkan antara metode campuran (*mixing*) dengan pelapisan (*coating*) nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada satu konsentrasi yang sama terhadap peningkatan kekuatan transversal. Untuk menemukan metode yang paling efektif dalam meningkatkan kekuatan transversal. Pencampuran dan pelapisan kitosan pada basis gigi tiruan resin akrilik yang dipolimerisasi dengan panas sangat penting untuk menemukan metode yang paling efektif dalam meningkatkan kekuatan transversal. Selain itu, harus juga diperhatikan faktor-faktor lain seperti stabilitas ikatan antarmuka, distribusi partikel kitosan, dampak jangka panjang pada sifat fisik dan mekanis resin, serta efek biokompatibilitas dan antibakteri yang mungkin muncul (Felycia & Tarigan 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk menguji perbedaan antara pencampuran dan pelapisan nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material basis gigi tiruan yang lebih kuat, tahan lama, dan aman, sehingga meningkatkan fungsi dan kenyamanan pasien pengguna gigi tiruan.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimanakah campuran nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada resin akrilik polimerisasi panas konsentrasi 1% maupun 2% dapat meningkatkan kekuatan transversal
- 1.2.2 Bagaimanakah pelapisan nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada resin akrilik polimerisasi panas konsentrasi 1% maupun 2% dapat meningkatkan kekuatan transversal
- 1.2.3 Bagaimanakah perbedaan antara campuran dan pelapisan nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) dengan konsentrasi 1% maupun 2% pada basis resin akrilik polimerisasi panas dalam meningkatkan kekuatan transversal
- 1.2.4 Manakah metode yang lebih efektif antara campuran dan pelapisan nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada basis resin akrilik polimerisasi panas dalam meningkatkan kekuatan transversal

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Untuk mengetahui bagaimanakah campuran nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada resin akrilik polimerisasi panas dengan konsentrasi 1% maupun 2% dapat meningkatkan kekuatan transversal.
- 1.3.2 Untuk mengetahui bagaimanakah pelapisan nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada resin akrilik polimerisasi panas dengan konsentrasi 1% maupun 2% dapat meningkatkan kekuatan transversal.
- 1.3.3 Untuk mengetahui bagaimanakah perbedaan antara campuran dan pelapisan nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada basis resin akrilik polimerisasi panas dengan konsentrasi 1% maupun 2% dapat meningkatkan kekuatan transversal.
- 1.3.4 Untuk mengetahui manakah metode yang lebih efektif antara campuran dan pelapisan nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) dalam meningkatkan kekuatan transversal.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Akademik

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tentang perbedaan antara campuran dan pelapisan nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal.

1.4.2 Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat serta menambah wawasan tentang pencampuran dan pelapisan nanokitosan cangkang udang kaki putih (*Litopenaeus Vannamei*) pada basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas terhadap kekuatan transversal.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gigi Tiruan

Gigi tiruan adalah suatu alat yang digunakan untuk menggantikan sebagian atau seluruh gigi asli yang sudah hilang serta mengembalikan perubahan-perubahan struktur jaringan yang terjadi akibat hilangnya gigi asli. Tujuan pembuatan gigi tiruan, baik itu gigi tiruan lengkap maupun gigi tiruan sebagian pada hakekatnya adalah untuk memperbaiki fungsi pengunyahan, pengecapan, estetis, menjaga kesehatan jaringan serta mencegah kerusakan lebih lanjut dari struktur organ rongga mulut. Pada pasien pralansia itu sendiri tujuannya adalah untuk memelihara kesehatan dan fungsi sistem pengunyahan dengan menetapkan ukuran pencegahan tanpa melibatkan pengobatan yang berlebihan (Gaib 2013). Gigi tiruan secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu gigi tiruan cekat dan gigi tiruan lepasan. Gigi tiruan lepasan atau *removable denture* (yang dapat dilepas pasang sendiri oleh pasien) dibagi menjadi dua bagian, yaitu gigi tiruan lengkap dan gigi tiruan sebagian. Gigi tiruan cekat atau fixed yang disemenkan ke gigi pasien secara permanen (Wahjuni & Mandanie 2017)

2.2 Gigi Tiruan Lepas

2.2.1 Definisi Gigi Tiruan Lepas

Gigi tiruan lepas merupakan salah satu komponen di bidang prostodonsia yang digunakan sebagai pengganti beberapa gigi yang hilang atau seluruh gigi asli yang hilang dengan gigi tiruan dan diberi dukungan oleh gigi, mukosa atau kombinasi secara menyeluruh antara gigi, mukosa dan pasien dapat melepas pasang sendiri (Wagner 2012; Mendoza 2012). Pembuatan gigi tiruan lepas memiliki beberapa tujuan diantaranya digunakan untuk mengembalikan fungsi

pengunyahan (mastikasi), Sebagai Estetis, Mendukung fungsi bicara, membantu mempertahankan gigi yang masih tertinggal, memperbaiki oklusi, serta digunakan untuk menjaga kesehatan jaringan lunak yang ada pada rongga mulut.

2.2.2 Klasifikasi Gigi Tiruan Lepas

Terdapat dua macam gigi tiruan secara garis besar, yaitu gigi tiruan sebagian lepasan dan gigi tiruan lengkap. Gigi tiruan lepasan merupakan gigi tiruan yang dapat dilepas pasang sendiri oleh pasien. Gigi tiruan lepasan dapat dibedakan menjadi gigi tiruan keseluruhan dan gigi tiruan Sebagian (Bhat 2013). Jenis-jenis Gigi Tiruan :

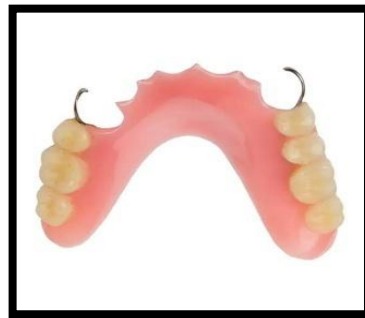
- a. Gigi tiruan sebagian lepasan adalah sebuah protesa yang menggantikan satu atau beberapa gigi yang hilang, pada rahang atas maupun rahang bawah dan dapat dilepas pasang oleh pasien tanpa pengawasan dokter gigi. Gigi tiruan sebagian lepasan merupakan alternatif perawatan prosthodontik yang tersedia dengan biaya yang lebih terjangkau untuk sebagian besar pasien dengan kehilangan gigi (Thressia 2015).
- b. Gigi tiruan lengkap lepasan adalah gigi tiruan yang menggantikan satu rahang penuh pada rahang atas maupun rahang bawah. Namun dapat dilepas dan dipasang kembali oleh pasien (Wahjuni & Mandanie 2017).

2.3 Basis Gigi Tiruan Lepas

2.3.1 Pengertian Basis Gigi Tiruan Lepas

Basis gigi tiruan merupakan komponen dari gigi tiruan yang ditutupi dengan jaringan lunak bertulang serta tempat anasir gigi tiruan dilekatkan. Daya tahan dan sifat-sifat dari suatu basis gigi tiruan sangat dipengaruhi oleh bahan basis gigi

tiruan tersebut (Noort 2007). Tujuan dari basis gigi tiruan untuk mendistribusikan tekanan oklusal terhadap jaringan pendukung gigi seperti gigi penyangga, mukosa, dan tulang alveolar serta menggantikan tulang alveolar yang telah hilang, menjaga sisa ridge, estetika yang baik, dan lokasi untuk penempatan komponen gigi tiruan lainnya seperti elemen gigi tiruan, rest oklusal, lengan retensi dan lengan resiprokal (Carr & Brown 2010).



Gambar 2. 1 Basis Gigi Tiruan
Lepasan (Thressia 2015)

2.3.2 Persyaratan Basis Gigi Tiruan

Menurut Carr & Brown (2010) bahan basis gigi tiruan yang ideal untuk digunakan dalam pembuatan basis gigi tiruan memiliki beberapa persyaratan yaitu:

1. Bersifat non-toksik dan tidak mengiritasi jaringan, sehingga memenuhi standar biokompatibilitas.
2. Tidak larut dalam saliva dan tidak menyerap cairan saliva.
3. Memiliki sifat fisik dan mekanis yang memadai, yang meliputi:
 - a. Kekuatan yang baik agar basis gigi tiruan tidak mudah patah saat jatuh, serta mampu menahan tekanan saat mengunyah dan tekanan lainnya yang terjadi di dalam rongga mulut.
 - b. Batas proporsional yang baik, sehingga tidak mudah mengalami perubahan permanen akibat tekanan.

- c. Ketahanan terhadap abrasi, sehingga bentuk basis gigi tiruan tetap terjaga meskipun telah digunakan dalam waktu lama.
 - d. Tingkat kekerasan yang memadai.
 - e. Konduktivitas termal yang baik.
 - f. Stabilitas dimensi yang optimal.
4. Estetika yang menarik serta stabilitas warna yang memadai
 5. Kemudahan dalam manipulasi dan perbaikan jika terjadi fraktur
 6. Kemudahan dalam pembersihan, baik secara mekanis maupun kimia
 7. Tingkat resistensi yang tinggi terhadap fraktur dan distorsi

2.4 Resin Akrilik

2.4.1 Definisi Resin Akrilik

Resin akrilik adalah rantai polimer yang terdiri dari unit-unit metil metakrilat yang berulang. Polimer metakrilat sangat populer dalam kedokteran gigi karena bahan tersebut ekonomis dan dapat diproses dengan mudah menggunakan teknik yang relatif sederhana. Polimer tersebut mewakili kelompok polimer utama yang mampu memberikan sifat dan karakteristik penting yang dibutuhkan untuk digunakan dalam rongga mulut (Anusavice 2008). Polimetil metakrilat yang merupakan material dasar dari resin akrilik di bidang kedokteran gigi digunakan sebagai material pembuatan basis gigi tiruan lepasan semanjak mulai diperkenalkan pada tahun 1937 (Craig 2002). Sebuah gigi tiruan resin akrilik dibuat dengan proses polimerisasi penambahan radikal bebas untuk membentuk polimetil metakrilat (PMMA) (Noort 2007)

2.4.2 Jenis Resin Akrilik

Resin akrilik adalah salah satu bahan yang paling sering digunakan dalam praktik kedokteran gigi, terutama sebagai dasar untuk gigi palsu, karena memiliki

estetika yang baik, mudah untuk diproses, serta tingkat biokompatibilitas yang cukup baik. Umumnya, resin akrilik terbuat dari polymethyl methacrylate (PMMA) dan dikategorikan berdasar cara polimerisasinya, yang mempengaruhi karakteristik fisik, mekanik, dan klinis dari bahan tersebut. Berdasarkan cara polimerisasinya, resin akrilik dibagi menjadi tiga kategori, yaitu (Prakash & Gupta 2024)

1. Resin akrilik dengan polimerisasi panas (*heat-cured acrylic resin*) adalah tipe yang paling banyak dipakai dalam pembuatan gigi palsu baik yang penuh maupun yang sebagian. Proses polimerisasi dilakukan dengan memanaskan menggunakan water bath, yang menghasilkan tingkat konversi monomer yang lebih tinggi. Akibatnya, resin ini memiliki kekuatan mekanik yang lebih unggul, porositas yang rendah, serta dimensi yang lebih stabil dibandingkan dengan jenis lainnya.
2. Resin akrilik dengan polimerisasi kimia atau dingin (*self-cured acrylic resin*) mengalami polimerisasi melalui reaksi kimia tanpa memerlukan panas tambahan. Resin ini umumnya dipakai untuk memperbaiki gigi palsu, relining, dan membuat gigi palsu sementara. Meskipun memiliki keuntungan dalam hal kemudahan dan kecepatan penggunaan, resin polimerisasi dingin umumnya memiliki kekuatan mekanik yang lebih rendah dan kadar monomer sisa yang lebih tinggi dibandingkan dengan resin polimerisasi panas.
3. Resin akrilik dengan polimerisasi sinar (*light-cured acrylic resin*) yang pengerasan melalui paparan sinar tampak. Resin ini sering digunakan dalam pembuatan *custom tray* dan *base plate* karena memberikan waktu kerja yang lebih teratur dan kemudahan dalam proses pembentukan. Penggunaannya sebagai dasar gigi palsu definitif masih terbatas disebabkan oleh sifat

mekaniknya yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan resin polimerisasi panas.

Dengan berbagai jenis ini, pemilihan resin akrilik yang tepat sangat penting dalam pembuatan gigi tiruan yang berkualitas.

2.4.3 Sifat Resin Akrilik Polimerisasi Panas

Menurut Mc Cabe (2008), resin akrilik polimerisasi panas memiliki sifat fisik, mekanik, kimia dan biologi. sifat fisiknya yaitu memiliki bermacam warna, opasitas dan isolator terhadap suhu panas maupun dingin. sifat mekaniknya antara lain, kekuatan impaknya, *crazing* (goresan atau retakan mikro) dan perubahan warna. sifat kimia dan biologinya antara lain, dapat menyerap air secara lambat dan pada penderita yang sensitif dapat memicu reaksi alergi walaupun jarang terjadi.

Sifat kimia merujuk pada karakteristik suatu bahan yang memerlukan perubahan kimia saat diukur. Bahan dasar untuk basis gigi tiruan yang terbuat dari resin akrilik yang mengalami polimerisasi panas tidak boleh mengalami erosi baik secara fisik atau kimia. sifat kimia resin akrilik polimerisasi panas (Takabayashi 2010), yaitu:

a. Penyerapan air

Polimetil metakrilat menyerap air relatif lebih sedikit ketika diletakan pada tempat basah. namun, air yang diserap ini dapat menimbulkan efek yang nyata pada sifat mekanik dan dimensi polimer. umumnya pada mekanisme penyerapan air yang terjadi adalah difusi yaitu berpindahnya suatu substansi melalui rongga, atau melalui substansi kedua. adanya molekul air didalam massa yang terpolimerisasi menimbulkan dua efek penting. pertama, menyebabkan massa terpolimerisasi mengalami sedikit ekspansi. kedua, molekul air mempengaruhi kekuatan rantai polimer (Ito *et al.* 2025).

Polimetil metakrilat metakrilat memiliki nilai penyerapan air sebesar 0,69 mg/cm². Diperkirakan bahwa setiap 1% peningkatan berat diakibatkan oleh penyerapan air, resin akrilik mengalami ekspansi linier sebesar 0,23%. Percobaan laboratorium menunjukkan bahwa ekspansi linier yang karena penyerapan air adalah hampir sama dengan pengerutan termal yang diakibatkan oleh proses polimerisasi (Anusavice 2003).

b. Kelarutan

Basis resin akrilik larut dalam berbagai pelarut dan sejumlah kecil monomer dilepaskan, namun terdapat basis resin akrilik tidak larut dalam cairan yang ditemukan dalam rongga mulut. Spesifikasi ADA No. 12 menyatakan bahwa kelarutan basis resin akrilik tidak boleh melebihi 0,04 mg/cm² dari permukaan lempeng. Kehilangan berat dalam jumlah tersebut dapat diabaikan dari pertimbangan klinis, tetapi reaksi jaringan yang merugikan dapat terjadi (Vallitu 1999).

Sifat Biologis adalah sifat suatu bahan yang tampak secara biologis. Bahan basis gigi tiruan harus biokompatibel, tidak bersifat toksik, tidak bersifat iritan, tidak karsinogenik dan tidak berpotensi menimbulkan alergi. Resin akrilik polimerisasi panas merupakan bahan yang biokompatibel, tetapi monomer sisa yang berlebihan dapat menyebabkan reaksi alergi. Besarnya monomer sisa pada resin akrilik polimerisasi panas 1-3% ketika dilakukan proses kuring dalam waktu kurang dari 1 dalam air mendidih. Jumlah monomer sisa akan berkurang hingga 0,4% atau bahkan lebih sedikit apabila dilakukan proses kuring pada suhu 70 C dan dipanaskan dengan air mendidih selama 3 jam (Powers dan Sakaguchi, 2006)

Resin akrilik polimerisasi panas (*heat-cured acrylic resin*) memiliki sifat fisik khas yang meliputi.

a. Pengerutan Polimerisasi

Ketika monomer metil metakrilat terpolimerisasi untuk membentuk polimetil metakrilat, kepadatan massa bahan berubah dari 0,94 menjadi 1,19 g/cm³. Perubahan kepadatan ini menghasilkan pengerutan volumetric sebesar 21%. Bila resin konvensional yang diaktifkan panas diaduk dengan rasio bubuk berbanding cairan sesuai anjuran, sekitar sepertiga dari massa hasil adalah cairan. Akibatnya, pengerutan volumetrik yang ditunjukkan oleh massa terpolimerisasi harus sekitar 7%. selain pengerutan volumetrik, juga harus dipertimbangkan efek pengaruh linier. Pengerutan linier memberikan efek yang nyata pada adaptasi basis protesa. Semakin besar pengerutan linier, semakin besar pula ketidaksesuaian yang tampak dari ukuran awal suatu protesa. Berdasarkan pada pengerutan volumetrik sebesar 7%, basis protesa resin akrilik harus menunjukkan pengerutan linier kurang lebih 2%. Namun pada umumnya pengerutan linier kurang dari 1% (Anusavice *et al.* 2012).

b. Porositas

Adanya gelembung pada permukaan dan di bawah permukaan dapat mempengaruhi sifat fisik, estetika dan kebersihan basis protesa. Porositas cenderung terjadi pada bagian basis protesa yang lebih tebal. porositas tersebut terjadi akibat dari penguapan monomer yang tidak bereaksi dan bila temperatur resin mencapai atau melebihi titik didih bahan tersebut. Porositas dapat juga berasal dari pengadukan yang tidak tepat antara komponen bubuk dan cairan. Bila ini terjadi, beberapa massa resin akan mengandung monomer lebih banyak dibanding yang lain. Porositas jenis ketiga dapat disebabkan karena tekanan atau tidak cukupnya bahan dalam

rongga kuvet selama polimerisasi. Timbulnya porositas dapat diminimalkan dengan menjamin homogenitas resin yang sebesar mungkin. Penggunaan rasio polimer berbanding monomer yang tepat serta prosedur pengadukan yang terkontrol dengan baik dapat mengurangi porositas. Pada resin cair pengadukan dan pemasangan jalan masuk secara cermat dapat membantu mengurangi masuknya udara (Anusavice 2013).

Resin akrilik polimerisasi panas (*heat-cured acrylic resin*) memiliki sifat mekanik khas yang meliputi.

- a. *Crazing* adalah garis retakan kecil atau halus yang kelihatan timbul pada permukaan protesa. Adanya *crazing* membuat kekuatan gigi tiruan menurun (*weakening effect*). *Crazing* pada resin transparan menimbulkan penampilan berkabut atau tidak terang. pada resin berwarna, *crazing* menimbulkan gambaran putih (Manappallil 2016).
- b. Nilai kekerasan resin akrilik polimerisasi panas adalah 15-18 VHN atau 15 kg/mm². nilai kekerasan tersebut menunjukkan bahwa resin akrilik relatif lunak dan mengakibatkan resin akrilik cenderung lebih tipis. penipisan terjadi disebabkan oleh makanan yang abrasif dan terutama pada pasta gigi pembersih yang abrasif (Hatrack *et al.* 2011).
- c. Kekuatan Tekan suatu bahan didefinisikan sebagai kemampuan material menahan beban atau gaya mekanis sampai terjadinya kegagalan (*failure*). Resin akrilik ini memiliki sifat kekuatan yang khas. Nilai minimal kekuatan adalah 75,9 Mpa. Secara umum bahan yang terdapat pada resin akrilik ini memiliki kekuatan rendah. Efek

yang dapat mempengaruhi kekuatan antara lain: komposisi, teknik pembuatan, absorpsi air (Craig 2002).

- d. Kekuatan impak adalah suatu ukuran energi yang diterima pada suatu benda ketika benda tersebut mengalami patah akibat benturan yang terjadi secara tiba-tiba. Kekuatan impak yang diperlukan resin akrilik polimerisasi panas sebagai bahan pada basis gigi tiruan berdasarkan standar ISO 1567:1999 adalah $2 \times 10^{-3} \text{J/mm}^2$ (McCabe 2008)
- e. Kekuatan Transversal atau yang dikenal *fleksural* adalah beban yang diberikan pada suatu benda yang berbentuk plat yang bertumpu pada kedua ujungnya. Selama basis di tekan maka beban akan sangat meningkat secara beraturan dan berhenti ketika basis yang diuji patah. kekuatan transversal merupakan salah satu pengukuran fisik untuk mengetahui gambaran suatu ketahanan gigi tiruan dalam menerima beban terjadi pada saat pengunyahan (Powers dan Sakaguchi 2006).

2.4.4 Kelebihan dan Kekurangan Resin Akrilik Polimerisasi Panas

Anusavice (2004) Menyatakan bahwa resin akrilik memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari resin akrilik adalah warna dan translusensi baik, mirip dengan jaringan asli, permanen, manipulasinya mudah, memiliki kekuatan adekuat, gaya berat spesifik rendah, resistensi pada pertumbuhan bakteri baik, harga relatif terjangkau dan nyaman pada pemakaian sedangkan kerugian resin akrilik adalah mengalami perubahan dimensi selama pembasahan dan pengeringan serta selama pemrosesan ulang, dapat berubah bentuk selama proses perbaikan, konduktor termal yang kurang baik.

2.5 Kekuatan Transversal

2.5.1 Definisi Kekuatan Transversal

Kekuatan transversal merujuk pada kemampuan suatu material, seperti bahan dasar gigi tiruan, untuk menahan beban atau tekanan yang diterima secara berulang selama proses pengunyahan, tanpa mengalami fraktur atau patah. Kekuatan ini juga dikenal sebagai *modulus of rupture* (MOR) atau flexural strength, dan biasanya diukur dengan menggunakan metode pengujian *three-point bending*, dimana beban diberikan di tengah spesimen yang ditopang di kedua ujungnya (Pantow *et al.* 2015).

Kekuatan transversal sangat penting untuk memastikan ketahanan dan daya tahan basis gigi tiruan selama digunakan oleh pasien. Tekanan kunyah yang terjadi di rongga mulut dapat menyebabkan deformasi atau bahkan patahnya material jika kekuatan transversalnya tidak mencukupi. Nilai kekuatan transversal dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk komposisi bahan, teknik pembuatan, ketebalan, serta kondisi lingkungan di rongga mulut (Adiana *et al.* 2017)

2.5.2 Kekuatan Transversal Bahan Basis Gigi Tiruan

Kekuatan transversal pada bahan basis gigi tiruan merupakan daya tahan material tersebut terhadap beban yang diterima selama proses pengunyahan. Untuk menguji kemampuan ini, digunakan metode tiga titik lentur (*three-point bending*). Nilai kekuatan transversal sangat penting agar basis gigi tiruan tidak mudah patah saat digunakan. Sesuai dengan standar ISO 1565 dan ISO 20795-1:2013, kekuatan transversal bahan basis gigi tiruan yang terbuat dari resin akrilik maupun termoplastik sebaiknya tidak kurang dari 65 MPa (Alhareb *et al.* 2017).

2.5.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Transversal Bahan Basis Gigi Tiruan

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan transversal meliputi berat molekul polimer, kandungan monomer sisa, komposisi plasticizer, ketebalan basis, jenis pemolesan, kondisi lingkungan rongga mulut, serta porositas material. Penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan bahan penguat, seperti kitosan nano gel, dapat meningkatkan kekuatan transversal resin akrilik. Nilai peningkatannya bervariasi tergantung pada konsentrasi bahan penguat yang digunakan (Hafid *et al.* 2018). Adapun faktor lain yang dapat mempengaruhi seperti teknik pengadukan, ukuran dan ketebalan sampel, jumlah agen penghubung silang, serta tingkat pembasahan permukaan antara bubuk polimer dan monomer (Madhyastha & Kotian 2013).

2.5.4 Uji Kekuatan Transversal

Uji kekuatan transversal adalah suatu metode laboratorium yang digunakan untuk mengukur daya tahan bahan yang digunakan dalam basis gigi tiruan terhadap beban lentur yang mirip dengan tekanan yang terjadi saat proses pengunyahan. Biasanya, uji ini dilakukan dengan menggunakan metode *three-point bending*. Kekuatan basis gigi tiruan dapat diukur dengan melakukan uji kekuatan transversal (*transverse strength*), kekuatan tekuk (*flexural strength*) atau modulus pecah (*modulus of rupture*). Kekuatan transversal merupakan kombinasi dari kekuatan tarik dan geser, sehingga sering kali digunakan untuk menilai sifat mekanis basis gigi tiruan, mengingat uji ini dapat merepresentasikan jenis-jenis gaya yang terjadi selama proses pengunyahan. Dalam prosedur pengujian, batang uji yang telah ditandai diletakkan di tengah alat tekan agar tekanan diberikan tepat pada satu garis batang. Pengukuran kekuatan transversal dilakukan menggunakan alat *universal*

testing machine. Mesin kemudian dihidupkan dan pemberat akan turun untuk menekan batang uji secara konsisten hingga batang tersebut patah. Setelah itu, alat secara otomatis berhenti dan nilai yang dihasilkan dari pengujian akan ditampilkan di monitor. Hasil pengukuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus untuk menentukan nilai kekuatan transversal (Anusavice *et al.* 2013).

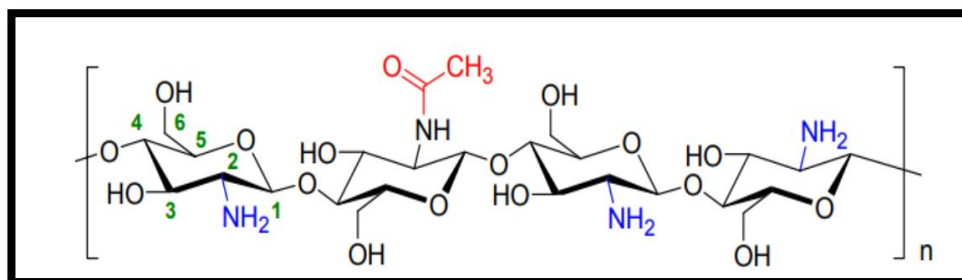
Nilai kekuatan transversal yang diperoleh dari uji ini mencerminkan kemampuan bahan tersebut dalam menahan gaya tarik dan tekan secara bersamaan sebelum terjadinya fraktur. Uji ini sangat penting untuk memastikan bahwa bahan basis gigi tiruan memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban harian yang dialami di rongga mulut (Hafid *et al.* 2018).

2.6 Kitosan Cangkang Udang Kaki Putih (*Litopenaeus Vannamei*)

2.6.1 Kitosan

Kitosan adalah polisakarida turunan kitin yang dihasilkan melalui proses deasetilasi, dan merupakan salah satu polisakarida yang paling banyak ditemukan di alam setelah selulosa (Kumari *et al.* 2017). Sebagai satu-satunya polisakarida basa yang ada di alam, kitosan berbeda dari selulosa, dekstan, pektin, asam alginat, agar-agar, pati, karagenan, dan lainnya yang bersifat netral atau asam. Kitosan memiliki sifat non-toksik, tak berasa, biokompatibel, dan biodegradable (Bakshi *et al.* 2020). Senyawa ini, yang dikenal dengan rumus kimia [(poli-(2-amino-2-deoxy- β -(1-4)D-glukopiranos))], memiliki struktur poli aminosakarida yang dihasilkan dengan menghilangkan sebagian dari 2-asetil kitin [poli(2-asetilamina)-2-deoxy- β -(1-4)D-glukopiranos], dan merupakan bipolimer linear dengan 2000-5000 unit monomer serta glikosida β -(1-4). Kitosan (C₆H₁₁NO₄)_n berbentuk padatan amorf berwarna kuning-putih dan bertindak sebagai polielektrolit yang umumnya larut dalam asam organik, dengan kisaran pH antara 4 hingga 6,5, tetapi tidak larut pada

nilai pH yang lebih rendah atau lebih tinggi. Kelarutan kitosan sangat dipengaruhi oleh berat molekul dan derajat deasetilasi (Dompeipen *et al.* 2016).



Gambar 2. 2 Struktur Polisakarida (Mahatmanti et al. 2022)

Kitosan memiliki ragam penggunaan yang sangat luas, dengan lebih dari 200 jenis aplikasi di berbagai sektor, termasuk industri pangan, bioteknologi, farmasi, kedokteran, dan lingkungan. Dalam industri penjernihan air, kitosan telah dikenal luas sebagai bahan penjernih. Selain itu, kitosan juga banyak dimanfaatkan dalam bidang farmasi dan kosmetik, berfungsi sebagai penurun kadar kolesterol, mempercepat penyembuhan luka, serta melindungi kulit dari kelembaban. Sifat alami kitosan menjadikannya efektif dalam menghambat penyerapan lemak, menurunkan kolesterol, dan membantu dalam proses pelangsingan tubuh atau mencegah penyakit lainnya. Kitosan memiliki kemampuan unik untuk menurunkan kadar kolesterol LDL seraya mendorong peningkatan kadar kolesterol HDL dalam serum darah. Peneliti dari Jepang bahkan menyebut kitosan sebagai senyawa hipokolesterolemik yang sangat efektif, yang mampu menurunkan kadar kolesterol dalam serum tanpa menimbulkan efek samping yang merugikan.

Kitosan dapat dimodifikasi menjadi berbagai bentuk, antara lain: bentuk serpihan dan hidrogel kitosan. Proses melarutkan kitosan dalam asam asetat adalah cara sederhana untuk menghasilkan hidrogel kitosan. Hidrogel ini dapat dibuat dengan menambahkan bahan pengikat silang, yang dapat berupa ikatan kovalen atau ionik. Pengikat silang yang digunakan biasanya merupakan molekul dengan

berat molekul yang lebih rendah dibandingkan kedua rantai polimer yang akan diikat. Kitosan juga dapat diproduksi dalam bentuk membran, proses pembuatan membran dapat dilakukan melalui berbagai metode seperti pelelehan, pengepresan, *Trac-etching*, dan pembalikan fase. Pembalikan fase merupakan teknik yang mengubah polimer dari bentuk larutan menjadi bentuk padat secara terkontrol. (Mahatmanti *et al.* 2014) telah berhasil membuat membran kitosan dengan tambahan silika yang diisolasi dari abu sekam padi. Kitosan juga dapat dibentuk menjadi butiran (*beads*). Pembuatan butiran dilakukan dengan melarutkan 3 gram kitosan dalam 100 mL larutan asam asetat 1% yang kemudian diteteskan ke dalam larutan NaOH 4%, menghasilkan butiran berbentuk bulat. Butiran kitosan yang terbentuk kemudian dikumpulkan dan dicuci dengan air distilasi (Susilowati *et al.* 2018). Semakin kecil ukuran kitosan, maka semakin besar luas permukaannya.

2.6.2 Manfaat Kitosan Cangkang Udang Kaki Putih (*Litopenaeus Vannamei*)

Kitosan yang diekstrak dari cangkang udang, khususnya *Litopenaeus Vannamei*, menawarkan berbagai manfaat yang luas dan bernilai tinggi di berbagai bidang, termasuk lingkungan, industri, pangan, dan farmasi. Kitosan dari cangkang udang sangat efektif sebagai adsorben yang dapat mengikat dan menghilangkan logam berat, seperti timbal (Pb) dan besi (Fe) dari limbah cair. Penelitian menunjukkan bahwa kitosan dengan konsentrasi 0,5% mampu menyerap timbal hingga 95,69% dalam waktu 30 menit (Kusmiati dan Hayati, 2020). Selain itu, nano kitosan dari cangkang udang juga dapat menyerap logam Fe hingga 81,35%. Sifat ini sangat berguna untuk pengolahan limbah di laboratorium dan industri, serta dalam upaya pelestarian lingkungan (Kurniawidi *et al.* 2022).

Kitosan memiliki sifat antibakteri yang menjadikannya sebagai pengawet makanan yang aman dan efektif. Penambahan kitosan pada produk pangan terbukti

dapat menghambat pertumbuhan bakteri, memperpanjang umur simpan, serta menjaga kualitas makanan. Selain itu, kitosan juga digunakan sebagai bahan pelapis untuk melindungi permukaan makanan dari kemungkinan kontaminasi mikroba (Dompeipen *et al.* 2016).

Kitosan dan turunannya dari cangkang udang memiliki banyak manfaat dalam bidang farmasi, seperti sebagai bahan antibakteri, penyembuh luka, stabilizer nanopartikel, dan pelapis masker. Kitosan juga digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan obat, berkat sifatnya yang biokompatibel dan tidak toksik. Sebagai koagulan alami, kitosan dapat digunakan untuk menjernihkan air serta menghilangkan partikel tersuspensi, menjadi alternatif bagi bahan kimia seperti tawas yang biasanya digunakan dalam pengolahan air.

Pemanfaatan cangkang udang menjadi kitosan dapat meningkatkan nilai ekonomi limbah perikanan yang sebelumnya kurang bernilai, sekaligus membantu mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah organik. Selain sebagai adsorben dan bahan pengawet, kitosan juga digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan bioplastik, campuran pakan ternak, dan produk ramah lingkungan lainnya. Secara keseluruhan, kitosan yang dihasilkan dari cangkang udang (*Vannamei*) sangat menjanjikan sebagai solusi ramah lingkungan untuk pengolahan limbah, pengawetan makanan alami, aplikasi dalam bidang farmasi, serta peningkatan nilai ekonomi limbah perikanan (Agustina *et al.* 2015).

2.6.3 Cangkang Udang Kaki Putih (*Litopenaeus Vannamei*)

Udang *Litopenaeus Vannamei* memiliki struktur kepala yang terdiri dari antenula, antena, mandibula, serta dua pasang *maxillae*. Di samping itu, kepala udang *Litopenaeus Vannamei* juga dilengkapi dengan tiga pasang *maxillipede* yang berfungsi untuk makan dan lima pasang kaki berjalan yang dikenal dengan sebutan

pereiopoda, atau kaki sepuluh (*decapoda*). Endopodit kaki berjalan tersebut terhubung ke *cephalothorax* melalui *coxa*. Antara *coxa* dan *dactylus* terdapat beberapa ruang yang masing-masing disebut basis, *ischium*, *merus*, *carpus*, dan *propodus*. Genus *Penaeus* dapat dikenali dari keberadaan gigi pada bagian atas dan bawah rostrum serta hilangnya bulu cambuk (*setae*) di tubuhnya. Secara spesifik, udang ini memiliki dua gigi pada tepi rostrum bagian ventral dan delapan hingga sembilan gigi pada tepi rostrum bagian dorsal (Haliman & Adijaya 2005). Klasifikasi udang vaname menurut Haliman & Adijaya (2005) adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*

Subkingdom : *Metazoa*

Filum : *Arthropoda*

Subfilum : *Crustacea*

Kelas : *Malacostraca*

Subkelas : *Eumalacostraca*

Super ordo : *Eucarida*

Ordo : *Decapoda*

Sub ordo : *Dendrobrachiata*

Infra ordo : *Penaeidea*

Super famili : *Penaeioidea*

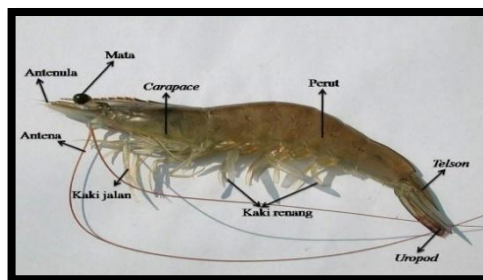
Famili : *Penaeidae*

Genus : *Penaeus*

Subgenus : *Litopenaeus*

Spesies : *Litopenaeus vannamei*





Gambar 2. 3 Morfologi udang (Hudaidah 2013)

Tubuh udang *Litopenaeus Vannamei* terbagi menjadi dua segmen, yaitu cephalothorax dan abdomen. Sebagian besar organ vital, termasuk insang, jantung, hepatopankreas, dan perut, terletak di dalam *cephalothorax*. Sementara itu, organ-organ pencernaan dan reproduksi terletak di dalam abdomen. Pelengkap yang terdapat pada *cephalothorax* telah dimodifikasi menjadi berbagai bentuk, seperti lima pasang kaki berjalan (*pereiopoda*) dan struktur rahang yang terdiri dari *antennula* dan *antena*. Udang juga memiliki sepasang mata majemuk yang berfungsi sebagai alat sensor, serta lima pasang kaki renang (*pleopoda*) yang ditemukan di bagian abdomen (Sae-Leaw & Benjakul 2019).

2.6.4 Kandungan Cangkang Udang Kaki Putih (*Litopenaeus Vannamei*)

Kulit udang terkandung senyawa kitin dan kitosan yang nilai ekonominya tinggi dan hasil olahannya dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Kitosan lebih banyak kegunaan dan manfaatnya dibandingkan kitin sehingga kitosan dijuluki sebagai *magic of nature* (Dompeipen, 2016). Kitosan merupakan biopolimer alam dengan sumber melimpah yang dapat dimanfaatkan di bidang industri modern, diantaranya sebagai mengikat ion logam, pengawet alami, antioksidan, penyerap zat warna, serta dapat digunakan untuk pemisahan protein (Wiyarsi 2008). Menurut penelitian menunjukkan bahwa hasil isolasi kitin dari cangkang *Litopenaeus vannamei* dapat mencapai sekitar 29,96 % dari berat bahan awal setelah demineralisasi dan deproteinasi dengan asam dan basa. Hasil ini

menunjukkan bahwa limbah cangkang udang putih merupakan sumber kitin yang potensial untuk aplikasi biomaterial.

Kitin yang diperoleh dari berbagai sumber memiliki struktur yang sama, kecuali ikatannya dengan protein dan kalsium karbonat yang merupakan 2 (dua) komponen lain pada kulit udang (Helda & Dodi 2014). Apabila kitin mengalami deasetilasi baik secara kimia maupun enzimatis akan menghasilkan kitosan. Kulit udang diolah menjadi kitin dan kitosan melalui tiga tahap menurut Kandile *et al.* (2018) yaitu demineralisasi dan deproteinasi. Sedangkan kitosan diperoleh dengan deasetilasi kitin dengan larutan basa konsentrasi tinggi. Deproteinasi menggunakan basa dengan konsentrasi tinggi dan demineralisasi menggunakan asam.

Kitin dan kitosan memiliki kegunaan yang sangat luas dalam kehidupan sehari-hari misalnya sebagai adsorben limbah logam berat dan zat warna, pengawet, anti jamur, kosmetik, farmasi, flokulan, anti kanker, dan anti bakteri (Prashantb & Tbaranatban, 2007)

2.6.5 Pembuatan Kitosan Cangkang Udang Kaki Putih (*Litopenaeus Vannamei*)

Pembuatan kitosan melalui proses pemurnian yang terdiri dari empat tahap, yaitu demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing tahapan dalam pembuatan kitosan

1. Demineralisasi

Tahap demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan garam-garam anorganik atau mineral yang terkandung dalam kulit udang, terutama kalsium karbonat (CaCO_3) dan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) dalam jumlah kecil. Mineral-mineral ini lebih mudah dipisahkan daripada protein karena hanya terikat secara fisik (Marganov 2003). Dalam proses ini, mineral-

mineral pada kulit udang bereaksi dengan asam klorida (HCl), sehingga mineral tersebut terpisah dari kulit udang. Proses pemisahan mineral ditandai dengan terbentuknya gas karbon dioksida (CO₂) berupa gelembung udara saat HCl ditambahkan ke dalam sampel (Hendry, 2008).

2. Deproteinasi

Setelah tahap demineralisasi, kulit udang yang telah bebas mineral kemudian dilanjutkan ke tahap deproteinasi. Proses ini bertujuan untuk memisahkan atau melepaskan ikatan-ikatan protein dari kitin. Pada tahap ini, protein yang ada dalam kulit udang larut dalam larutan basa, sehingga protein yang terikat secara kovalen pada gugus fungsi kitin akan terpisah. Penggunaan larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi dan suhu yang tinggi sangat efektif dalam menghilangkan protein. Proses pengadukan dan pemanasan dilakukan untuk mempercepat pengikatan ujung rantai protein dengan NaOH, sehingga degradasi dan pengendapan protein dapat terjadi dengan sempurna (Austin 1981).

3. Deasetilasi

Tahap deasetilasi adalah langkah untuk menghilangkan gugus asetil (-COCH₃) dari kitin, yang dilakukan dengan menggunakan larutan alkali agar berubah menjadi gugus amina (-NH₂). Kitin memiliki struktur kristalin yang panjang dengan ikatan hidrogen yang kuat antara atom nitrogen dan gugus karboksilat pada rantai bersebelahan (Muzzarelli, 1986). Untuk memutuskan ikatan antara gugus asetil dan gugus nitrogen sehingga berubah menjadi gugus amina (-NH₂), digunakan natrium hidroksida dengan konsentrasi 60% pada suhu 100-110°C selama 4 jam. Penggunaan larutan alkali dengan konsentrasi tinggi dan suhu tinggi selama proses

deasetilasi dapat mempengaruhi derajat deasetilasi yang dihasilkan (Dompeipen *et al.* 2016). Proses deasetilasi dalam kondisi basa yang kuat dan panas menyebabkan hilangnya gugus asetil pada kitin, menghasilkan kitosan yang bermuatan positif dan larut dalam asam organik seperti asam asetat dan asam formiat (Bastaman 1989). Reaksi pembentukan kitosan dari kitin merupakan reaksi hidrolisis amida oleh basa. Dalam hal ini, kitin bertindak sebagai amida dan NaOH sebagai basa. Awalnya terjadi reaksi adisi, dimana gugus OH^- bergabung dengan gugus NHCOCH_3 , kemudian terjadi eliminasi gugus CH_3COO^- sehingga dihasilkan amina, yaitu kitosan (Mahatmanti 2001).

2.6.6 Pembuatan Nanokitosan Cangkang Udang Kaki Putih (*Litopenaeus Vannamei*)

Nanokitosan diproduksi melalui teknik gelasi ionik, yang melibatkan kompleksasi polielektrolit antara kitosan bermuatan negatif. Proses dimulai dengan pembuatan larutan kitosan dengan konsentrasi 0,2%. Kitosan dilarutkan dalam larutan asam asetat 1% dan dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer pada suhu ruang selama satu jam. Selanjutnya, larutan tripolifosfat (TPP) dengan konsentrasi 0,1% disiapkan dengan melarutkan TPP dalam akuades, yang kemudian disaring untuk menghilangkan partikel yang tidak terlarut. Menurut Nadia *et al.* (2014) Sebanyak 50 mL larutan kitosan dipindahkan ke dalam beaker dan diaduk menggunakan magnetic stirrer. Larutan TPP ditambahkan secara perlahan dengan rasio volume kitosan terhadap TPP 5:1, sehingga terbentuk suspensi nanopartikel. Proses pengadukan dilanjutkan selama satu jam agar ikatan silang dapat terbentuk dengan sempurna. Suspensi nanopartikel yang terbentuk akan dikarakterisasi.

2.7 Uji Ninhidrin Nanokitosan Cangkang Udang Kaki Putih (*Litopenaeus Vanammei*)

Uji ninhidrin pada dasarnya merupakan tes warna yang digunakan untuk menunjukkan keberadaan protein atau asam amino dalam suatu cairan. Metode ini memiliki cara kerja yang khas yaitu reagen ninhidrin yang pada mulanya tidak berwarna atau berwarna kuning muda akan bereaksi dengan bagian tertentu dari asam amino yaitu gugus amina yang bebas (Stauß *et al.* 2024). Ketika campuran ini dipanaskan, terjadi reaksi kimia yang berkelanjutan yang memecah asam amino dan mengeluarkan amonia. Ammonia inilah yang selanjutnya berikatan kembali dengan molekul ninhidrin untuk menghasilkan senyawa warna baru yang sangat kuat (Jeong *et al.* 2023).

Hasil dari pengujian ini sangat jelas dan mudah dipahami secara visual. Apabila cairan menjadi warna ungu tua atau biru dikenal sebagai *Ruhemann's purple*, hal ini menunjukkan bahwa sampel tersebut mengandung asam amino dasar atau protein. Namun, terdapat pengecualian yang menarik pada asam amino prolin yang sering ditemukan dalam kolagen karena struktur kimianya yang berbeda, prolin akan menghasilkan warna kuning (Kurohara *et al.* 2025). Dalam penelitian terbaru yang berkaitan dengan pangan dan forensik, pengujian ini sangat dipercaya karena tingkat sensitivitasnya yang sangat tinggi bahkan jejak keringat atau sidik jari yang memiliki sedikit kandungan protein dapat dengan jelas terdeteksi menggunakan metode ini (Jones *et al.* 2024)