

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tulang Ikan Gabus

Bahan utama penelitian adalah tulang ikan gabus, proporsi tulang ikan terhadap tubuh ikan mencapai 12,4%. Tulang atau kerangka adalah jaringan yang kuat dan tangguh yang memberi bentuk pada tubuh. Tersusun atas matriks organik keras yang diperkuat dengan endapan garam kalsium dan garam mineral lain dalam tulang.

Tabel 1. Kandungan Mineral Dalam Tulang

Komposisi tulang	Persen (%)
Komponen anorganik :	
- Kalsium	39 %
- Potassium	0,2 %
- Sodium	0,7 %
- Magnesium	0,5 %
- Carbonat	9,8 %
- Pospat	17 %
<hr/>	
Komponen organik	33 %

Sumber : Hernaiawati, 2008

Dari tabel diatas dapat di lihat, bahwa pada tulang ikan mempunyai kandungan kolagen sebanyak 33% yang digunakan sebagai syarat utama untuk membuat gelatin.

2.2 Kolagen Ikan Gabus

Kolagen adalah protein serabut (*fibril*) yang mempunyai sifat fisiologis yang unik, terdapat di jaringan ikat pada kulit, tendon, tulang, kartilago dan lain-lain (Wong, 1989). Protein ini memiliki sifat kurang larut, amorf, dapat memanjang dan berkontraksi. Protein serabut ini tidak larut dalam pelarut encer, sukar dimurnikan, susunan molekulnya dari rantai molekul yang panjang sejajar dan tidak membentuk kristal (Winarno, 1997).

Eastoe (1977), menerangkan bahwa bahan dasar dan kelompok hewan yang mempunyai sumber kolagen yang tertinggi dan dapat dijadikan gelatin adalah sebagai berikut:

(a) tulang: mamalia (sapi, babi, kelinci), burung, reptile, ikan (*cod, halibut, elasmobranchs*);

(b) kulit: mamalia, reptil (buaya, ular), ikan, (*elasmobranchs*);

(c) tulang rawan: burung/ayam, ikan;

(d) tendon: burung/ayam.



Gambar 1. Tulang Ikan Gabus

Molekul kolagen tersusun dari kira-kira dua puluh asam amino yang memiliki bentuk agak berbeda bergantung pada sumber bahan bakunya. Asam amino glisin, prolin dan hidroksiprolin merupakan asam amino utama kolagen. Asam-asam amino aromatik dan sulfur terdapat dalam jumlah yang sedikit. Hidroksiprolin merupakan salah satu asam amino pembatas dalam berbagai protein (Chaplin, 2005).

Molekul dasar pembentuk kolagen disebut tropokolagen yang mempunyai struktur batang dengan BM 300.000, dimana di dalamnya terdapat tiga rantai polipeptida yang sama panjang, bersama-sama membentuk struktur heliks. Tiap tiga rantai polipeptida dalam unit tropokolagen membentuk struktur heliks

tersendiri, menahan bersama-sama dengan ikatan hidrogen antara group NH dari residu glisin pada rantai yang satu dengan group CO pada rantai lainnya. Cincin pirolidin, prolin, dan hidrosiprolin membantu pembentukan rantai polipeptida dan memperkuat triple heliks (Wong, 1989).

Tropokolagen akan terdenaturasi oleh pemanasan atau perlakuan dengan zat seperti asam, basa, urea, dan potassium permanganat. Selain itu, serabut kolagen dapat mengalami penyusutan jika dipanaskan di atas suhu penyusutannya (T_s). Suhu penyusutan (T_s) kolagen ikan adalah $45\text{ }^\circ\text{C}$. Jika kolagen dipanaskan pada $T > T_s$ (misalnya $65\text{--}70\text{ }^\circ\text{C}$), serabut triple heliks yang dipecah menjadi lebih panjang. Pemecahan struktur tersebut menjadi lilitan acak yang larut dalam air inilah yang disebut gelatin.

2.3 Gelatin

Gelatin berasal dari bahasa latin (*gelatos*) yang berarti pembekuan. Gelatin adalah protein yang diperoleh dari hidrolisis parsial kolagen dari kulit, jaringan ikat dan tulang hewan. Gelatin menyerap air 5-10 kali beratnya. Gelatin larut dalam air panas dan jika didinginkan akan membentuk gel. Sifat yang dimiliki gelatin bergantung pada jenis asam amino penyusunnya. Gelatin merupakan polipeptida dengan bobot molekul antara 20.000 g/mol - 250.000 g/mol (Suryani *dkk.*, 2009).

Gelatin adalah protein yang diperoleh dari hidrolisis parsial kolagen dari kulit, jaringan ikat putih dan tulang hewan. Menurut Saleh (2004), gelatin adalah salah satu hidrokoloid yang dapat digunakan sebagai *gelling*, bahan pengental (*thickner*) atau penstabil. Gelatin berbeda dengan hidrokoloid lain, karena kebanyakan hidrokoloid adalah polisakarida seperti karagenan dan pektin, sedangkan gelatin merupakan protein mudah dicerna, mengandung semua asam-amino esensial kecuali triptofan.

Gelatin adalah derivat protein dari serat kolagen yang ada pada kulit, tulang, dan tulang rawan. Susunan asam aminonya hampir mirip dengan kolagen,

dimana glisin sebagai asam amino utama dan merupakan 2/3 dari seluruh asam amino yang akan menyusunnya, 1/3 asam amino yang tersisa diisi oleh prolin dan hidroksiprolin (Charley, 1982).

Gelatin secara kimiawi diperoleh melalui rangkaian proses hidrolisis kolagen yang terkandung dalam kulit (Abustam dan Said, 2004). Protein kolagen ini secara ilmiah dapat “ditangkap” untuk dikonversi menjadi gelatin. Gelatin secara kimiawi diperoleh melalui rangkaian proses hidrolisis kolagen yang terkandung dalam kulit dan tulang. Reaksi yang terjadi menurut Miwada dan Simpen (2007) adalah :



Senyawa gelatin merupakan suatu polimer linier asam-asam amino. Pada umumnya rantai polimer tersebut merupakan perulangan dari asam amino glisin-prolin-prolin atau glisin-prolin-hidroksiprolin. Dalam gelatin tidak terdapat asam amino triptofan, sehingga gelatin tidak dapat digolongkan sebagai protein yang lengkap (Junianto *et al.*, 2006). Gelatin tersusun atas 18 asam amino yang saling terikat dan dihubungkan dengan ikatan peptida membentuk rantai polimer yang panjang (Amiruldin, 2007). Secara lengkap komposisi asam amino gelatin disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Asam Amino Gelatin

Asam Amino	Jumlah (%)	Asam Amino	Jumlah (%)
Alanin	11,0	Lisin	4,5
Arginin	8,8	Metionin	0,9
Asam Aspartat	6,7	Prolin	16,4
Asam Glutamat	11,4	Serin	4,2
Genilalanin	2,2	Sistin	0,07
Glisin	27,5	Theorin	2,2
Histidin	0,78	Tirosin	0,3
Hidroksiprolin	14,1	Valin	2,6
Leusin dan iso Leusin	5,1	Phenilalanin	1,9

Sumber : Eastone dan Leach (1977) dalam Amiruldin (2007)

2.3.1 Sifat Fisika Kimia Gelatin

Sifat fungsional gelatin sangat penting dalam aplikasi terhadap suatu produk. Adapun sifat fungsional dari suatu protein (gelatin) dapat berupa kriteria berikut ini: organoleptik meliputi warna dan bau; hidrasi meliputi pembentukan gel, viskositas, dan sineresis; permukaan meliputi pengemulsian, pembuihan, dan pembentukan film; struktur meliputi kekenyalan, adhesifitas, dan pembentukan adonan (Kinsella, 1982).

Sifat fungsional merupakan sifat fisika dan kimia yang mempengaruhi perilaku gelatin dalam makanan selama proses, penyimpanan, penyiapan, dan pengonsumsiannya (Kinsella, 1982). Adapun sifat fisika dari gelatin meliputi kekuatan gel, viskositas, titik gel, titik leleh, aktivitas dan stabilitas emulsi serta derajat putih, sedangkan sifat kimia dari gelatin meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein, dan pH.

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam suatu larutan baik dalam air, cairan organik sederhana dan suspensi serta emulsi encer (deMan, 1989). Sistem koloid dalam larutan dapat meningkat dengan cara mengentalkan cairan sehingga terjadi adsorpsi dan pengembangan koloid (Glicksman, 1969). Viskositas gelatin merupakan interaksi hidrodinamik antara molekul gelatin dalam larutan (Stainsby, 1977). Titik gel gelatin adalah suhu pada waktu larutan gelatin membentuk gel secara perlahan-lahan ketika didinginkan pada suhu *chilling* (Stainsby, 1977). Titik leleh gelatin adalah suhu ketika gelatin yang telah membentuk gel mencair ketika dipanaskan perlahan-lahan (Stainsby, 1977).

Gel yang terbentuk dari protein seperti gelatin, kelarutan, dan pembentukan gelnnya dipengaruhi oleh titik isoelektrik (Stainsby, 1977). Titik isoelektrik protein (pI) adalah pH dimana protein mempunyai jumlah muatan ion positif dan negatif yang sama. Pada pH titik isoelektrik, kelarutan protein rendah sehingga terjadi penggumpalan atau pengendapan protein (Lehninger, 1982).

Derajat putih gelatin ditentukan oleh bahan baku dan proses pembuatan gelatin (Poppe, 1992). Derajat putih gelatin akan berpengaruh pada aplikasi suatu produk (Glicksman, 1969). Emulsi merupakan sistem yang heterogen, terdiri atas cairan yang tidak tercampurkan dan terdispersi dengan baik sekali dalam cairan yang lain, berbentuk tetesan dengan diameter biasanya lebih dari 0,1 μm

(Becher, 1965). Semua gelatin mempunyai sifat fungsional yang sama, hanya perbedaan tipenya antara gelatin tipe A dan tipe B, yang penting dalam pemilihan yang sesuai untuk beberapa penggunaan yang spesifik dan perbedaan sifat fisik selengkapnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat-Sifat Gelatin

Sifat	Tipe A	Tipe B
Kekuatan Gel (<i>bloom</i>)	50-300	50-300
pH	3,8-5,5	4,7-5,4
Titik Isoelektrik	7-9	4,7-5,4
Viskositas (mps)	15-75	20-75
Kadar Abu (%)	0,3-2	0,5-2

Sumber : GMIA (2012)

Gelatin juga mempunyai daya pembentukan gel yang cukup tinggi dan bersifat *heat reversible* artinya gel yang sudah terbentuk akan dapat larut kembali pada pemanasan. Sifat secara umum dan kandungan unsur-unsur mineral tertentu dalam gelatin dapat digunakan untuk menilai mutu gelatin dan standar mutu gelatin menurut SNI (Standar nasional Indonesia) dapat dilihat pada Tabel 54 (SNI, 1995).

Tabel 4. Standar gelatin menurut SNI No. 06-3735 tahun 1995 dan British Standard : 757 tahun 1975

Karakteristik	SNI	British Standar
Warna	Tidak Berwarna Kekuningan	Sampai Kuning Pucat -
Bau, Rasa	Normal	-
Kadar Abu	Maksimum 16 %	-
Kadar Air	Maksimum 3,25 %	-
Kekuatan Gel	-	50 – 300 bloom
Viskositas	-	15 – 70 mps atau 1,5-7 cPs
pH	-	4,5 – 6,5
Logam Berat	Maksimum 50 mg / kg	-
Arsen	Maksimum 2 mg / kg	-
Tembaga	Maksimum 30 mg / kg	-
Seng	Maksimum 100 mg / kg	-
Sulfit	Maksimum 1000 mg / kg	-

Sumber: a) Dewan Standarisasi Nasional (SNI 06.3735-1995)(1995)

b) British Standard: 757 (1975)

Berdasarkan sifat bahan pada dasarnya ada dua proses hidrolisis kolagen yang diproses menjadi gelatin (Gelatine Food Science, 2004):

1. Proses Asam (tipe A) yang sering digunakan adalah kulit babi dan kulit ikan dan terkadang tulang sebagai bahan baku. Hal ini didasarkan pada di mana kolagen yang diasamkan menjadi pH sekitar 4 dan kemudian dipanaskan secara bertahap dari 50°C sampai mendidih mengubah sifat dan melarutkan kolagen. Setelah itu kolagen di *degreasing* atau larutan gelatin harus dihilangkan lemaknya, kemudian disaring untuk kejernihan, dipadatkan dengan perlakuan penguapan vakum atau membran ultra filtrasi, untuk mendapatkan konsentrasi yang cukup tinggi untuk gelatin dan kemudian dikeringkan dengan melewati udara kering selama gel. Proses terakhir salah satunya penggilingan dan pencampuran untuk kebutuhan pelanggan dan kemasan. Gelatin yang dihasilkan memiliki titik isoionik dari 7 sampai 9 didasarkan pada kekerasan dan lamanya pengolahan asam dari kolagen yang menyebabkan hidrolisis terbatas dari rantai asam amino asparagin dan glutamin.
2. Proses alkali (tipe B) yang digunakan pada kulit sapi dan sumber kolagen di mana hewan relatif tua di pemotongan. Salah satu prosesnya di mana kolagen disampaikan kepada soda api atau proses pengapuran panjang sebelum ekstraksi. Hidrolisis basa asparagin dan rantai samping glutamin untuk asam glutamat dan aspartat relatif cepat, dengan hasil bahwa gelatin memiliki titik isoionik adalah 4,8-5,2. Namun, dengan perlakuan alkali diperpendek (7 hari atau kurang) nilai isoionik setinggi 6 diproduksi. Setelah pengolahan alkali, kolagen yang dicuci bebas dari alkali dan kemudian diberikan perlakuan dengan asam dengan pH ekstraksi yang diinginkan (yang memiliki efek yang ditandai pada kekuatan gel rasio viskositas produk akhir). Kolagen ini kemudian didenaturasi dan diubah menjadi gelatin dengan pemanasan, karena dengan proses asam. Perlakuan alkali, itu sering perlu untuk demineralisasi gelatin untuk menghapus jumlah berlebihan garam menggunakan pertukaran ion atau ultrafiltrasi. Setelah itu proses sama seperti proses asam - vakum penguapan, filtrasi, gelatinisasi, pengeringan, penggilingan dan pencampuran.

2.3.2 Pemanfaatan Gelatin

Penggunaan gelatin dalam industri non pangan sebesar 100.000 ton digunakan pada industri pembuatan film foto sebanyak 27.000 ton, untuk kapsul lunak sebanyak 22.600 ton, untuk produksi cangkang kapsul (hard kapsul) sebanyak 20.200 ton serta dalam dunia farmasi dan teknis sebanyak 12.000 ton dan 6.000 ton. Penggunaan gelatin dalam industri pangan sebesar 154.000 ton, dimana penggunaan terbesar adalah industri konfeksioneri yaitu sebesar 68.000 ton selanjutnya untuk produk jelly sebanyak 36.000 ton. Industri daging dan susu memiliki jumlah penggunaan gelatin yang sama yaitu sebesar 16.000 ton dan untuk kelompok produk low fat (margarin) dan makanan fungsional (food supplement) memiliki kontribusi penggunaan gelatin yang sama yaitu sebesar 4.000 ton (Saputra, 2010).

Gelatin banyak digunakan sebagai baku industri pangan, gelatin digunakan sebagai pembentuk busa (*whipping agent*), pengikat (*binder agent*), penstabil (*stabilizer*), pembentuk gel (*gelling agent*), perekat (*adhesive*), peningkat viskositas (*viscosity agent*), pengemulsi (*emulsifier*), *finning agent*, *crystal modifier*, *thickener*. Dalam bidang farmasi, gelatin dapat digunakan dalam bahan pembuat kapsul, pengikat tablet dan *pastilles*, *gelatin dressing*, *gelatin sponge*, *surgical powder*, *suppositories*, *medical research*, *plasma expander*, dan *mikroenkapsulasi*. Dalam industri fotografi, gelatin digunakan sebagai pengikat bahan peka cahaya; dan dalam industri kertas, gelatin digunakan sebagai *sizing paper* (Ismeri dkk., 2009). Agnestasius dan Wardani (2009) mengemukakan fungsi – fungsi gelatin pada produk pangan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Fungsi gelatin pada produk pangan, farmasi dan kosmetika.

Jenis Produk	Fungsi dan Contoh Produk
Produk pangan secara umum	Sebagai pengental, penggumpal, membuat produk menjadi elastis, pengemulsi, penstabil, pembentuk busa, pengikat air, pelapis air, pelapis tipis dan pemerkaya gizi dalam produk seperti pudding, sirup, maupun permen kenyal serta menghindari sineresis.
Daging olahan	Untuk meningkatkan daya ikat air, konsistensi dan stabilitas produk sosis, kornet dan ham.
Susu olahan	Untuk memperbaiki tekstur, konsistensi dan stabilitas produk dan menghindari syneresis pada yoghurt, es krim, susu asam, keju cottage.
Bakery	Untuk menjaga kelembaban produk, sebagai perekat bahan pengisi pada roti.
Minuman	Sebagai penjernih sari buah (juice), bir dan wine. Penambahan gelatin pada sari buah akan membentuk kompleks gelatin yang dapat diendapkan kemudian dipisahkan.
Buah – buahan	Sebagai pelapis (melapisi pori – pori buah sehingga terhindar dari kekeringan dan kerusakan oleh mikroba) untuk menjaga kesegaran dan keawetan buah.
Bidang kedokteran	Dapat digunakan untuk menghilangkan rasa nyeri pada lutut dan persendian serta digunakan untuk bahan – bahan keperluan pembedahan.
Bidang farmasi	Pembungkus kapsul atau tablet obat. Gelatin membuat kapsul menjadi lebih mudah ditelan dan dapat menghilangkan bau ataupun rasa yang tidak enak ketika meminum obat. Pada kapsul dapat dicampur dengan bahan - bahan makanan (aroma maupun rasa) pembangkit selera.
Film	Membuat film menjadi lebih sensitif, sebagai pembawa dan pelapis zat warna film
Kosmetik	Digunakan untuk menstabilkan emulsi pada sampo, penyegar dan pelindung kulit (lotion / cream), sabun (terutama yang cair), lipstick, cat kuku, busa cukur, krim pelindung sinar matahari.
Fotografi	Sebagai medium pengikat dan koloid pelindung untuk bahan pembentuk image.

2.4 Fungsi Asam dalam Proses Demineralisasi

Salah satu tahapan penting dalam pembuatan gelatin adalah demineralisasi. Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan garam kalsium, garam posfor, serta garam-garam lainnya yang nantinya akan diperoleh ossein. Pada proses demineralisasi, ikatan-ikatan kalsium akan mengalami pelonggaran sehingga diharapkan komponen molekul kolagen akan lebih mudah terekstrak. Penggunaan larutan asam dalam proses demineralisasi dipertimbangkan bahwa dengan adanya larutan asam dapat memecah mineral, kalsium, dan posfor yang merupakan unsur penyusun tulang. Dengan demikian, molekul protein 16 kolagen yang sebelumnya terikat-ikat dengan mineral tersebut akan lebih mudah terlepas. Proses demineralisasi berlangsung dalam larutan asam dengan konsentrasi 1 molar. Jannah (2007), menyebutkan bahwa apabila konsentrasi asam yang digunakan terlalu tinggi maka protein yang terdapat di dalam kolagen tidak dapat berubah menjadi gelatin. Lama waktu perendaman juga akan berpengaruh terhadap kualitas gelatin yang dihasilkan yakni apabila perendamannya terlalu lama maka kadar protein dalam gelatin semakin rendah. Proses demineralisasi sangat menentukan kuantitas dan kualitas gelatin.

Jenis asam yang sering digunakan dalam proses demineralisasi :

a. Larutan H₃PO₄

Menurut Karlina dan Lukman (2009), reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Menurut H. Yuniarifin *at el.*, (2001), perlakuan perendaman H₃PO₄ menunjukkan adanya kenaikan kadar abu sesuai dengan kenaikan konsentrasi yang diberikan. Kenaikan kadar abu gelatin yang dihasilkan, berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi H₃PO₄. Hal ini disebabkan makin tinggi konsentrasi H₃PO₄ makin banyak PO₄³⁻ (garam fosfat) yang terikat pada molekul kolagen selama proses asam dan ikut terekstrak bersama kolagen saat proses ekstraksi. Kandungan abu yang terdapat pada gelatin yang dihasilkan berasal dari garam-garam mineral yang terkandung pada tulang sapi yang digunakan.

Menurut H. Yuniarifin *al et.* (2011), penggunaan asam H_3PO_4 pada proses asam memberikan pengaruh terhadap perubahan struktur kolagen menjadi menyebar atau membengkak, sehingga viskositas yang dihasilkan mengalami perubahan. Semakin tinggi konsentrasi H_3PO_4 yang digunakan, rantai asam amino strukturnya semakin terbuka menyebabkan rantai tersebut semakin pendek dan terjadi penurunan viskositas. Penggunaan H_3PO_4 menyebabkan struktur tripel heliks kolagen berubah menjadi struktur rantai tunggal. Berubahnya struktur rantai kolagen menyebabkan penurunan berat molekul gelatin.

b. Larutan HCl

Menurut Karlina dan Lukman (2009), reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Menurut penelitian Tazwir (2007), kecenderungan semakin besar konsentrasi HCl yang digunakan dan semakin lama waktu ekstraksi, rendemen semakin meningkat. Hal ini diduga karena jumlah ion H^+ yang menghidrolisis kolagen lebih banyak, sementara semakin lama ekstraksi menyebabkan kolagen terurai lebih banyak menjadi gelatin. Akan tetapi lama ekstraksi yang sangat tinggi dan konsentrasi asam yang berlebihan diduga menyebabkan terjadinya hidrolisis lanjutan pada kolagen yang sudah terkonversi menjadi gelatin, sehingga gelatin menjadi rusak dan rendemen menjadi turun (Nurilmala, 2004).

Menurut penelitian semakin besar konsentrasi HCl nilai kadar abunya semakin tinggi. Hal ini diduga semakin tinggi konsentrasi HCl maka kemampuan asam untuk mengekstrak komponen non kolagen pun semakin tinggi, sehingga nilai kadar abu pun menjadi tinggi.

Menurut Court & Johns (1977), pada pembuatan gelatin secara proses asam, asam dapat juga mengekstrak komponen non kolagen dan komponen tersebut terbawa dalam larutan. Pada penggunaan HCl 6 % dihasilkan kadar abu yang tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Uji statistik menunjukkan bahwa konsentrasi HCl mempunyai pengaruh terhadap kadar abu yang dihasilkan.

Sedangkan faktor waktu ekstraksi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar abu gelatin yang dihasilkan.

Menurut Tazwir, 2007 terlihat kecenderungan semakin besar konsentrasi HCl nilai pH semakin rendah. Rendahnya nilai pH ini disebabkan karena penggunaan asam kuat HCl. Pada saat terjadi pengembangan kolagen waktu perendaman dengan asam klorida, banyak sisa larutan HCl yang tidak bereaksi terserap dalam kolagen yang mengembang dan terperangkap dalam jaringan fibril kolagen, sehingga sulit dinetralkan pada saat pencucian yang akhirnya terbawa saat proses ekstraksi sehingga mempengaruhi tingkat keasaman gelatin yang dihasilkan. Peningkatan nilai pH dapat dilakukan dengan cara perlakuan pencucian yang berulang-ulang sampai pH mencapai 7, setelah dilakukan perendaman dalam larutan HCl (proses demineralisasi). Peningkatan ini dilakukan agar nilai pH gelatin yang dihasilkan tidak rendah. Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa hanya konsentrasi HCl yang mempunyai pengaruh terhadap nilai pH gelatin yang dihasilkan, sedangkan faktor waktu ekstraksi dan interaksi kedua faktor tidak berpengaruh.

c. Larutan CH₃COOH

Menurut Karlina dan Lukman (2009), reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Menurut Maria Ulfah (2011), penurunan kadar protein pada konsentrasi asam yang tinggi disebabkan karena asam asetat akan menghidrolisis ikatan peptida lebih kuat sehingga akan terjadi kehilangan protein pada saat pencucian ceker ayam. Menurut Chamidah dan Elita (2002), perendaman dalam larutan asam asetat menyebabkan protein struktural terutama kolagen akan mengalami pengembangan (*swelling*) sehingga struktur koil terbuka. Konsentrasi larutan asam asetat yang tinggi menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan hidrogen dan pembukaan struktur koil kolagen secara berlebih sehingga sebagian asam amino terekstrak dan terlepas dari kolagen dan terbawa ke air cucian, akibatnya kadar

protein gelatin yang diperoleh lebih rendah. Semakin lama waktu perendaman maka kadar protein semakin rendah, karena semakin banyak asam asetat yang terdifusi dalam jaringan ceker ayam sehingga proses hidrolisis kolagen lebih maksimal dan menyebabkan gelatin banyak yang terekstrak, namun terikut dalam air cucian. Konsentrasi dan lama waktu perendaman tidak berpengaruh terhadap kadar abu yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena asam asetat yang digunakan untuk merendam ceker ayam merupakan asam organik dan tidak mengandung mineral sehingga pada saat diabukan akan ikut terbakar.

Menurut Maria Ulfah (2011), pH gelatin yang semakin rendah dengan kenaikan konsentrasi larutan asam asetat disebabkan karena asam asetat lebih banyak terdifusi dalam jaringan ceker ayam, sehingga pada proses pencucian, asam yang tertinggal pada ceker ayam lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi yang rendah. Nilai pH sangat dipengaruhi oleh jenis larutan perendam dan konsentrasinya (Tourtellote, 1980). pH gelatin ceker ayam yang dihasilkan berkisar 6-7. Ini menunjukkan bahwa gelatin yang dihasilkan memenuhi kisaran pH standar gelatin tipe asam yaitu 4-7 (Wahyuni dan Rosmawaty, 2003).

2.5 Lem Tulang Ikan

Lem adalah zat atau bahan perekat yang berfungsi merekatkan dua bagian (sisi) suatu benda. Secara garis besar material pembentuk lem terbuat dari bahan alami maupun bahan sintetis. Lem yang terbuat dari bahan alami biasanya menggunakan campuran air sebagai pelarutnya sehingga kekuatannya akan melemah ketika terkena air akan tetapi jenis lem ini tidak mudah terbakar. Sedangkan lem sintetis menggunakan pelarut kimia dan lem akan mengering setelah pelarutnya menguap akan tetapi jenis lem ini sangat mudah terbakar.

Untuk jenis lem yang terbuat dari bahan alami waktu keringnya cenderung lambat tapi hasilnya lebih kuat dan awet. Sedangkan jenis lem yang terbuat dari bahan sintetis waktu keringnya lebih cepat akan tetapi hasilnya kurang kuat dan tahan lama jika dibandingkan dengan jenis lem dari bahan alami.

Lalu ada juga jenis lem yang terdiri dari dua bagian yaitu *epoxy* dan *hardener*. Epoxy berisi lem yang sebenarnya sedangkan hardener berfungsi sebagai katalis atau pengeras. Lem jenis ini sangat bagus untuk merekatkan logam misalnya untuk pengisi bagian yang penyok pada bodi mobil tetapi lem ini harus dicampur dengan benar agar bisa bekerja dengan baik.

Secara umum jenis lem mini dikenal lem Kak. Bahan ini dibuat dari collagen (suatu protein kulit binatang, tulang-tulang dan daging penyambung tulang). Keistimewaan dari bahan ini adalah dapat larut dalam air panas, dan pada waktu pendinginan terjadi pembekuan seperti agar-agar (jelly), sehingga lam ini dapat menghasilkan daya rekat pertama yang cukup kuat. Pada pengeringan selanjutnya terjadilah daya rekat yang kuat. Lem Kak ini terdapat dipasaran dalam bentuk granulate (butir-butir), potongan-potongan dan lempengan.

Casein adalah zat protein yang terdapat dalam susu hewan (sapi) sebagai hasil samping dari perusahaan keju. Larutan casein dalam bentuk pasta banyak digunakan pada penempelan label kertas ke botol gelas. Keistimewaan dari lem casein ini ialah hasil penempelannya bersifat tahan terhadap kelembaban dan juga tahan terhadap air, sehingga jika botol terendam di dalam air kertas tidak akan lepas.

Tabel 6. Standar Lem menurut SNI No. 06-6049 tahun 1999

Karakteristik	SNI
Warna	Coklat Karamel (coklat muda)
Wujud pada Suhu Kamar	Cairan Kental
Bau, Rasa	Normal
Kadar Air	Maksimum 55%
Kadar Abu	>0,1%
Viskositas (20 ⁰ C)	6000-8000 cP
Densitas (20 ⁰ C)	1,17 g/cm ³
pH	4-6
Keteguhan Rekat	3 N/mm ²

Sumber: a) Dewan Standarisasi Nasional (SNI 06.6049-1999)(1999)

Penelitian sebelumnya Wahyudi (2007), menunjukkan bahwa keteguhan rekat lem yang dihasilkan dengan ekstraksi asam asetat 5 % menggunakan bahan baku tulang ikan Pari sebesar 58,09 kg/cm² dan tulang ikan Cucut sebesar 60,77 kg/cm². Berdasarkan penelitian Embun (1995), keteguhan rekat lem ikan yang

dihasilkan dari ekstraksi menggunakan asam asetat 5 % pada tulang ikan Pari sebesar 62,04 kg/cm².

Kemudian berdasarkan penelitian Widyasmara (2007), keteguhan rekat lem yang diperoleh dari proses ekstraksi asam asetat 5 % dengan bahan baku ikan Pari adalah 62,13 kg/cm². Menurut Purwadi (1999), nilai keteguhan rekat berbahan baku tulang ikan Kakap Merah dan Tuna yang merupakan ikan bertulang keras berturut-turut 23,89 kg/cm² dan 27,47 kg/cm² pada ekstraksi menggunakan asam asetat 5 %. Kolagen diuraikan melalui perebusan tulang ikan dalam larutan asam asetat 5 % dengan temperatur 65-70 °C, selama empat jam.

2.6 Teori Pembuatan Lem

Pada variasi kecil proses dasar digunakan untuk membuat lem tulang, hide atau lem kulit, dan lem ikan. Hide dan sisa lainnya dicuci sehingga kotoran akan hilang dan direndam untuk proses pelunakan. Bahan ini disebut bahan dasar dan dilewatkan melalui serangkaian penyiraman air yang lebih banyak dan kapur yang ditambahkan untuk membuat jangat dan kulit membengkak. Hide bengkak kemudian dibilas di mesin cuci besar untuk menghilangkan kapur. Yang terakhir bekas kapur dieliminasi dengan memperlakukan bahan dasar dengan asam lemah seperti asetat atau asam klorida. Akhirnya bahan dasar dimasak/direbus, dalam tangki terbuka atau memasak di bawah tekanan dalam otoklaf . Memasak pada suhu yang benar dan untuk jangka waktu break kolagen dan mengkonversikannya ke dalam lem. Jika pengaturan suhu atau waktu tidak aktif, kualitas lem akan hancur. Koil uap panas besar di tangki air terbuka dan produk pada 160 °F (70 °C). Tiga atau empat perlakuan dengan air bersih dilakukan pada suhu yang meningkat (atau tekanan jika suatu sistem digunakan tekanan). Cairan yang dihasilkan, disebut "liquor lem" diekstrak dan dipanaskan kembali untuk mengentalkan lem. Ketika dingin material ini terlihat seperti agar-agar dan padat; meskipun tampak seperti jenis gelatin digunakan dalam makanan, tapi mengandung kotoran. Untuk menghilangkan kotoran dan membuat lem yang transparan, bahan kimia seperti tawas atau asam ditambahkan dengan albumi dan telur dapat ditambahkan. Bahan kimia ini menyebabkan kotoran mengendap atau jatuh dari lem. Metode

mekanikal juga dapat digunakan untuk membersihkan lem. Ini termasuk melewati lem melalui serangkaian filter mekanis atau melalui filter kertas. Aditif yang berbeda dicampur dengan liquor lem untuk membuat warna cokelat, jelas, atau lem putih. Asam belerang, asam fosfat, atau tawas adalah salah satu aditif tersebut. Seng oksida ditambahkan untuk menghasilkan lem putih. Untuk saat ini, lem adalah liquid. Hal ini dibuat lebih terkonsentrasi di vakum evaporator dan dikeringkan dalam salah satu dari beberapa metode. Lem juga dapat sebagai beads atau "mutiara" menjadi bantalan liquor non-air yang terkonsentrasi beads lebih kering. Industri lem tulang agak lebih rumit. Tulang diproses paling sering di tangki tekanan, tetapi pengolahan tambahan yang diperlukan untuk menghapus mineral. Tulang-tulang yang berlemak ditambahkan dengan pelarut, kemudian larutan asam klorida dalam 8% ditambahkan pada tulang. Asam menghilangkan kalsium fosfat dan mineral lainnya dan kolagen dalam bentuk yang sama sebagai bagian dari tulang. Asam dihilangkan dari kolagen, dan dikeringkan untuk menghasilkan ossein atau protein tulang kelas komersial (juga disebut tulang yg ditambah asam) yang merupakan dasar perekat tulang. Setelah ossein dibuat kemudian dapat diproses dalam metode tank-terbuka dan langkah selanjutnya digunakan untuk membuat lem dari kulit.