38917/H/10

RSKi
543
Mar
a-1
2010

MILIK PERPUSTAKAAN
ITS

TUGAS AKHIR : SK - 091304

ANALISIS SIFAT KIMIA, FISIK, DAN TERMAL GELATIN DARI EKSTRAKSI KULIT IKAN PARI (*Himantura gerrardi*) MELALUI VARIASI JENIS LARUTAN ASAM

Niniet Martianingsih
NRP. 1405100005

DOSEN PEMBIMBING
Lukman Atmaja, Ph.D

PERPUSTAKAAN
ITS

Tgl. Terima	10-2-2010
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	607

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2009

FINAL PROJECT : SK - 091304

CHEMICAL, PHYSICAL, AND THERMAL ANALYSIS OF GELATIN EXTRACTED FROM RAYFISH SKIN (*Himantura gerrardi*) BY VARIOUS ACID PRETREATMENT

Niniet Martianingsih
NRP. 1405 100 005

DOSEN PEMBIMBING
Lukman Atmaja, Ph.D

CHEMISTRY DEPARTMENT
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2010

ANALISIS SIFAT KIMIA, FISIK, DAN TERMAL GELATIN DARI EKSTRAKSI KULIT IKAN PARI (*Himantura gerrardi*) MELALUI VARIASI JENIS LARUTAN ASAM

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana pada Bidang Studi Kimia Fisik Program Studi S-1 Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Disusun Oleh :

NINIET MARTIANINGSIH

NRP. 1405 100 005

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2010

ANALISIS SIFAT KIMIA, FISIK, DAN TERMAL GELATIN DARI EKSTRAKSI KULIT IKAN PARI (*Himantura gerrardi*) MELALUI VARIASI JENIS LARUTAN ASAM

TUGAS AKHIR
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Oleh :
NINIET MARTIANINGSIH
NRP. 1405 100 005

Surabaya, Januari 2010
Disetujui oleh,

Dosen Pembimbing
Tugas Akhir ,

Lukman Atmaja, Ph.D
NIP 196108161989031001

Mengetahui Ketua Jurusan Kimia,

Lukman Atmaja, Ph.D
NIP 196108161989031001

ANALISIS SIFAT KIMIA, FISIK, DAN TERMAL GELATIN DARI EKSTRAKSI KULIT IKAN PARI (*Himantura gerrardi*) MELALUI VARIASI JENIS LARUTAN ASAM

Nama : **Niniet Martianingsih**
NRP : **1405 100 005**
Jurusan : **Kimia FMIPA-ITS**
Dosen Pembimbing : **Lukman Atmaja, Ph.D**

Abstrak

Pada penelitian ini, telah diisolasi gelatin dari kulit ikan pari (*Himantura gerrardi*) dengan proses asam melalui variasi jenis larutan asam pada konsentrasi dan waktu perendaman yang sama untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik kimia, fisik dan termal gelatin yang dihasilkan. Kulit ikan direndam dalam tiga larutan asam yaitu, HCl 4% (GC), CH_3COOH 4% (GA), dan H_3PO_4 4% (GP), kemudian diekstraksi dan dikeringkan untuk memperoleh gelatin. Proses konversi kolagen menjadi gelatin dipengaruhi oleh perbedaan laju hidrolisis kolagen karena konsentrasi ion H^+ yang berbeda pada setiap larutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa GP memiliki randemen dan massa molekul relatif terbesar dengan kadar air yang paling kecil yaitu 8,4%, 292.238 gram/ mol dan 14,16%. Analisis FTIR dari setiap gelatin yang dihasilkan menunjukkan gugus- gugus fungsi O-H, C-H, C=O, N-H dan C-H aromatis yang sama dengan gelatin komersial. Analisis termal DSC/TGA titik denaturasi (T_d) pada gelatin GC, GA, dan GP adalah 44,83^{0}C dan 187,93^{0}C, 48,39^{0}C dan 188,33^{0}C, 48,33^{0}C dan 188,71^{0}C, sedangkan presentasi pengurangan berat totalnya adalah 26,77%, 32,31%, dan 25,62%. Gelatin terbaik yang diperoleh pada penelitian ini adalah gelatin GP.

Kata kunci: *gelatin, ikan pari, kulit, massa molekul relatif, termal*

CHEMICAL, PHYSICAL, AND THERMAL ANALYSIS OF GELATIN EXTRACTED FROM RAYFISH (*Himantura gerrardi*) BY VARIOUS ACID PRETREATMENT

Name : **Niniet Martianingsih**
NRP : **1405 100 005**
Department : **Kimia FMIPA-ITS**
Supervisor : **Lukman Atmaja, Ph.D**

Abstract

Fish skins gelatin of rayfish (*Himantura gerrardi*) have been isolated by acid process with variation of acid solution types at the same concentration and pretreatment time to analyse its influence to chemical, physical, and thermal characteristic of yielded gelatin. Fish skins were pretreated in HCl 4% (GC), CH_3COOH 4% (GA), and H_3PO_4 4% (GP) independently, then extracted and dried to obtain gelatin. Conversion of collagen to gelatin process are normally influenced by different collagen hydrolysis rate. The different is caused by H^+ concentration in the solution. Result of this research shows that GP has the biggest relative molecule mass and randemen with the smallest water content, that is 8,4%, 292.238 gram/mole and 14,16%. FTIR analysis of each resulted gelatin shows O-H, C-H, C=O, N-H dan C-H aromatic groups which are exactly same with that the comercial gelatin. The denaturation point (T_d) of GC, GA, and GP gelatin from DSC/TGA analysis are 44,83^{0}C and 187,93^{0}C, 48,39^{0}C and 188,33^{0}C, 48,33^{0}C and 188,71^{0}C, while their total reduction weight are 26,77%, 32,31%, and 25,62%, respectively. The best gelatin from this research is gelatin GP.

Keywords: gelatin, ray fish, relatif molecule mass, skin, thermal

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrohiim

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah membuat penulis mampu menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul **ANALISIS SIFAT KIMIA, FISIK, DAN TERMAL GELATIN DARI EKSTRAKSI KULIT IKAN PARI *(Himantura gerrardi)* MELALUI VARIASI JENIS LARUTAN ASAM.**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Bapak Lukman Atmaja, Ph.D selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan masukannya.
2. Bapak Prof. Dr. Syafsir Akhlus, M.Sc. selaku dosen wali atas nasihat-nasihatnya
3. Bapak Lukman Atmaja, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA-ITS, dan
4. Ibu Dra. Yulfi Zetra, MS. selaku Koordinator Tugas Akhir
5. Lab. Kimia Fisik jurusan Kimia FMPA-ITS dan Curtin University of Technology Perth Australia yang telah bersedia menerima sampel untuk analisis.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam tugas akhir ini, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Terima kasih atas perhatiannya, semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Februari 2010

Penulis

Halaman Spesial

Terima kasih yang sebesar-besarnya kupanjatkan kepada-Mu, Ya Allah. Engau telah membimbing dan melancarkan jalanku untuk mempersembahkan karya ini kepada :

1. Kedua orang tuaku yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung, serta segala doa sehingga ananda mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak dan Ibu dosen serta staf karyawan jurusan Kimia FMIPA-ITS. Terima kasih atas segala ilmu yang diberikan seerta berbagai pengalaman hidup sehinggga saya memperoleh gelar S.Si, semoga ilmu kimia yang saya peroleh dapat bermanfaat bagi saya sendiri dan juga orang lain.
3. Bapak dan Ibu dosen yang telah banyak melancarkan penelitian dan penulisan karya ini, Bapak Hamzah Fansuri Ph.D, Ibu Yatim Lailun Ni'mah, M.Si., Bapak Drs. Hendro Juwono, M.Si., dan Bapak Fadlan, M.Si. Saya ucapkan terima kasih atas segala masukan, bimbingan dan bantuan yang diberikan. Tanpa beliau-beliau, Tugas Akhir saya takkan selancar ini.
4. Intan Riezky Karlina alias Ketty sebagai partner yang usil, yang selalu mengingatkan dan memberikan semangat untuk menyelesaikan TA, dan untuk segala bantuan dan kerja samanya. Ayo ket, kita masuki dunia baru! Dunia persaingan yang sesungguhnya!
5. Sahabat-sahabatku, Lusy, Devi, Ariendha, dan Desi. Terimakasih atas persahabatan yang menyenangkan ini, memberi kenangan yang indah selepas masa perkuliahan. I hope this nice friendship will stand forever while we grow old girls...
6. Temen-temen Kimia C-23. terma kasih sudah menjadi teman-teman yang menyenangkan, banyak hal yang telah kita lalui

bersama.. Semoga kita semua setelah lulus benar-benar bisa menjadi orang yang dibanggakan, baik oleh diri sendiri dan orang lain..

7. Adikku, Nina dan Dini. Terimakasih atas kesabaran kalian menghadapi orang yang pusing mengerjakan TA ini,, hehe.. Akhirnya malah ngusilin kalian biar stressnya hilang... Maafin yah.. ^_^
8. Serta seluruh handai taulan yang tak mungkin saya sebutkan satu per satu. Terima kasih.

Sukses adalah 1% inspirasi dan 99% keringat
(Albert Eistein)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN JUDUL ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 LATAR BELAKANG 1
1.2 PERMASALAHAN 3
1.3 TUJUAN 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 IKAN PARI 5
2.2 KOLAGEN 7
2.3 GELATIN 9
2.3.1 Perkembangan Gelatin *11*
2.3.2 Kandungan Gelatin *12*
2.3.3 Pembuatan Gelatin *13*
2.3.4 Penelitian Pendahuluan *15*
2.3.5 Kegunaan Gelatin *16*
2.4 ANALISIS GELATIN 17
2.4.1 Total Rendemen dan Derajat Penggembungan *17*
2.4.2 Kadar Air *18*
2.4.3 Viskositas *18*
2.4.4 Analisis FTIR *21*
2.4.4.1 Komponen Spektrometer 24
2.4.4.2 Spektra Inframerah Gelatin 25
2.4.5 DSC (Differential Scanning Calorimetry) *26*
2.4.5.1 Kalor (q) dan Titik Denaturasi (T_d) 29

2.4.6 TGA (Thermogravimetric Analysis) *29*
2.5 SIFAT BAHAN 32
2.5.1 Asam Asetat (CH_3COOH) *32*
2.5.2 Asam Fosfat (H_3PO_4) *32*
2.5.3 Asam Klorida (HCl) *32*
BAB III METODOLOGI 33
3.1 ALAT DAN BAHAN 33
3.1.1 Alat *33*
3.1.2 Bahan *33*
3.2 PROSEDUR KERJA 33
3.2.1 Persiapan Bahan Baku *33*
3.2.2 Preparasi Gelatin *34*
3.2.3 Total Rendemen *34*
3.2.3 Kadar Air *34*
3.2.4 Analisis FTIR *35*
3.2.5 Pengukuran Massa Molekul Relatif Rata-Rata Gelatin *35*
3.2.6 Analisis Termal dengan DSC/TGA *35*
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 37
4.1 PERSIAPAN BAHAN BAKU 37
4.2 TAHAP PERENDAMAN 38
4.3 PROSES KONVERSI KOLAGEN MENJADI GELATIN 42
4.4 ANALISIS FTIR 47
4.5 ENGUKURAN MASSA MOLEKUL RELATIF RATA-RATA GELATIN 49
4.6 ANALISIS TERMAL GELATIN 51
BAB V KESIMPULAN 57
5.1 KESIMPULAN 57
5.2 SARAN 57
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN 67
RIWAYAT PENULIS 91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk Ikan Pari dan Bagian-Bagiannya	6
Gambar 2.2	Ikan Pari	6
Gambar 2.3	Susunan Molekul Tropokolagen	8
Gambar 2.4	Struktur Kimia Gelatin	10
Gambar 2.5	Serbuk Gelatin	11
Gambar 2.6	Penentuan Angka Viskositas Batas [η]	20
Gambar 2.7	Skema FTIR	25
Gambar 2.8	Spektra FTIR Gelatin Komersial	26
Gambar 2.9	DSC *Power Compensated*	27
Gambar 2.10	DSC *Heat-Flux*	27
Gambar 2.11	Gambar 2.11 Kurva DSC Gelatin Kulit Ikan Pollock	28
Gambar 2.12	Skema Alat TGA	30
Gambar 2.13	Kurva TGA	31
Gambar 2.15	Kurva TGA Gelatin	31
Gambar 4.1	Ikat Silang pada Kolagen	40
Gambar 4.2	Transisi Rantai Helik –Gulungan pada Kolagen	42
Gambar 4.3	Reaksi Pemutusan Ikatan Hidrogen Tropokolagen	43
Gambar 4.4	Reaksi Hidrolisis Ikatan Silang Kovalen Tropokolagen	43
Gambar 4.5	*Junction Zones* pada Gelatin	44
Gambar 4.6	Gelatin dengan perendaman dalam (a) HCl 4% (GC), (b) CH3COOH 4% (GA), (c) H_3PO_4 4% (GP)	45
Gambar 4.7	Spektra Infra Merah Gelatin pada (a) GC, (b) GA, dan (c) GP	47
Gambar 4.8	Grafik η_{sp} / c Vs c	50
Gambar 4.9	Gelatin dengan Larutan Asam HCl 4%	54
Gambar 4.10	Gelatin dengan Larutan Asam CH_3COOH 4%	54

Gambar 4.11	Gelatin dengan Larutan Asam H_3PO_4 4%	54
Gambar D1	Grafik η_{sp} /c Vs c pada GC	77
Gambar D2	Grafik η_{sp} /c Vs c pada GA	77
Gambar D3	Grafik η_{sp} / c Vs c pada GP	78
Gambar E1	Spektra FTIR Gelatin dengan Larutan Asam HCl 4%	79
Gambar E2	Spektra FTIR Gelatin dengan Larutan Asam CH_3COOH 4%	79
Gambar E3	Spektra FTIR Gelatin dengan Larutan Asam H_3PO_4 4%	80
Gambar E1	Gelatin dengan Larutan Asam HCl 4%	87
Gambar E2	Gelatin dengan Larutan Asam CH_3COOH 4%	88
Gambar E3	Gelatin dengan Larutan Asam H_3PO_4 4%	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Asam Amino Beberapa Gelatin (Residu/1000 Residu Asam Amino Total) 13
Tabel 2.2 Beberapa Puncak Absorbsi Inframerah 22
Tabel 4.1 Perubahan Bobot Kulit Ikan Pari Sebelum dan Sesudah Perendaman dalam Larutan Asam 52
Tabel C1 Kadar Air Serbuk Gelatin 73
Tabel D1 Viskositas Tereduksi Gelatin GC (Perendaman Bahan Baku dengan Larutan Asam HCl 4%) 75
Tabel D2 Viskositas Tereduksi Gelatin GA (Perendaman Bahan Baku dengan Larutan Asam CH_3COOH 4%) 76
Tabel D3 Viskositas Tereduksi Gelatin GP (Perendaman Bahan Baku dengan Larutan Asam H_3PO_4 4%) 76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Skema Kerja	67
Lampiran B	Pembuatan Larutan	71
Lampiran C	Pengukuran Kadar Air	73
Lampiran D	Pengukuran Massa Molekul Relatif Rata-Rata Gelatin	75
Lampiran E	Gambar Spektra FTIR Gelatin	79
Lampiran F	Analisis Termal DSC/TGA	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelatin cukup terkenal di kalangan masyarakat karena keunikan sifatnya serta aplikasinya yang sangat luas dalam dunia industri, seperti industri makanan, farmasi, kosmetik, dan fotografi (Rahman, 2008). Gelatin merupakan protein konversi bersifat larut air yang diperoleh dari hidrolisis kolagen yang bersifat tidak larut air. Tulang sapi, kulit sapi, dan kulit babi adalah bahan yang biasa digunakan untuk memperoleh gelatin (Sobral, 2001).

Permintaan akan gelatin telah meningkat selama bertahun-tahun. Laporan terkini mengindikasikan produksi gelatin dunia mendekati angka 326.000 ton per tahun, dimana gelatin dari kulit babi sebesar 46%, dari kulit sapi sebesar 29,4%, dari tulang sapi sebesar 23,1%, dan dari sumber lain sebesar 1,5% (Karim, 2009). Sedangkan kebutuhan dalam negeri, Indonesia mengimpor lebih dari 6.200 ton gelatin (tahun 2003) atau senilai US$ 6.962.237 dari berbagai negara (Perancis, Jepang, India, Brazil, Jerman, Cina, Argentina, dan Australia) dengan harga jual di pasar dalam negeri mencapai Rp 60.000 hingga Rp 70.000 setiap kilogramnya (Wahyuni, 2009).

Penggunaan gelatin cukup luas dalam berbagai aplikasi, tapi terdapat beberapa kendala bagi para konsumen untuk mengonsumsi produk-produk tersebut. Kendala tersebut diantaranya ialah kepercayaan yang dianut oleh konsumen, dimana umat Hindu dilarang untuk mengonsumsi sapi, serta umat Islam dan Yahudi dilarang untuk mengonsumsi segala produk yang berasal dari babi. Selain itu, terdapat pula kekhawatiran akan kontaminasi *Bovine Spongiform Encephalopathy* (BSE) dalam gelatin sapi meski telah terdapat pernyataan dari *Scientific*

Steering Committeee of The European Union bahwa resiko tersebut mendekati nol (Schrieber, 2007).

Pemanfaatan gelatin dari mamalia masih banyak menemui kendala. Oleh karena itu, dicari alternatif untuk mengatasi kendala tersebut karena mengingat pula kebutuhan gelatin dalam negeri yang cukup besar. Kulit ikan dapat dimanfaatkan sebagai sumber gelatin alternatif dan telah banyak dilaporkan pada penelitian-penelitian terkini (Gudmundsson, 1997). Pemanfaatan kulit ikan juga sejalan dengan usaha pengurangan limbah industri pada pengolahan ikan, dimana menurut Gómez-Guillén (2002), 30% dari limbah industri pengolahan ikan berasal dari kulit dan tulang ikan.

Salah satu bahan kulit ikan yang berpotensi digunakan ialah kulit ikan pari, karena ikan pari merupakan salah satu jenis ikan tropis yang banyak dan dapat ditemukan sepanjang tahun di perairan Indonesia. Produksi ikan pari yang dijual di tempat pelelangan ikan (TPI) di seluruh Indonesia mencapai jumlah 1.434 ton pada tahun 1999 (BPS, 1999).

Pada prinsipnya proses pembuaan gelatin dibagi menjadi dua macam, yaitu proses asam dan proses basa. Proses asam yaitu proses dengan perendaman bahan baku dalam larutan asam yang akan menghasilkan gelatin tipe A, sedangkan proses basa menggunakan larutan basa untuk perendaman bahan baku dan menghasilkan gelatin tipe B. Proses basa dikenal pula sebagai proses alkali (Utama, 1997).

Proses basa kurang efektif untuk produksi gelatin, karena dalam waktu yang sama jumlah kolagen yang dihidrolisis oleh larutan basa jauh lebih sedikit daripada larutan asam. Oleh karena itu, perendaman dengan larutan basa membutuhkan waktu jauh lebih lama dibanding dengan proses asam untuk menghidrolisis kolagen (Ward, 1977).

Proses asam umumnya lebih sesuai untuk kulit ikan, seperti yang telah diungkapkan oleh Karim dan Bhat (2008). Namun, jenis larutan asam yang digunakan dapat sangat bervariasi, baik larutan asam organik maupun anorganik. Sopian (2002), telah

melakukan penelitian terhadap gelatin ikan dengan beberapa jenis larutan asam pada variasi konsentrasi dan waktu, kemudian diikuti dengan ekstraksi dalam air hangat dan pengeringan untuk memperoleh gelatin dalam bentuk kering. Hasil yang didapat adalah gelatin dengan rendemen terbanyak diperoleh melalui perendaman dalam asam fosfat. Variasi konsentrasi serta waktu terbaik yang dapat digunakan ialah konsentrasi 4% selama 12 jam. Pada penelitian tersebut belum dilakukan analisis gugus fungsi untuk membuktikan apakah benar senyawa yang diperoleh adalah gelatin atau bukan, sehingga perlu dilakukan analisis gugus fungsi dengan FTIR. Selain itu, pada penelitian tersebut belum didukung data kimia fisik sehingga dilakukan analisis berat molekul serta karakteristik termal dari senyawa yang diperoleh.

Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan digunakan variasi jenis larutan asam untuk perendaman, sehingga selain H_3PO_4 4% digunakan pula larutan asam HCl 4% dan CH_3COOH 4% dengan waktu perendaman selama 12 jam untuk diamati pengaruhnya terhadap karakteristik kimia, fisik, serta termal gelatin yang dihasilkan dari kulit ikan pari. Gelatin yang dihasilkan akan dianalisis menggunakan spektroskopi infra merah, analisis termal menggunakan alat DSC (*Differential Scanning* Calorimetry) serta TGA (*Themogravimetric Analysis*), dan massa molekul relatif rata-rata gelatin akan diukur menggunakan viskometer Ostwald.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang ingin diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik kimia, fisik, serta termal gelatin dari kulit ikan pari yang direndam dalam tiga larutan asam yang berbeda yaitu, HCl, H_3PO_4, dan CH_3COOH dengan konsentrasi masing-masing 4% selama 12 jam.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian kali ini adalah untuk mengetahui karakteristik kimia, fisik, dan termal gelatin dari kulit ikan pari yang direndam dalam tiga larutan asam yang berbeda yaitu, HCl, H_3PO_4, dan CH_3COOH dengan konsentrasi masing-masing 4% selama 12 jam.

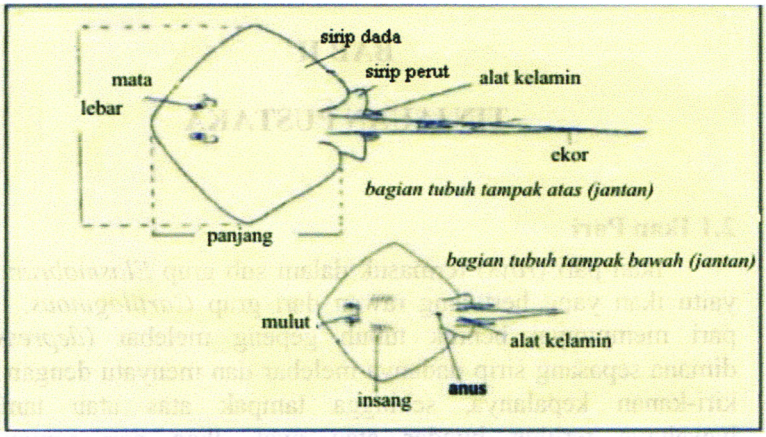
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

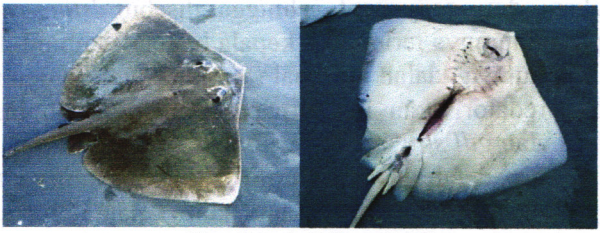
2.1 Ikan Pari

Ikan pari (*rays*) termasuk dalam sub grup *Elasmobranchii*, yaitu ikan yang bertulang rawan dari grup *Cartilaginous*. Ikan pari mempunyai bentuk tubuh gepeng melebar (*depressed*) dimana sepasang sirip dadanya melebar dan menyatu dengan sisi kiri-kanan kepalanya, sehingga tampak atas atau tampak bawahnya terlihat bundar atau oval. Ikan pari umumnya mempunyai ekor yang sangat berkembang (memanjang) menyerupai cemeti. Pada beberapa spesies, ekor ikan pari dilengkapi duri penyengat sehingga disebut *'sting-rays'*. Mata ikan pari umumnya terletak di kepala bagian samping. Posisi dan bentuk mulutnya adalah terminal (*terminal mouth*) dan umumnya bersifat predator. Ikan ini bernapas melalui celah insang (*gill openings* atau *gill slits*) yang berjumlah 5 hingga 6 pasang. Posisi celah insang adalah dekat mulut di bagian bawah (ventral). Ikan pari jantan dilengkapi sepasang alat kelamin yang disebut "*clasper*" letaknya di pangkal ekor. Ikan pari betina umumnya berbiak secara melahirkan anak (vivipar) dengan jumlah anak antara 5-6 ekor.

Ukuran ikan pari dewasa bervariasi dari ukuran yang relatif kecil, yaitu lebar 5 cm dengan panjang 10 cm (famili *Narkidae*) hingga berukuran sangat besar yaitu lebar 610 cm dengan panjang 700 cm (pari *Manta*, famili *Mobulidae*). Jumlah jenis ikan pari yang mendiami perairan di seluruh dunia belum ada informasi yang tepat. Distribusi geografis ikan pari sangat luas, yaitu di perairan tropis, subtropis dan perairan antartika yang dingin. Gambar 2.1 menyajikan ilustrasi ikan pari dengan bagian-bagiannya.



Gambar 2.1 Bentuk Ikan Pari dan Bagian-Bagiannya (Mukhtar,2008).



Gambar 2.2 Ikan Pari

Berdasar taksonomi hewan, kedudukan ikan pari dapat diksifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	:	Animalia
Phylum	:	Chordata
Class	:	Chondrichthyes
Subclass	:	Elasmobranchii
Order	:	Rajiformes
Family	:	Dasyatidae
Genus	:	Himantura
Species	:	H. gerrardi

(Froese, 2008).

2.2 Kolagen

Kolagen merupakan protein paling berlimpah dalam tubuh, yaitu menyusun hampir sepertiga total massa protein pada vertebrata (Lehninger, 1982). Bangsa vertebrata seperti mamalia, burung dan ikan, memiliki kolagen pada bagian kulit, tendon, tulang rawan dan jaringan ikat. Sedangkan pada bangsa avertebrata, kolagen terdapat pada dinding sel (Ward, 1977). Saat ini telah ditemukan 27 tipe kolagen yang berbeda, yaitu:

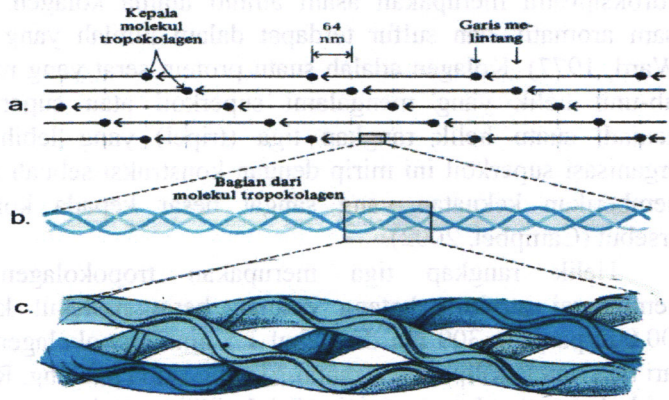
a. Tipe I : Terdapat secara luas, terutama pada jaringan ikat seperti kulit, tulang, tendon
b. Tipe II : Hampir hanya terdapat pada jaringan tulang rawan
c. Tipe III : Tipe ini sangat tergantung pada usia. Pada kulit yang sangat muda jumlahnya bisa mencapai 50%, tapi dengan berjalannya waktu akan berkurang hingga 5-10%
d. Tipe lainnya: Terdapat dalam jumlah yang sangat kecil dan kebanyakan terdapat pada organ spesifik

(Schrieber, 2007).

Molekul kolagen tersusun dari kira-kira dua puluh asam amino yang memiliki bentuk agak berbeda tergantung pada sumber bahan bakunya. Asam amino glisin, prolin dan hidroksiprolin merupakan asam amino utama kolagen. Asam-asam aromatik dan sulfur terdapat dalam jumlah yang sedikit (Ward, 1977). Kolagen adalah suatu protein serat yang memiliki sub-unit helik yang mengalami superkoil atau super lilitan menjadi suatu helik rangkap tiga (tripel) yang lebih besar. Organisasi superkoil ini mirip dengan konstruksi sebuah tali dan memberikan kekuatan yang sangat besar kepada konstruksi tersebut (Campbel, 2002).

Helik rangkap tiga merupakan tropokolagen yang mempunyai struktur batang dengan berat molekul kira-kira 300.000 panjang 300 nm dan tebal 1,5 nm. Tropokolagen terdiri dari tiga rantai polipeptida (rantai-α) yang sama panjang. Rantai-α dari kolagen tipe I umumnya terdiri dari dua rantai-α yang identik dan sebuah rantai-α yang sedikit berbeda (disebut struktur

primer). Setiap rantai-α membentuk lilitan yang berputar ke kiri dengan tiga residu tiap putaran (disebut struktur sekunder). Ketiga rantai-α kemudian saling membelit satu sama lain ke arah kanan membentuk struktur yang kaku dan menyerupai tali (disebut struktur tersier) (Scrieber, 2007). Ketiga rantai-α tersebut dihubungkan dan distabilkan oleh ikatan-ikatan hidrogen sehingga terbentuk suatu geometri tripel helik yang ideal. Ikatan hidrogen adalah ikatan yang terbentuk diantara asam amino glisin pada rantai-α pertama dengan prolin pada rantai-α kedua dan hidroksiprolin pada rantai-α ketiga. Ikatan ini merupakan ikatan antara gugus NH- dari glisin dengan CO- pada prolin dan hidroksiprolin (Miller, 1976). Tropokolagen helik ganda tiga yang saling berdekatan juga berikat silang kovalen (struktur kuartener). Ikat silang kovalen tersebut merupakan ikat silang yang khas pada kolagen, yaitu terbentuk dari residu lisin pada rantai tropokolagen. Oleh karena itu, lilitan helik ganda tiga tropokolagen dan ikatan silangnya yang lekat menyebabkan protein ini tidak dapat meregang. Semakin bertambah usia, maka semakin banyak ikatan silang kovalen yang terbentuk di antara unit-unit tropokolagen dan membuat fibril kolagen pada jaringan pengikat menjadi lebih kaku dan rapuh (Lehninger, 1982).



Gambar 2.3 Susunan Molekul Tropokolagen

Gambar 2.3 menunjukkan susunan molekul tropokolagen, dimana Gambar 2.3 (a) merupakan susunan tropokolagen memanjang sampai empat garis melintang dengan selang 64 nm. Kepala molekul tropokolagen tersusun sedemikian rupa sehingga "terdaftar" dengan selang 64 nm. Gambar 2.3 (b) ialah gambaran kerangka tropokolagen helik ganda tiga. Gambar 2.3 (c) ialah pembesaran lebih lanjut dari ketiga peptida tropokolagen yang merupakan suatu helik.

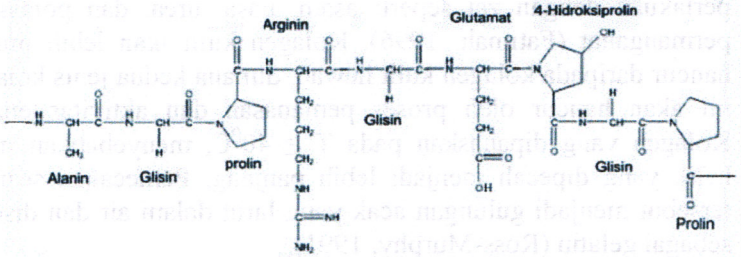
Tropokolagen akan terdenaturasi oleh pemanasan atau perlakuan dengan zat seperti asam, basa, urea, dan potassium permanganat (Fatimah, 1996). Kolagen kulit ikan lebih mudah hancur daripada kolagen kulit hewan, dimana kedua jenis kolagen ini akan hancur oleh proses pemanasan dan aktivitas enzim. Kolagen yang dipanaskan pada $T \geq 40^0C$, menyebabkan tripel helik yang dipecah menjadi lebih panjang. Pemecahan struktur tersebut menjadi gulungan acak yang larut dalam air dan disebut sebagai gelatin (Ross-Murphy, 1991).

2.3 Gelatin

Gelatin merupakan protein serat yang diperoleh dari ekstraksi kolagen dan merupakan biopolimer penting yang memiliki aplikasi luas dalam bidang industri, seperti makanan, farmasi, dan fotografi (Rahman, 2008). Menurut Ward (1997), massa molekul gelatin sekitar 90.000 gram/mol. Sedangkan menurut Pouradier (1950), massa molekul gelatin berkisar 15.000-250.000. Gelatin larut dalam air, asam asetat dan pelarut alkohol seperti gliserol, propilen glikol, sorbitol dan mantiol. Namun, gelatin tidak larut dalam alkohol, aseton, karbon tetraklorida, benzen, petroleum eter dan larutan organik lainnya (Viro, 1992). Menurut Ross-Murphy (1991), gelatin akan melarut dalam air pada temperatur $\geq 40^0C$. Suhu minimum proses ekstraksi adalah 40 -50^0C (Grossman, 1991) hingga suhu 100^0C (Viro, 1992). Selain itu, gelatin memiliki sifat dapat berubah secara reversibel dari bentuk sol ke gel, dapat membentuk film,

membengkak dalam air dingin, dan mempengaruhi viskositas bahan (Parker, 1982).

Susunan asam amino gelatin hampir mirip dengan kolagen, dimana glisin sebagai asam amino utama dan terdapat di setiap 3 residu protein. Sedangkan, asam amino yang tersisa sebagian besar adalah prolin dan hidroksiprolin (Charley, 1982). Struktur tipikal gelatin adalah – Ala – Gly – Pro – Arg – Gly – Glu - 4Hyp - Gly- Pro-. Gambar 2.4 menunjukkan susunan asam amino gelatin.

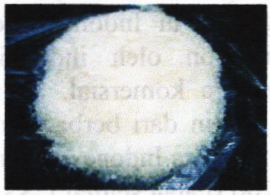


Gambar 2.4 Struktur Kimia Gelatin

Menurut Norziah (2009), tipe sumber gelatin yang berbeda memiliki jumlah asam amino prolin dan hidroksiprolin yang berbeda pula dimana mempengaruhi temperatur leleh pada gelatin. Gelatin dengan kandungan prolin dan hidroksiprolin lebih rendah, temperatur lelehnya lebih rendah (Haug, 2004). Sifat - sifat fisika kimia tersebut tergantung pada spesies dan jaringan asal ekstraksi, serta metode ekstraksi yang dipilih (Gilsenan, 2000).

Jaringan yang biasa digunakan untuk memperoleh gelatin adalah tulang sapi, kulit sapi, dan kulit babi (Sobral, 2001). Selain itu, kulit ikan dapat menjadi alternatif untuk sumber gelatin. Gelatin ikan dibedakan sifat termalnya antara spesies ikan yang hidup di air hangat dengan yang hidup di air dingin, dimana ikan air hangat memiliki sifat termal gelatin lebih baik dari pada ikan air dingin dikarenakan jumlah asam imino prolin dan hidroksiprolinnya yang lebih banyak (Ward, 1977). Selanjutnya,

berdasar metode ekstraksi yang digunakan, gelatin dibedakan menjadi tipe A dan tipe B. Bahan baku pada gelatin tipe A diberi perlakuan perendaman dalam larutan asam, sehingga proses ini dikenal dengan sebutan proses asam. Sedangkan pada gelatin tipe B, perlakuan yang diaplikasikan adalah perlakuan basa. Proses ini disebut juga dengan proses alkali (Utama, 1997). Berdasar *review* yang ditulis oleh Karim dan Rajeev Bhat (2008), proses asam lebih sesuai untuk ekstraksi gelatin ikan. Proses ini dilihat secara ekonomis memang lebih disukai, karena perendaman yang dilakukan membutuhkan waktu relatif lebih singkat dibandingkan proses basa (Sopian, 2002).



Gambar 2.5 Serbuk Gelatin

2.3.1 Perkembangan Gelatin

Gelatin pada dasarnya telah dikenal sejak manusia mulai memasak daging. Sekitar 8000 tahun yang lalu, penduduk gua pada abad pertengahan telah memproduksi lem dari jaringan hewan, dan sekitar 3000 tahun yang lalu bangsa Mesir kuno telah menggunakan lem yang berasal dari kolagen untuk merekatkan peralatan kayu mereka. Selain sebagai lem, gelatin juga digunakan sebagai sumber protein oleh bangsa Perancis di jaman perang untuk menggantikan daging yang sangat langka pada saat itu. Bidang kesehatan juga mengenal gelatin, yaitu sekitar tahun 1150 Hildegard memberikan konstribusinya pada masyarakat tentang pengonsumsian kaldu dari kaki sapi dengan cukup atau rutin sangat baik untuk penyakit pada tulang sendi. Gelatin juga sangat diperlukan dalam dunia farmasi dan fotografi modern saat ini (Schrieber, 2007).

Produksi gelatin dunia saat ini mendekati angka 326.000 ton per tahun, dimana 46%gelatin dari kulit babi, 29,4% dari kulit sapi, 23,1% dari tulang sapi, dan 1,5% dari sumber lain (Karim, 2009). Namun, gelatin dari babi tidak dapat diterima masyarakat muslim dan Yahudi. Sedangkan, gelatin dari sapi tidak dapat diterima oleh masyarakat Hindu dan terdapat pula kekhawatiran akan kontaminasi *Bovine Spongiform Encephalopathy* (BSE) dalam gelatin sapi meski telah terdapat pernyataan dari *Scientific Steering Committeee of the European Union* bahwa resiko tersebut ialah mendekati nol (Schrieber, 2007). Saat ini, gelatin ikan adalah alternatif terbaik untuk gelatin dari mamalia dan masih terus dikembangkan (Arnesen, 2006).

Kebutuhan gelatin di Indonesia terus meningkat, namun belum banyak direspon oleh industri dalam negeri untuk memproduksinya secara komersial. Sehingga, Indonesia masih harus mengimpor gelatin dari berbagai negara untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Negara Indonesia mengimpor lebih dari 6.200 ton gelatin (tahun 2003) atau senilai US$ 6.962.237 dari berbagai negara (Perancis, Jepang, India, Brazil, Jerman, Cina, Argentina, dan Australia) (Wahyuni, 2009).

2.3.2 Kandungan Gelatin

Gelatin terdiri dari kurang lebih 90% protein dan mengandung seluruh asam amino esensial yang dibutuhkan oleh tubuh kecuali triptofan. Gelatin tipe I tidak mengandung sistein. Konsentrasi asam amino glisin dan prolin pada gelatin adalah 10 hingga 20 kali lipat dari protein lain. Gelatin juga mengandung hidroksiprolin yang berasal dari konversi parsial prolin selama sintesis kolagen (Scrieber, 2007).

Komposisi asam amino berbeda-beda pada sumber gelatin yang berlainan. Tabel berikut ini menunjukkan komposisi asam-asam amino beberapa gelatin dari jenis ikan perairan dingin (cod, pollock alaska, hake) dan perairan hangat (megrim dan tilapia) yang dibandingkan dengan gelatin mamalia (babi) (Karim, 2009).

Tabel 2.1 Komposisi Asam Amino Beberapa Gelatin (Residu/1000 Residu Asam Amino Total)

Asam Amino	Kulit Cod	Kulit Pollock Alaska	Kulit Hake	Kulit Megrim	Kulit Tilapia	Kulit Babi
Ala	96	108	119	123	123	112
Arg	56	51	54	54	47	49
Asx	52	51	49	48	48	46
Cys	0	0	0	0	0	0
Glx	78	74	74	72	69	72
Gly	344	358	331	350	347	330
His	8	8	10	8	6	4
Hyl	6	6	5	5	8	6
Hyp	50	55	59	60	79	91
Ile	11	11	9	8	8	10
Leu	22	20	23	21	23	24
Lys	29	26	28	27	25	27
Met	17	16	15	13	9	4
Phe	16	12	15	14	13	14
Pro	106	95	114	115	119	132
Ser	64	63	49	41	35	35
Thr	25	25	22	20	24	18
Trp	0	0	0	0	0	0
Tyr	3	3	4	3	2	3
Val	18	18	19	18	15	26
Asam Imino	156	150	173	175	198	223

(Karim, 2009).

2.3.3 Pembuatan Gelatin

Pada prinsipnya proses produksi gelatin dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu proses asam dan proses basa. Keduanya dibedakan dari proses perendamannya. Tipe produk akhirnya ada dua, yaitu tipe A dan tipe B. Pembuatan gelatin tipe A, yaitu bahan baku diberi perlakuan perendaman dalam larutan asam. Sedangkan untuk menghasilkan gelatin B, perlakuan yang diaplikasikan adalah perendaman dalam air kapur. Proses ini disebut dengan proses alkali (Utama, 1997).

Proses produksi utama gelatin menurut Ward (1977) dibagi dalam tiga tahap. Pertama, persiapan bahan baku berupa

penghilangan komponen non kolagen dari bahan baku dengan atau tanpa pengurangan ikatan antara komponen kolagen. Kedua, konversi kolagen menjadi gelatin. Ketiga, pemurnian serta perolehan gelatin dalam bentuk kering.

Tahap persiapan dilakukan dengan pencucian kulit dari sisa-sisa daging, sisik dan lapisan luar yang mengandung lemak. Pemanasan dengan air mendidih selama 1-2 menit dilakukan untuk memudahkan penghilangan lemak (Pelu, 1998). Selanjutnya pada kulit dilakukan tahap penggembungan (*swelling*) yang berguna untuk menghilangkan kotoran-kotoran dan mengkonversi kolagen menjadi gelatin (Surono, 1994). Tahap perendaman ini dapat dilakukan menggunakan larutan asam organik seperti asam asetat, sitrat, fumarat, askorbat, malat, suksinat, tartarat dan asam lainnya yang aman. Sedangkan asam anorganik yang bisa digunakan adalah asam hidroklorat, fosfat dan sulfat. Jenis larutan alkali yang umum digunakan adalah sodium karbonat, sodium hidroksida, potasium karbonat dan potasium hidroksida (Grossman, 1991).

Menurut Ward dan Court (1977), asam mampu mengubah serat tripel helik menjadi serat tunggal, sedangkan larutan perendaman basa hanya mampu menghasilkan rantai ganda. Hal ini menyebabkan pada waktu yang sama jumlah kolagen yang dihidrolisis oleh larutan asam lebih banyak daripada larutan basa. Oleh karena itu, perendaman dalam larutan basa membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menghidrolisis kolagen. Menurut Utama (1997), tahapan ini harus dilakukan dengan tepat (waktu dan konsentrasinya) agar tidak terjadi kelarutan kolagen dalam larutan atau hilang bersama air saat dilakukan netralisasi sebelum ekstrasi, sehingga terjadi penurunan rendemen gelatin yang dihasilkan. Selanjutnya kulit diekstraksi dengan air yang dipanaskan dengan tujuan mengkonversi kolagen menjadi gelatin. Suhu minimum proses ekstraksi adalah 40 - 50^0C (Grossman, 1991) hingga suhu 100^0C (Viro, 1992). Hasil ekstraksi kemudian dimasukkan dalam lemari pendingin untuk memadatkan larutan gelatin, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40-50^0C

(Grossman, 1991) atau 60 – 70^{0}C (Pelu, 1998). Pengecilan ukuran lalu dilakukan untuk memperluas permukaan bahan sehingga gelatin yang dihasilkan menjadi lebih reaktif dan lebih mudah digunakan (Utama, 1997).

2.3.4 Penelitian Pendahuluan

Penelitian tentang gelatin ikan telah dimulai sejak tahun 1950-an, namun sebagian besar peneliti cenderung meneliti tentang gelatin dari mamalia dan baru belakangan ini studi tentang gelatin ikan menjadi lebih intensif. Peningkatan usaha penelitian ini mungkin secara langsung dikarenakan munculnya BSE atau penyakit sapi gila di Eropa sehingga usaha mengembangkan gelatin ikan sebagai altermnatif mamalia mulai dikembangkan. Gelatin ikan telah diekstraksi dengan metode-metode yang berbeda. Prosedur untuk membuat gelatin ikan umumnya menggunakan perlakuan awal dengan asam untuk bahan baku dan temperatur rendah untuk proses ekstraksi (Karim, 2009).

Gómez-Guillén dan Montero (2001) sebelumnya telah melaporkan prosedur ekstraksi gelatin yang memiliki kekuatan gel tinggi dari kulit ikan Megrim. Prosedur yang digunakan berdasar pada *pretreatment* asam untuk *swelling* kolagen, diikuti ekstraksi dalam air panas (45^{0}C). Seluruh proses membutuhkan waktu 24 jam. Sedangkan, Shuxian Hao (2009), telah melakukan penelitian dengan variasi *pretreatmen* pada kulit *Acipenser baeri* dengan larutan basa NaOH, larutan asam CH_3COOH, dan larutan basa $Ca(OH)_2$ yang dilanjutkan dengan *pretreatmen* menggunakan larutan asam (asam asetat, asam sulfur, asam sitrat). Selanjutnya, dilakukan ekstraksi dengan air distilat pada (50^{0}C). Menurut penelitian ini, faktor utama yang mempengaruhi gelatin yang dihasilkan adalah konsentrasi ion hidrogen pada tiap-tiap larutan yang digunakan.

Sopian (2002) juga melakukan penelitian terhadap kulit ikan pari dengan variasi konsentrasi beberapa larutan asam dan basa, dilanjutkan ekstraksi dalam air panas (80^{0}C). Gelatin yang

dihasikan memiliki randemen terbesar pada perlakuan dengan asam fosfat 4%.

2.3.5 Kegunaan Gelatin

Gelatin dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, baik makanan maupun non-makanan:

A. Produk Susu dan Kue Kering

Gelatin digunakan sebagai pengemulsi sistem air/ minyak dalam susu. Gelatin juga digunakan untuk menghasilkan dan menstabilkan busa dalam makanan pencuci mulut seperti yogurt dan *ice cream*, serta sebagai pengemulsi lemak pada lumuran *sandwich* rendah lemak (Schrieber, 2007).

B. Farmasi dan Obat-Obatan

Gelatin digunakan sebagai agen peningkat viskositas dan adhesi tablet berlapis gula. Selain itu, gelatin sebagai bahan cangkang kapsul untuk melindungi isi kapsul dari pengaruh cahaya, oksigen atmosfir, kontaminasi, dan pertmbuhan mikroba. Gelatin juga dapat digunakan sebagai pengganti plasma bila tubuh kehilangan darah untuk beberapa waktu hingga tubuh dapat meregenerasi dirinya sendiri atau tersedia cukup darah untuk melakukan transfusi darah (Schrieber, 2007).

C. Fotografi

Larutan gelatin yang transparan dan tidak berwarna adalah kondisi awal yang penting untuk fotografi. Gelatin bertindak sebagai agen pengikat dan juga pencegah perak halida yang sensitif terhadap cahaya dari pembekuan. Interaksi dengan halida tersebut diperlukan untuk membentuk emulsi fotografi dengan sensitivitas tinggi (Schrieber, 2007).

D. Kosmetik

Sektor dengan pertumbuhan terbesar adalah produk perawatan kulit dan rambut. Sebagian besar produk pada sektor ini secara aktif bereaksi dengan matriks kulit dan rambut untuk

memberi pengaruh positif, yaitu menjaga kesehatan serta keremajaan kulit dan rambut (Schrieber, 2007).

2.4 Analisis Gelatin

Gelatin adalah derivat protein dari serat kolagen yang ada pada kulit, tulang dan tulang rawan. Proses pembuatan yang digunakan akan mempengaruhi sifat gelatin yang dihasilkan. Oleh karena itu, dilakukan analisis terhadap gelatin yang meliputi penentuan total rendemen, massa molekul relatif, analisis FTIR, DSC dan TGA.

2.4.1 Total Rendemen dan Derajat Penggembungan

Rendemen diperoleh dari perbandingan bobot kering tepung gelatin yang dihasilkan dengan bobot bahan segar (kulit yang telah dicuci bersih). Rendemen yang semakin tinggi menunjukkan perlakuan yang semakin baik dan efisien. Perbedaan rendemen yang diperoleh dikarenakan perbedaan kemampuan tiap jenis larutan untuk mengkonversi kolagen menjadi gelatin. Konversi kolagen menjadi gelatin dipengaruhi oleh suhu, waktu pemanasan dan pH. Jenis larutan yang berbeda, dalam konsentrasi yang sama memiliki pH yang berbeda. Oleh karena itu, konsentrasi ion H^+ dalam larutan juga berbeda. Semakin banyak ion H^+ maka semakin efektif hidrolisis yang terjadi dan menghasilkan rendemen yang tinggi. Besarnya rendemen dapat diperoleh melalui metode AOAC (1995) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{bobot kering gelatin}}{\text{bobot bahan segar}} \times 100\% \qquad (2.1)$$

(Sopian, 2002).

Derajat penggembungan (DP) adalah persentasi kenaikan bobot yang ditunjukkan polimer setelah beberapa waktu perendaman. Makin banyak ruang dalam polimer yang dapat

dimasuki pelarut maka makin besar pula harga derajat penggembungan. Penentuan derajat penggembungan dapat dilakukan secara sederhana dalam pelarut yang sesuai

$$\% \text{ DP} = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100\% \qquad (2.2)$$

dimana W_i adalah bobot kulit sebelum perendaman dan W_f adalah bobot setelah perendaman (Samsudin, 2006).

2.4.2 Kadar Air

Pengamatan yang dilakukan terhadap kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air dalam gelatin. Air dapat mempengaruhi tekstur, penampakan dan daya simpan gelatin (Winarno, 1992). Menurut Glicksman (1969), air termobilisasi di dalam jaringan protein melalui ikatan-ikatan pada mlekul gelatin seperti ikatan hidrogen antar molekul polipeptida juga ikatan hidrogen yang dibentuk oleh gugus polar residu asam amino. Batas maksimum kadar air menurut standar mutu gelatin SNI adalah 16%. Kadar air yang lebih dari 16% menimbulkan resiko pembentukkan dan pertumbuhan mikroba (Scrieber, 2007). Kadar air dapat dihitung menurut metode AOAC (1995):

$$Kadar\ air = \frac{B-A}{Berat\ sampel} \times 100\% \qquad (2.3)$$

Keterangan: A = berat cawan + sampel akhir (gram)
B = berat cawan + sampel awal (gram)

2.4.3 Viskositas

Viskositas intrinsik [η] dari larutan polimer, termasuk polimer non elektrolit dan elektrolit, berkaitan dengan massa molekul rata-rata viskositas (M_v). Viskositas larutan polimer bergantung dari ukuran molekul polimernya. Untuk polimer linier pengukuran massa molekul rata-rata cukup cermat. Kesederhanaan peralatan menyebabkan pengukuran viskositas

larutan polimer merupakan suatu karakterisasi polimer yang mudah dilakukan. Untuk ketepatan yang cermat pengukuran dilakukan pada suhu tetap.

Jika viskositas larutan polimer adalah η dan viskositas pelarut murni ialah η_o, maka viskositas jenis, η_{sp}, larutan polimer diberikan oleh persamaan 2.4.

$$\eta_{sp} = \frac{\eta - \eta_o}{\eta_o} \qquad (2.4)$$

Persamaan 2.4 menggambarkan peningkatan viskositas yang disebabkan oleh polimer. Nisbah η_{sp}/c disebut viskositas tereduksi atau angka viskositas, dimana c ialah konsentrasi larutan polimer. Harga η_{sp}/c pada pelarutan tak terbatas disebut angka viskositas batas (dulu dikenal sebagai viskositas intrinsik) dan diberi lambang [η]. Secara matematika dapat diungkapkan sebagai :

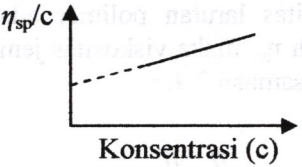
$$\lim_{c \to o} \frac{\eta_{sp}}{c} = [\eta] \qquad (2.5)$$

Karena massa jenis berbagai larutan yang dipakai dalam suatu percobaan hampir sama dengan massa jenis pelarut, maka sebagai pendekatan dapat diandaikan viskositas tiap larutan hasil pengenceran berbanding lurus dengan waktu alirnya, sehingga persamaan 2.5 menjadi :

$$\eta_{sp} = \frac{t - t_o}{t_o} \qquad (2.6)$$

t adalah waktu alir untuk larutan, sedangkan t_o adalah waktu alir untuk pelarut. Secara percobaan, diperoleh waktu alir untuk berbagai pengenceran larutan polimer, dan untuk pelarut murni.

Dengan demikian harga η_{sp} dan η_{sp}/c dapat dihitung. Selanjutnya harga η_{sp}/c diplotkan terhadap konsentrasi c seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Penentuan Angka Viskositas Batas [η]

(Cowd, 1991).

Data viskositas merupakan fungsi konsentrasi yang diekstrapolasikan untuk mendapatkan larutan encer tak hingga. Hal tersebut dinyatakan oleh Huggins dalam persamaan 2.7.

$$\eta_{sp}/c = [\eta] + k' [\eta^2] c \qquad (2.7)$$

dengan nilai k' adalah tetapan polimer pada pelarut tertentu dan suhu tertentu.

Hubungan viskositas dengan massa molekul rata-rata dinyatakan oleh persamaan Mark-Houwink Sakurada :

$$[\eta] = K . M_v^{\alpha} \qquad (2.8)$$

dimana K dan α merupakan konstanta yang bergantung pada polimer dan sistem pelarut yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan pelarut air dengan K sebesar $1{,}66 \times 10^{-5}$ dan α sebesar 0,885 pada temperatur ruang. Kedua konstanta tersebut menggunakan harga K dan α gelatin dari kulit anak sapi (Zhao, 1999).

2.4.4 Analisis FTIR

Spektroskopi inframerah adalah alat untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam molekul. Spektroskopi inframerah mengukur absorbsi melalui radiasi unsur pada daerah 4000-600 cm^{-1} (2,5 – 16 μm). Setiap ikatan dalam molekul bervibrasi menghasilkan perubahan momen dipol ikatan. Perubahan momen dipol memberikan mekanisme absorpsi radiasi. Energi vibrasi seperti radiasi yang terabsorb berada dalam daerah inframerah, dimana frekuensi dan energinya lebih rendah daripada cahaya tampak. Setiap unsur memiliki spektrum inframerahnya yang unik, sehingga senyawa organik dapat diidentifikasi dengan membadingkan spektrum inframerahnya dengan spektrum sampel yang telah diketahui. Setiap gugus fungsi yang berbeda, seperti O-H, C-H, atau C=C, menyerap dalam range atau frekuensi yang sempit, sehingga gugus fungsi dalam molekul dapat diidentifikasi melalui adanya pita serapan dalam range tertentu pada spektrum inframerah.

Frekuensi dimana pita menyerap radiasi tergantung pada massa dari atom-atom yang membentuk ikatan. Ikatan yang mengabsorb radiasi pada range frekuensi *upper end* mengandung atom ringan (hidrogen) dengan atom yang lebih besar seperti nitrogen, oksigen dan karbon. Hidrogen yang kecil bervibrasi dengan kuat dan cepat, sehingga akan terlihat energi absorbsi yang tinggi dan kuat. Sedangkan pada freuensi yang lebih rendah, terdapat vibrasi dari dua atom yang lebih besar, seperti C-N, C-O, dan C-C. Pada energi yang terendah terdapat vibrasi dari atom-atom yang lebih besar terikat pada atom yang sangat besar, seperti C-Cl, C-Br, dan C-I. Ikatan-ikatan rangkap menyerap energi radiasi yang lebih tinggi daripada ikatan tunggal, sehingga ikatan C≡C menyerap pada energi yang lebih tinggi dari ikatan C=C (Silverstain, 1967)

Sampel yang akan diidentifikasi spektrum inframerahnya, biasanya diperiksa dengan salah satu dari cara berikut ini:

1. Dalam bentuk bubur (mull)

Bubur dibuat dengan menumbuk halus-halus 2-5 mg padatan di dalam sebuah lesung batu mulia *(agate mortar)* yang halus. Penumbukan dilanjutkan lagi setelah penambahan 1 atau 2 tetes *mulling oil*. Untuk menghindarkan penghamburan pancaran yang berlabihan, maka molekul-molekul yang tersuspensi haruslah berukuran kurang dari 2μm. Bubur diperiksa sebagai sebuah film tipis yang diletakkan di antara lempeng-lempeng garam yang datar. Nujol (minyak bertitik didih tinggi) digunakan sebagai *mulling agent*.

2. Pelet KBr

Teknik ini didasarkan bahwa serbuk kering KBr dapat ditekan dalam ruang hampa menjadi pelet transparan. Cuplikan (0,5-1,0 mgr) dicampur dengan baik dengan kira-kira 100 mg serbuk kering KBr. Pencampuran dapat dilakukan dengan menumbuk di dalam lesung batu mulia, atau lebih efektif menggunakan bola giling yang bergetar, atau dengan cara liofilisasi. Campuran itu ditekan dengan suatu cetakan khusus dengan tekanan 10.000-15.000 pon per inchi persegi menjadi sebuah pelet bening. Kualitas spektrum yang dihasilkan bergantung pada *intimacy* pencampuran dan penyusutan partikel tersuspensi. Pelet berdiameter 0,5 sampai 1,5 mm dapat digunakan bersama-sama dengan lensa penghimpun berkas. Teknik pelet tersebut memungkinkan analisis sampai sekecil satu mirogram.

3. Film Endapan

Film endapan bermanfaat hanya jika material dapat diendapkan dari larutan atau dari pendinginan lelehan menjadi lapisan transparan. Lelehan film biasanya mengarah pada penghamburan sinar yang berlebihan. Teknik ini bermanfaat terutama untuk memperoleh spektrum resin dan plasik. Kecermatan sangat diperlukan agar cuplikan bebas dari pelarut,

yaitu dengan cara penerapan hampa (vacum) atau dengan pemanasan perlahan (Silverstain, 1967).

Daerah di bawah 1500 cm^{-1} biasanya kompleks dan relatif sedikit mengandung informasi tentang gugus fungsi. Daerah ini sering disebut sebagai daerah *fingerprint.*

Tabel 2.2 Beberapa Puncak Absorbsi Inframerah

Gugus fungsi		Bilangan gelombang (cm^{-1})
O-H	Alifatik dan aromatik	3600-3000
NH_2	Sekunder dan tersier	3600-3100
C-H	Aromatik	3150-3000
C-H	Alifatik	3000-2850
C≡N	Nitril	2400-2200
C≡C-	Alkuna	2260-2100
COOR	Ester	1750-1700
COOH	Asam karboksilat	1740-1670
C=O	Aldehid dan keton	1740-1660
$CONH_2$	Amida	17201640
C=C-	Alkena	1670-1610
Φ-O-R	Aromatik	1300-1180
R-O-R	alifatik	1160-1060

(Skoog, 1996)

Posisi serapan IR umumnya ditunjukkan sebagai bilangan gelombang ($\bar{\nu}$) atau panjang gelombang (λ). Bilangan gelombang mendefinisikan jumlah gelombang per satuan panjang. Oleh karena itu, bilangan gelombang sebanding dengan frekuensi seperti halnya energi pada penyerapan IR. Unit bilangan gelombang (cm^{-1}) umumnya digunakan pada instrumen IR modern. Sedangkan, panjang gelombang berbanding terbalik terhadap frekuensi dan energi. Saat ini, unit panjang gelombang yang disarankan adalah dalam μm (mikrometer). Hubungan antara bilangan gelombang dan panjang gelombang dapat ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$\bar{\nu}(cm^{-1}) = \frac{1}{\lambda\ (\mu m)} \times 10^4 \qquad (2.7)$$

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Informasi serapan IR umumnya dalam bentuk spektrum dengan panjang gelombang atau bilangan gelombang sebagai sumbu X dan intensitas serapan atau persen transmitan sebagai sumbu Y.

Lambang I_o dan I masing-masing adalah intensitas cahaya sebelum dan sesudah mengadakan interaksi dengan cuplikan Transmitan, T, adalah perbandingan I dan I_0. Absorbansi (A) adalah logaritma berbasis 10 yang berbanding terbalik dengan transmitan (T).

$$A = \log_{10} (1/T) = -\log_{10} T = -\log I / I_o \qquad (2.8)$$

Daerah IR biasanya dibagi menjadi tiga area yang lebih kecil: IR dekat, IR tengah, IR jauh.

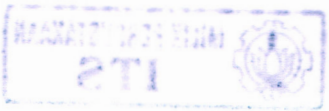
Daerah IR	IR dekat	IR tengah	IR jauh
Bilangan gelombang (cm^{-1})	13.000-4000	4000-200	200-10
Panjang gelombang (μm)	0,78-2,5	2,5-50	50-1,000

(Settle, 1997).

2.4.4.1 Komponen Spektrometer

Salah satu hasil kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti Fourier Transform Infra Red (FTIR). Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Kroschwitz, 1990). Teknik pengoperasian FTIR berbeda dengan spektrofotometer infra merah. Pada FTIR digunakan suatu interferometer Michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak di depan monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram (Bassler, 1996).

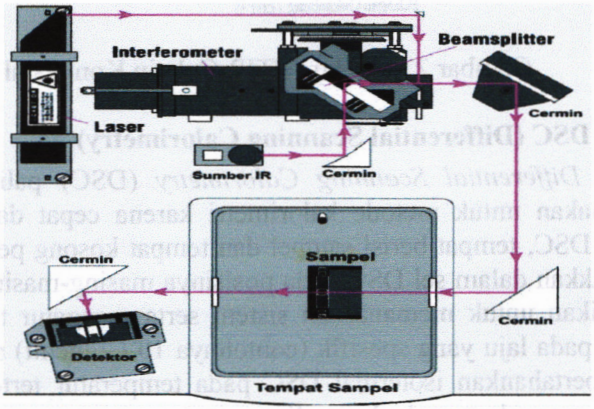
Interferogram juga memberikan informasi yang berdasarkan pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital dalam komputer dan ditransformasikan sebagai domain, tiap-tiap satuan frekuensi



dipilih dari interferogram yang lengkap *(fourier transform)*. Kemudian sinyal itu diubah menjadi spektrum IR sederhana. Spektroskopi FTIR digunakan untuk:

1. Mendeteksi sinyal lemah
2. Menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah
3. Analisis getaran

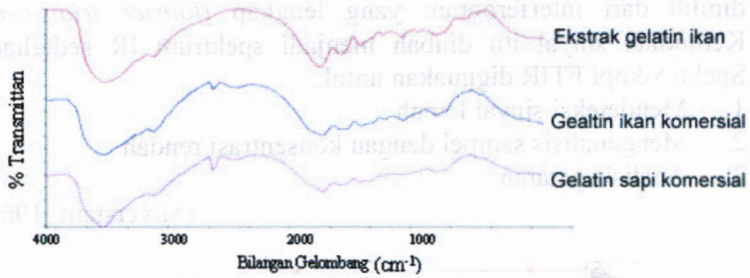
(Silverstain, 1967).



Gambar 2.7 Skema FTIR

2.4.4.2 Spektra Inframerah Gelatin

Gambar 2.8 menunjukkan spektra FTIR sampel gelatin yang diperoleh dari ikan Surimi dan dibandingkan dengan gelatin komersial dari ikan dan sapi. Sebagai protein, struktur gelatin terdiri dari karbon, hidrogen, gugus hidrokil (OH), gugus karbonil (C=O) dan gugus amina (NH). Pada semua spektra, vibrasi stretching N-H terjadi pada daerah 3500-3200 cm^{-1}, sedangkan bending N-H terjadi pada daerah 1640-1550 cm^{-1}. Stretching dan bending OH terjadi pada daerah 3600-3200 cm^{-1} and 1500-1300 cm^{-1}. Pita serapan C=O stretching juga ditemukan di antara 1670-1640 cm^{-1}. Stretching dan bending C-H terjadi pada 3000-2800 cm^{-1}, dan streching C-H aromatis di daerah 3100-3000 cm^{-1} (Norziah, 2008).

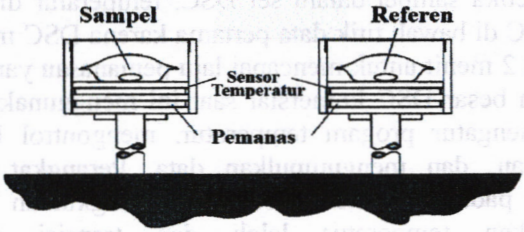


Gambar 2.8 Spektra FTIR Gelatin Komersial

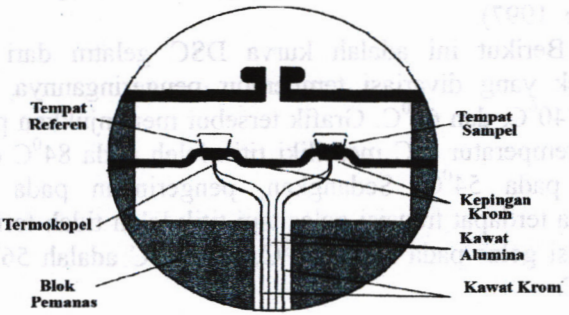
2.4.5 DSC (Differential Scanning Calorimetry)

Differential Scanning Calorimetry (DSC) paling sering digunakan untuk metode kalorimetri karena cepat dan mudah. Pada DSC, tempat berisi sampel dan tempat kosong pembanding diletakkan dalam sel DSC pada posisinya masing-masing. Energi diberikan untuk memanaskan sistem serta mengatur temperatur DSC pada laju yang spesifik (contohnya 10^0C/ menit) atau untuk mempertahankan isotermal DSC pada temperatur tertentu. Alat DSC mengukur perbedaan aliran panas antara sampel dengan pembanding.

Alat DSC diklasifikasikan sebagai *DSC power-compensated* dan DSC *heat-flux*. Pada DSC *power compensated*, temperatur sampel dan pembanding diukur dan dibandingkan seperti tampak pada Gambar 2.9. Berdasarkan perbedaan temperatur yang diamati, penambahan atau pengurangan energi diberikan pada sampel untuk mengatur temperatur sampel hingga sesuai dengan temperatur pada pembanding, dan alat akan mencatat perubahan energi ini. Sedangkan pada DSC *heat-flux*, elemen pemanas tunggal digunakan untuk memanaskan sampel dan pembanding yang diletakkan pada thermokopel seperti pada Gambar 2.10. Perbedaan temperatur kemudian diukur dan digunakan untuk menentukan aliran panas.



Gambar 2.9 DSC *Power Compensated*

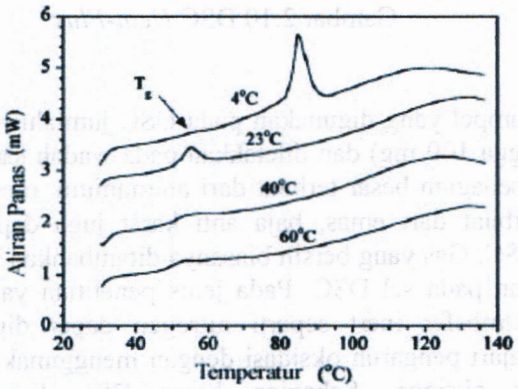


Gambar 2.10 DSC *Heat-Flux*

Sampel yang digunakan pada DSC jumlahnya cukup kecil (0,5 hingga 100 mg) dan diletakkan pada wadah sampel. Tempat sampel sebagian besar terbuat dari alumunium, meskipun wadah yang terbuat dari emas, baja anti karat juga dapat digunakan untuk DSC. Gas yang bersih biasanya ditambahkan ketika sampel diletakkan pada sel DSC. Pada jenis penelitian yang lain, studi dalam atmosfer inert seperti nitrogen dapat digunakan atau mempelajari pengaruh oksidasi dengan menggunakan udara atau atmosfer oksigen. Sebagian besar DSC komersial dapat digunakan pada temperatur rendah (sekitar -150^{0}C) dan batas atas temperaturnya mencapai 700^{0}C.

Ketika sampel dalam sel DSC, temperatur diatur menjadi 10 – 40°C di bawah titik data pertama karena DSC membutuhkan 1 hingga 2 menit untuk mencapai laju pemanasan yang seimbang. Sebagian besar DSC komersial saat ini menggunakan komputer untuk mengatur progam temperatur, mengontrol DSC selama pemanasan, dan mengumpulkan data. Perangkat lunak yang terdapat pada komputer tersebut memungkinkan DSC untuk menentukan temperatur leleh dan transisi glass, serta mengintegrasikan puncak-puncak untuk mengkur panas dari eksotermis atau endotermis yang dihasilkan pada scan DSC (Settle, 1997).

Berikut ini adalah kurva DSC gelatin dari kulit ikan pollock yang divariasi temperatur pengeringannya, yaitu 4^0C, 23^0C, 40^0C, dan 60^0C. Grafik tersebut menunjukkan pengeringan pada temperatur 4^0C memiliki titik leleh pada 84^0C dan transisi gelas pada 54^0C. Sedangkan, pengeringan pada temperatur lainnya terdapat transisi gelas tapi titik leleh tidak teridentifikasi. Transisi gelas pada 23^0C, 40^0C, dan 60^0C adalah 56^0C, $56{,}6^0$C, $55{,}9^0$C.



Gambar 2.11 Kurva DSC Gelatin Kulit Ikan Pollock

2.4.5.1 Kalor (q) dan Titik Denaturasi (T_d)

Kalor, *q*, didefinisikan sebagai energi yang dipindahkan melalui batas-batas sistem sebagai akibat langsung dari perbedaan temperatur antara sistem dan lingkungannya. Kalor adalah sebuah energi, sehingga satuan yang tepat untuk kalor adalah joule (J). Menurut perjanjian, *q* dihitung positif bila kalor masuk sistem dan negatif bila kalor ke luar dari sistem.

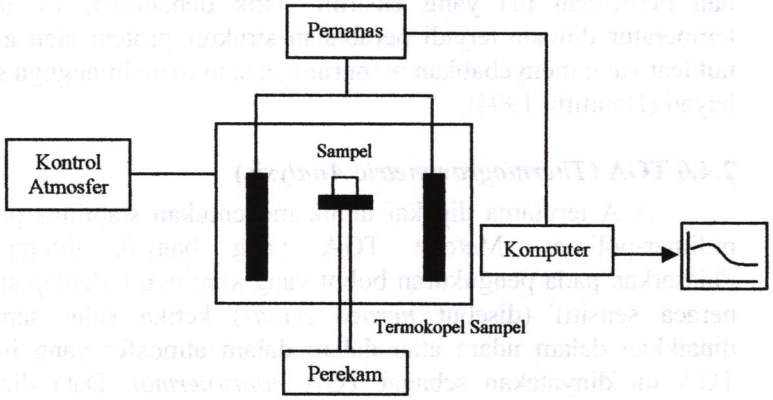
Denaturasi disebabkan oleh kalor atau panas, bahan kimia, dan perbedaan pH yang ekstrim. Titik denaturasi, T_d, ialah temperatur dimana terjadi perubahan struktur protein atau asam nukleat yang menyebabkan menurunnya atau menghilangnya sifat hayati (Daintith, 1994).

2.4.6 TGA (*Thermogravimetric Analysis*)

TGA terutama dipakai untuk menentukan stabilitas panas polimer-polimer. Metode TGA yang banyak diterapkan didasarkan pada pengukuran bobot yang kontinyu terhadap suatu neraca sensitif (disebut *neraca panas*) ketika suhu sampel dinaikkan dalam udara atau dalam dalam atmosfer yang inert. TGA ini dinyatakan sebagai TGA *nonisotermal*. Data dicatat sebagai thermogram bobot versus temperatur. Hilangnya bobot bisa timbul dari evaporasi lembab yang tersisa atau pelarut, tetapi pada suhu-suhu yang lebih tinggi terjadi dari terurainya polimer. Selain memberikan informasi mengenai stabilitas panas, TGA bisa dipakai untuk mengkarakterisasi polimer melalui hilangnya suatu entitas yang diketahui. TGA juga bermanfaat untuk penetapan bahan pemlastik dan bahan-bahan tambahan lainnya. Suatu variasi dari metode TGA adalah mencatat kehilangan bobot dengan waktu pada suhu konstan (TGA *isotermal*). TGA ini kurang umum dipakai daripada TGA nonisotermal.instrumen-instrumen TGA modern memungkinkan termogram-termogram dicatat pada kwantitas mikrogram bahan. Beberapa instrumen didesain untuk mencatat dan memproses data DSC dan TGA sekaligum dan bisa juga diadaptasi untuk analisis kromatografi

gas dan/atau spektrometri massa terhadap produk-produk degradasi yang terjadi (Steven, 2001).

Analisis thermogravimetri merupakan metode dinamik yang didasarkan pada hilangnya bobot sampel yang diukur secara kontinyu sebagai fungsi temperatur pada kecepatan tetap atau sebagai fungsi waktu. Aplikasinya untuk menentukan kemurnian sampel, mempelajari degradasi termal dan kinetika kimia (West, 1992).

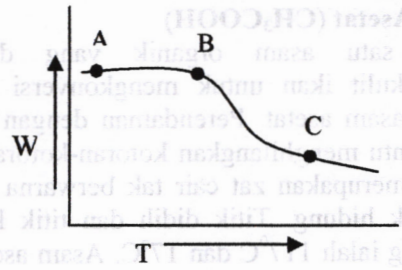


Gambar 2.12 Skema Alat TGA

Berdasar kurva thermogram, maka diperoleh:

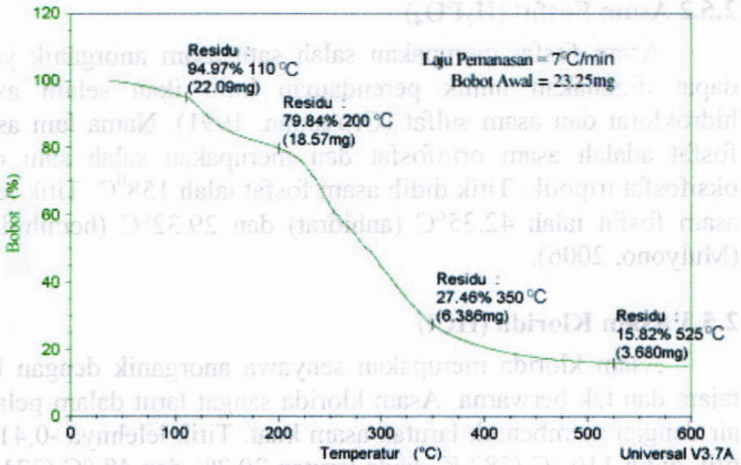
1. Tahap pertama menyatakan bobot awal (w_o – w_i) yang jumlahnya kecil, merupakan hilangnya pelarut akibat desrpsi, tapi bila terjadi pada suhu mendekati 100^0C merupakan air yang menguap.
2. Tahap berikutnya (w_i – w_2) atau (w_2 – w_3) ialah hasil dekomposisi cuplikan.

(Narkanti, 1996).



Gambar 2.13 Kurva TGA

Berikut ini adalah kurva TGA gelatin yang merupakan limbah padat dari industri farmasi. Kurva ini dapat menunjukkan dekomposisi gelatin dengan laju pemanasan 7^0C/menit dan berat awal 23,25 mg (Sampath, 2006).



Gambar 2.14 Kurva TGA Gelatin

2.5 Sifat Bahan

2.5.1 Asam Asetat (CH_3COOH)

Salah satu asam organik yang digunakan dalam perendaman kulit ikan untuk mengkonversi kolagen menjadi gelatin ialah asam asetat. Perendaman dengan asam asetat juga dapat membantu menghilangkan kotoran-kotoran pada kulit ikan Asam asetat merupakan zat cair tak berwarna dengan bau khas yang menusuk hidung. Titik didih dan titik lebur asam asetat masing-masing ialah 117^0C dan 17°C. Asam asetat murni disebut dengan asam asetat glasial. Asam asetat glasial merupakan nama trivial dari asam asetat yang tidak bercampur air. Disebut demikian karena asam asetat bebas-air membentuk kristal mirip es pada 16,7°C. Singkatan yang resmi dan paling sering digunakan bagi asam asetat adalah AcOH atau HOAc dimana Ac berarti gugus asetil, CH3−C(=O)− (Surono, 1994).

2.5.2 Asam Fosfat (H_3PO_4)

Asam fosfat merupakan salah satu asam anorganik yang dapat digunakan untuk perendaman kulit ikan selain asam hidroklorat dan asam sulfat (Grossman, 1991). Nama lain asam fosfat adalah asam ortofosfat dan merupakan salah satu dari oksifosfat tripotik. Titik didih asam fosfat ialah 158^0C. Titik leleh asam fosfat ialah 42,35°C (anhidrat) dan 29.32°C (hemihidrat) (Mulyono, 2006).

2.5.3 Asam Klorida (HCl)

Asam klorida merupakan senyawa anorganik dengan bau tajam dan tak berwarna. Asam klorida sangat larut dalam pelarut air dengan membentuk larutan asam kuat. Titik lelehnya -0,41°C, titik didih 110 °C (383 K) pada larutan 20,2% dan 48 °C (321 K) pada larutan 48%. (Mulyono, 2006).

BAB III
METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan, alat-alat gelas, *waterbath,* pemanas, termometer, kertas pH indikator universal dari Merck, kain katun (*cheesecloth*), pengaduk, pisau, gelas ukur, labu ukur, gelas beker, pipet volum, kaca arloji, cawan petri, spektrometer, *Differential Scanning Calorimetry* (DSC), *Thermogravimetric Analysis* (TGA), dan viskometer Ostwald.

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan pada penelitian kali ini adalah kulit ikan pari, HCl 4%, H_3PO_5 4%, CH_3COOH 4%, aquades, aqua DM.

3.2 Prosedur Kerja

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Ikan segar diambil kulitnya dan dibersihkan dari daging, sisik dan lapisan luar yang mengandung lemak yang masih menempel. Kulit kemudian dicuci dengan air mengalir hingga bersih. Kulit bersih dimasukkan dalam kantong plastik dan ditutup rapat, kemudian disimpan dalam lemari pendingin untuk preparasi dan analisis gelatin berikutnya.

3.2.2 Preparasi Gelatin

Kulit yang telah disimpan dalam lemari pendingin dicuci dengan air mengalir. Kulit kemudian direndam dengan air panas 60-70^{0}C selama 1-2 menit. Kulit lalu ditiriskan dan dipotong kecil-kecil kemudian dicuci dengan air mengalir. Kulit ditimbang ± 30 gram kemudian direndam dalam larutan asam, yaitu H_3PO_4 4%, HCl 4%, dan CH_3COOH 4%. Perendaman dilakukan selama 12 jam. Kulit yang telah direndam lalu ditimbang dan dicuci dengan air mengalir hingga pH menjadi netral (6-7). Kulit diekstrasi dalam *waterbath* pada suhu 60-70^{0}C selama 2 jam dengan perbandingan kulit : air = 1:2. Ekstrak disaring dengan kain katun berlapis empat untuk menghilangkan kotoran, kemudian diukur filtrat yang diperoleh. Filtrat kemudian dimasukkan dalam lemari pendingin hingga membentuk gel. Gel lalu dioven dengan suhu 60^{0}C selama 24 jam hingga terbentuk lapisan gelatin. Lapisan tipis gelatin yang diperoleh dimasukkan desikator sampai uap panasnya hilang kemudian ditimbang dan dikecilkan ukurannya untuk disimpan dalam wadah yang tertutup rapat.

3.2.3 Total Rendemen

Kulit segar yang telah disimpan dalam lemari pendingin dicuci terlebih dahulu dengan air mengalir. Kulit lalu ditiriskan dan ditimbang bobotnya (± 30 gram). Besarnya rendemen dapat diperoleh melalui membandingkan bobot lapisan tipis gelatin yang telah dihasilkan dengan bobot kulit yang telah dicuci bersih dan ditiriskan tersebut.

3.2.3 Kadar Air

Cawan dioven dengan suhu 105^{0}C selama 2 jam untuk menghasilkan cawan yang kering dan bebas air. Serbuk gelatin kemudian ditimbang ± 1 gram dan ditaruh dalam cawan yang telah dioven dan diketahui massanya. Cawan + sampel dimasukkan dalam oven lalu dipanaskan pada 105^{0}C selama 2 jam, didinginkan dalam desikator dan ditimbang berkali-kali

hingga beratnya konstan. Kadar air diperoleh dengan menggunakan metode AOAC (1995):

$$Kadar\ air = \frac{B - A}{Berat\ sampel}\ x\ 100\%$$

Keterangan: A = berat cawan + sampel akhir (gram)
B = berat cawan + sampel awal (gram)

3.2.4 Analisis FTIR

Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi-gugus fungsi khas dari gelatin yang telah dipreparasi. Sampel gelatin yang digunakan ialah serbuk gelatin yang diperoleh melalui variasi proses perendaman yaitu, perendaman dengan HCl, H_3PO_4 dan CH_3OOH 4%. Spektra FTIR diperoleh dari kepingan yang berisi 2 mg sampel dalam 100 mg kalium bromida (KBr). Sampel dibaca dari range 4000 -500 cm^{-1}.

3.2.5 Pengukuran Massa Molekul Relatif Rata-Rata Gelatin

Serbuk gelatin ditimbang sebanyak 0,03 gram dan dilarutkan dalam 10 ml pelarut air (aquades) pada suhu kamar. Larutan kemudian dimasukkan ke dalam viskometer Ostwald. Waktu alir larutan dan pelarut diukur dengan menggunakan stopwatch sebanyak lima kali. Data waktu alir digunakan untuk menghitung viskositas relatif, viskositas tereduksi dan viskositas intrinsik. Perlakuan diatas diulangi untuk variasi bobot gelatin 0,035; 0,04; 0,045; dan 0,05 gram.

3.2.6 Analisis Termal dengan DSC/TGA

Analisis termal dilakukan dengan menggunakan alat DSC/TGA untuk mengetahui karakteristik termal gelatin yang dihasilkan. Sampel sebanyak 5 -10 mg ditempatkan dalam wadah aluminium lalu ditutup. Sampel kemudian dianalisis pada range 20^0C hingga 300^0C dengan laju pemanasan 10^0C/menit.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan pada pembuatan gelatin ialah kulit ikan pari. Kulit ikan merupakan limbah industri dari pengolahan ikan yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan dasar gelatin karena mengandung kolagen yang dapat dihidrolisis secara parsial menghasilkan gelatin yang multifungsi. Ikan yang digunakan pada penelitian ini ialah ikan pari karena jumlahnya yang cukup melimpah di Indonesia, sehingga mudah dan dapat ditangkap sepanjang tahun. Selain itu, pemanfaatan kulit ikan ini juga dalam rangka mengurangi limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan ikan.

Ikan pari yang digunakan ialah ikan pari dengan jenis *Himantura gerrardi* yang bobotnya 6,8 kg, panjang tubuh 45,5 cm, serta lebar 89,5 cm. Ikan tersebut memiliki ciri tubuh berwarna coklat, berekor panjang dan dilengkapi dengan duri penyengat, serta memiliki sepasang sirip dada yang melebar dan menyatu dengan sisi kiri-kanan kepalanya.

Langkah pertama yang dilakukan ialah ikan pari tersebut diambil kulitnya dan dibersihkan dari sisa-sisa daging, sisik dan lapisan luar yang mengandung lemak yang masih menempel untuk diolah pada tahap selanjutnya. Kulit ikan kemudian dicuci dengan air mengalir hingga bersih dan dimasukkan dalam kantong plastik yang ditutup rapat untuk disimpan dalam *freezer* lemari pendingin. Penyimpanan dalam lemari pendingin ini berfungsi untuk menjaga kesegaran dan kualitas kulit sampai digunakan untuk perlakuan selanjutnya. Waktu maksimum penyimpanan ikan dalam lemari pendingin adalah kurang dari dua bulan (Yang, 2007).

4.2 Tahap Perendaman

Kulit ikan yang telah beku dan disimpan selama beberapa waktu dalam lemari pendingin, dicuci dengan air bersih pada suhu ruang terlebih dahulu hingga tidak beku saat akan digunakan. Hal ini untuk memudahkan membersihkan lemak yang mungkin masih menempel pada kulit serta memudahkan pengolahan kulit selanjutnya. Kulit tersebut ditimbang sebanyak ± 30 gram, kemudian direndam dalam air panas 60^0C selama 1-2 menit. Pemanasan bertujuan untuk memudahkan proses *degreasing* lemak (penghilangan lemak) yang masih menempel pada kulit, karena lemak akan melarut secara optimum pada titik cairnya yaitu antara 32 – 80°C. Kulit lalu ditimbang dan dibersihkan kembali dengan air mengalir. Penelitian ini, kulit ditimbang sebanyak tiga kali. Hasil penimbangan masing-masing kulit tersebut ialah 28,7528 gram, 28,9854 gram, dan 28,5999 gram.

Kulit kemudian dipotong kecil-kecil dan direndam dalam larutan asam. Pemotongan berguna untuk memperluas permukaan kulit sehingga dapat mengoptimalkan interaksi molekul-molekul kolagen dengan larutan pada saat perendaman maupun ekstraksi. Penelitian ini, variasi jenis larutan asam dilakukan untuk mengetahui pengaruh larutan asam terhadap karakteristik kimia, fisik, serta termal gelatin yang dihasilkan dari kulit ikan pari.

Larutan asam yang digunakan untuk perendaman ialah larutan asam CH_3COOH, HCl dan H_3PO_4 dengan konsentrasi dan waktu perendaman yang sama, yaitu 4% selama 12 jam. Larutan asam 4% dibuat dengan cara pengenceran. Larutan CH_3COOH 4% dibuat dari mengencerkan 40 ml asam asetat glasial dalam 1000 ml air. Sedangkan larutan asam HCl 4% dibuat dari mengencerkan 108,11 ml HCl 37% dalam 1000 ml air, dan larutan asam H_3PO_4 4% dibuat dari mengencerkan 47,06 ml H_3PO_4 85% dalam 1000 ml air.

Jenis larutan yang berbeda dalam konsentrasi yang sama akan memiliki pH yang berbeda, sehingga konsentrasi ion H^+ di dalam larutan menjadi berbeda. Hal ini dikarenakan kemampuan

ionisasi asam yang berbeda-beda. Semakin banyak ion H^+ maka hidrolisis akan semakin efektif sehingga rendemen yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Asam asetat dan asam klorida merupakan asam monoprotik yang berarti hanya dapat melepaskan sebuah proton (H^+) per molekul di dalam larutannya. Asam asetat merupakan asam lemah, karena ia tak berdisosiasi secara sempurna menjadi komponen ion-ionnya saat dilarutkan dalam air. Konstanta disosiasi (K_a) asam asetat pada 25^0C ialah $1{,}8 \times 10^{-5}$.

$$CH_3COOH_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

Sedangkan reaksi hidrolisis untuk asam klorida ialah:

$$HCl_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

Asam klorida merupakan asam kuat karena ia berdisosiasi penuh dalam air. Harga konstanta disosiasi untuk HCl adalah 1×10^7. Selanjutnya adalah asam fosfat, jenis larutan perendaman yang terakhir dan merupakan asam tripotik, yaitu memiliki tiga atom hidrogen yang dapat terionisasi. Asam fosfat bukanlah asam kuat. Hal ini diindikasikan oleh harga konstanta disosiasi pertama yang dimiliki asam fosfat, yaitu lebih kuat dari CH_3COOH tetapi lebih lemah dari HCl. Setiap urutan langkah disosiasi terjadi dengan penurunan harga konstanta disosiasi. Oleh karena itu, ion $H_2PO_4^-$ adalah asam lemah dan HPO_4^{2-} adalah asam yang sangat lemah.

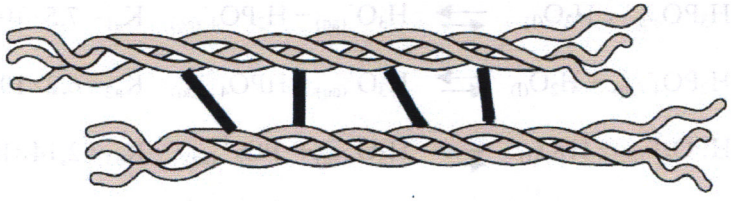
$$H_3PO_{4(s)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)} \quad K_{a1} = 7{,}5\times10^{-3}$$

$$H_2PO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)} \quad K_{a2} = 6{,}2\times10^{-8}$$

$$HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)} \quad K_{a3} = 2{,}14\times10^{-13}$$

Perendaman dengan ketiga jenis lautan asam tersebut, masing-masing menggunakan perbandingan antara bobot kulit ikan dengan larutan asam sebesar 1:6. Sedangkan waktu perendaman selama 12 jam dilakukan karena menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Sopian (2002), rendemen gelatin dengan perendaman 12 jam akan lebih banyak daripada perendaman selama 24 jam. Hal ini disebabkan oleh terjadinya degradasi lanjutan pada perendaman gelatin selama 24 jam.

Proses perendaman bertujuan untuk mengkonversi kolagen menjadi bentuk yang sesuai untuk ektraksi, yaitu dengan adanya interaksi ion H^+ dari larutan asam dengan kolagen. Sebagian ikatan hidrogen dalam tropokolagen serta ikatan-ikatan silang yang menghubungkan tropokolagen satu dengan tropokolagen lainnya dihidrolisis menghasilkan rantai-rantai tropokolagen yang mulai kehilangan struktur tripel heliknya (Gambar 4.1). Pada larutan asam dapat dimungkikan telah terjadi konversi kolagen menjadi gelatin, yaitu tripel helik telah benar-benar kehilangan struktur aslinya menjadi rantai-rantai α. Jika hal ini terjadi, gelatin akan larut dalam larutan asam yang dapat mempengaruhi hasil akhir rendemen gelatin. Proses perendaman juga mengakibatkan terjadinya penggembungan (*swelling*) yang dapat membuang material-material yang tidak diinginkan, seperti lemak dan protein non-kolagen pada kulit dengan kehilangan kolagen yang minimum (Zhou, 2005). Saat jaringan yang mengandung kolagen diperlakukan secara asam dan diikuti dengan pemanasan dalam air, maka struktur fibril kolagen akan dipecah secara *irreversible*.



Gambar 4.1 Ikat Silang pada Kolagen

Protein kolagen mengalami perubahan berupa pembengkakan (*swelling*), karena adanya interaksi antara fibril kolagen dengan larutan asam. Interaksi tersebut ditunjukkan dengan presentase kenaikan bobot pada kulit setelah beberapa kurun waktu perendaman. Besarnya derajat penggembungan menunjukkan bahwa makin banyak ruang dalam fibril kolagen yang dapat dimasuki larutan. *Swelling* berlebihan akan menyebabkan komponen kolagen mengalami degradasi lanjutan, yaitu terjadinya pemutusan rantai-rantai tropokolagen menjadi rantai peptida dan asam-asam amino penyusunnya sehingga digolongkan gelatin kualitas rendah. Kategori gelatin kualitas baik ialah bila diperoleh dari degradasi struktur tripel helik protein kolagen kulit menjadi campuran polipetida yang bersifat mudah larut dalam air, dan bila suhu didinginkan akan membentuk gelatin (Kurnianingsih, 2004).

Penelitian ini, *swelling* menyebabkan perubahan bobot kulit ikan sebelum dan setelah mengalami perendaman. Perubahan jumlah bobot ditunjukkan dalam persen derajat penggembungan (DP), seperti tampak pada Tabel 4.1. Derajat penggembungan diperoleh melalui perbandingan antara bobot kulit sebelum (W_i) dan setelah perendaman (W_f) (Samsudin, 2006).

Tabel 4.1 Perubahan Bobot Kulit Ikan Pari Sebelum dan Sesudah Perendaman dalam Larutan Asam

Larutan Asam	Bobot kulit awal (gram)	Bobot kulit akhir (gram)	DP (%)
HCl 4%	28,5999	171,5994	500
CH_3COOH 4%	28,7528	172, 5168	500
H_3PO_5 4%	28,9854	173,9854	500,25

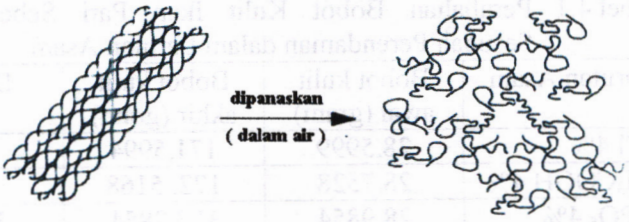
Perubahan bobot yang terjadi hampir sama satu dengan yang lainnya, tetapi perubahan paling besar ialah pada larutan H_3PO_4 4%, yaitu terjadi perubahan bobot sebanyak 500,25 %, sedangkan HCl dan CH_3COOH penambahan bobot maing-masing

ialah 500 %. Hal ini menunjukkan interaksi asam fosfat dengan fibril kolagen adalah yang paling besar dibandingkan HCl dan CH_3COOH.

4.3 Proses Konversi Kolagen Menjadi Gelatin

Kulit ikan yang telah direndam tersebut dicuci dengan air mengalir hingga mencapai pH netral (6-7), karena umumnya pH tersebut merupakan titik isoelektrik dari komponen-komponen protein non-kolagen pada kulit sehingga mudah terkoagulasi dan dihilangkan (Hinterwaldner, 1977). Titik isoelektrik ialah pH pada saat peptida tidak bergerak dalam medan listrik (Lehninger, 1982), sehingga pada saat ekstraksi komponen non-kolagen tersebut tidak ikut terekstrak dalam air.

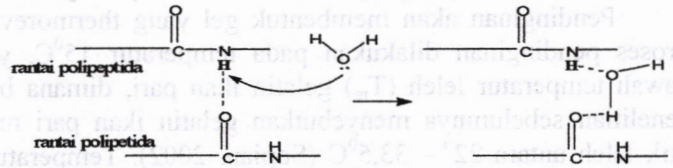
Ekstraksi dilakukan pada suhu 60^0C dalam sistem *water bath*, dimana pebandingan kulit dengan air adalah 1:2. Pemanasan perlu dilakukan karena gelatin umumnya akan melarut dalam air hangat ($T \geq 40^0$C) (Ross-Murphy, 1991). Ekstraksi dengan air hangat akan melanjutkan perusakan ikatan-ikatan silang, serta untuk merusak ikatan hidrogen yang menjadi faktor penstabil struktur kolagen. Selama ekstraksi struktur tripel helik terdenaturasi menjadi rantai-rantai tunggal yang dapat larut air, atau polimer-polimer kecil atau fragmen (Karim, 2008).



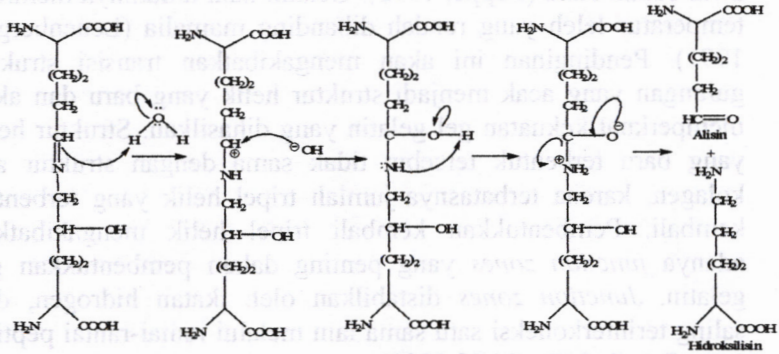
Gambar 4.2 Transisi Rantai Helik –Gulungan pada Kolagen

Ikatan-ikatan hidrogen yang dirusak dan ikatan-ikatan kovalen yang dipecah akan mendestabilkan tripel helik melalui transisi helik-ke-gulungan dan menghasilkan konversi gelatin

yang larut air (Djabourov, 1993). Tropokolagen yang diekstraksi mengalami reaksi hidrolisis yang sama dengan reaksi hidrolisis tropokolagen yang terjadi saat perendaman dalam larutan asam. Reaksi hidrolisis tersebut diilustrasikan pada Gambar 4.3 dan 4.5, dimana ikatan hidrogen dan ikatan silang kovalen rantai-rantai tropokolagen diputus sehingga menghasilkan tropokolagen tripel helik yang berubah menjadi rantai-rantai α dapat larut dalam air atau disebut gelatin.



Gambar 4.3 Reaksi Pemutusan Ikatan Hidrogen Tropokolagen

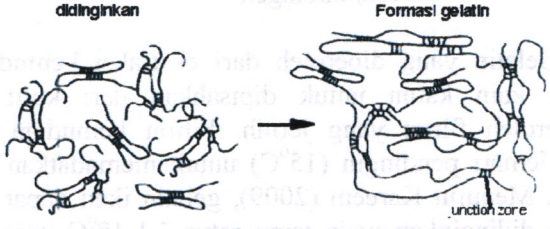


Gambar 4.4 Reaksi Hidrolisis Ikatan Silang Kovalen Tropokolagen

Gelatin yang diperoleh dari ekstraksi kemudian disaring dengan kain katun untuk dipisahkan dari kulit dan untuk memperoleh filtrat yang jernih. Filtrat kemudian didinginkan dalam lemari pendingin (15^0C) untuk memadatkan struktur gel gelatin. Menurut Kareem (2009), gelatin ikan dapat menjadi gel apabila didinginkan pada temperatur 7,1-18^0C, tergantung pada

jenis ikan yang digunakan. Struktur gel yang padat akan memperkuat ikatan pada struktur gelatin sehingga diperoleh gelatin dengan kekuatan gel yang lebih baik. Masing-masing perlakuan perendaman dengan HCl, CH_3COOH, dan H_3PO_4 menghasilkan filtrat gelatin sebanyak 45, 60, dan 52 ml. Perbedaan filtrat gelatin yang diperoleh dapat dipengaruhi oleh penyerapan air dalam kulit atau kekurangtepatan penyaringan yang dilakukan, dimungkinkan masih terdapat filtrat yang terserap dalam kain yang digunakan untuk menyaring.

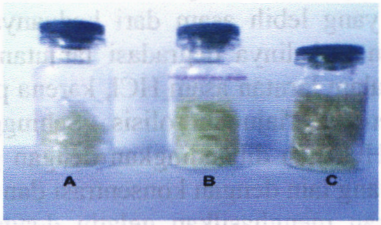
Pendinginan akan membentuk gel yang thermoreversibel. Proses pendinginan dilakukan pada temperatur 15^0C, yaitu di bawah temperatur leleh (T_m) gelatin ikan pari, dimana berdasar penelitian sebelumnya menyebutkan gelatin ikan pari memiliki titik leleh antara $22^0 - 33{,}5^0$C (Sopian, 2002). Temperatur leleh gelatin berbeda-beda tergantung pada kekuatan gel dan perlakuan awal bahan baku (Poppe, 1992). Gelatin ikan umumnya memiliki temperatur leleh yang rendah dibanding mamalia (Leuenberger, 1991). Pendinginan ini akan mengakibatkan transisi struktur gulungan yang acak menjadi struktur helik yang baru dan akan memperkuat kekuatan gel gelatin yang dihasilkan. Struktur helik yang baru terbentuk tersebut tidak sama dengan struktur asli kolagen, karena terbatasnya jumlah tripel helik yang terbentuk kembali. Pembentukkan kembali tripel helik mengakibatkan adanya *junction zones* yang penting dalam pembentukkan gel gelatin. *Junction zones* distabilkan oleh ikatan hidrogen, dan saling terinterkoneksi satu sama lain melalui rantai-rantai peptida yang fleksibel (De Wolf, 2003).



Gambar 4.5 *Junction Zones* pada Gelatin

Gambar 4.5 menunjukkan struktur gulungan gelatin saat didinginkan dan terbentuk formasi gelatin dengan adanya *junction zone*. Gelatin yang telah didinginkan tersebut kemudian dioven pada suhu 60^0C selama 24 jam untuk mengeringkan dan membentuk lapisan tipis gelatin. Pengeringan tersebut akan mengurangi kandungan air dalam gelatin sehingga diperoleh lapisan tipis gelatin yang kering, transparan dan kaku. Selama pengeringan, *junction zone* akan membentuk struktur gulungan kembali. Lapisan tipis tersebut kemudian dimasukkan desikator selama beberapa saat hingga uap panasnya hilang, kemudian ditimbang untuk dihitung total rendemenya.

Gelatin kering kemudian dikecilkan luas permukaannya menjadi serbuk gelatin untuk pemanfaatan dan analisis lebih lanjut. Serbuk gelatin yang dihasilkan tidak berbau dan memiliki warna yang agak berbeda. Gelatin GC memiliki warna putih, sedangkan GA dan GP memiliki warna yang lebih kekuningan.



Gambar 4.6 Gelatin dengan perendaman dalam (a) HCl 4% (GC), (b) CH_3COOH 4% (GA), (c) H_3PO_4 4% (GP)

Penelitian ini, rendemen serbuk gelatin yang diperoleh ialah 5,27% untuk GC, 5,48 % untuk GA, dan 8,4 % untuk GP. Perbedaan jumlah rendemen ini dapat dipengaruhi oleh jenis asam yang digunakan, dimana konsentrasi ion H^+ yang semakin banyak akan meningkatkan jumlah rendemen yang diperoleh. Oleh karena itu, tahapan perendaman harus dilakukan dengan tepat (waktu dan konsentrasinya), agar tidak terjadi kelarutan kolagen dalam larutan dan menyebabkan penurunan rendemen yang dihasilkan (Utama, 1997). Nilai rendemen dapat menjadi

indikator untuk mengetahui efektif tidaknya metode yang diterapkan pada suatu penelitian, khususnya tentang optimalitasnya dalam menghasilkan suatu produk. Semakin tinggi nilai rendemen berarti perlakuan yang diterapkan pada penelitian tersebut semakin efektif.

Asam fosfat adalah asam tripotik dimana jika dibandingkan dengan kedua asam monoprotik berikut akan memiliki tingkat keasaman yang lebih tinggi dibandingkan CH_3COOH dan kurang asam jika dibandingkan dengan HCl. Menurut Poppe (1992), pemecahan tripel helik akan semakin besar jika laju hidrolisis semakin cepat, sehingga proses transformasi kolagen menjadi gelatin akan semakin banyak. Laju hidrolisis ini dipengaruhi oleh konsentrasi ion H^+, yaitu laju hidrolisis semakin cepat dengan adanya peningkatan konsentrasi ion H^+ atau penurunan pH.

Asam klorida merupakan asam kuat, dimana dengan konsentrasi yang sama dengan H_3PO_4 dan CH_3COOH akan memiliki pH yang lebih asam dari keduanya. Hal inilah yang memungkinkan terjadinya degradasi lanjutan pada gelatin saat perendaman dalam larutan asam HCl, karena pH yang lebih asam dapat mempercepat laju hidrolisis. Sehingga, gelatin dalam larutan asam HCl jika dibandingkan dengan gelatin pada kedua larutan asam yang lain dengan konsentrasi dan waktu perendaman yang sama akan menghasilkan gelatin dengan rendemen yang lebih sedikit.

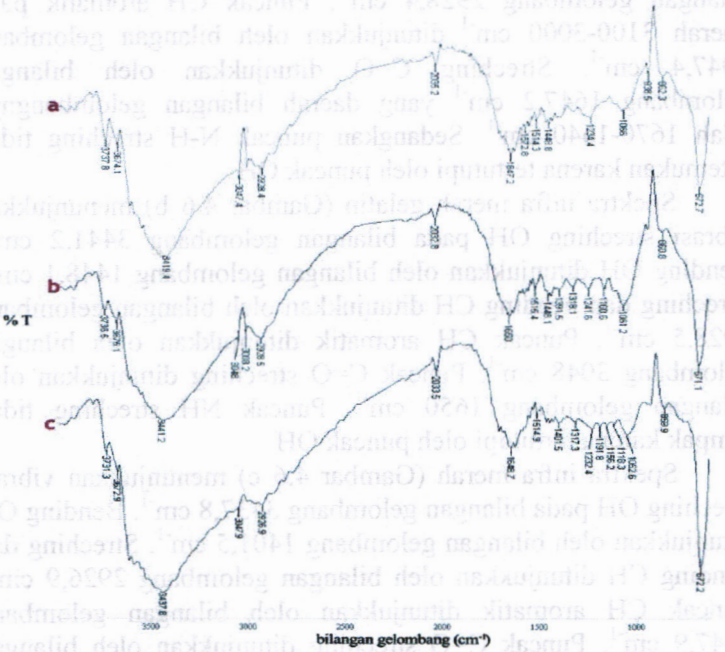
Serbuk gelatin kemudian dioven selama 2 jam pada temperatur 105^0C untuk dihitung kadar airnya. Temperatur tersebut digunakan untuk menguapkan kandungan air pada gelatin. Kadar air yang diperoleh untuk gelatin GC, GA, dan GP masing-masing adalah 14,25%, 14,35%, dan 14,16%. Menurut batas standar mutu gelatin SNI, kadar air maksimum gelatin yang diperbolehkan adalah 16%. Berdasar data total rendemen dan kadar air, maka gelatin serbuk terbaik adalah gelatin yang diperoleh melalui proses perendaman dalam larutan asam fosfat

4% selama 12 jam karena memiliki total rendemen terbesar dengan kadar air yang paling sedikit.

4.4 Analisis FTIR

Analisis FTIR berguna untuk membuktikan apakah senyawa yang diperoleh dari penelitian ini adalah gelatin. Penelitian ini dimulai dengan preparasi sampel gelatin. Gelatin yang diperoleh dikecilkan terlebih dahulu permukaannya hingga menjadi bentuk bubuk, agar dapat dianalisis dengan alat FTIR.

Hasil yang diperoleh dari analisis infra merah gelatin adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 Spektra Infra Merah Gelatin pada (a) GC, (b) GA, dan (c) GP

Gelatin seperti umumnya protein memilki struktur yang terdiri dari karbon, hidrogen, gugus hiroksil (OH), gugus karbonil (C=O), dan gugus amina (NH). Spektra infra merah (Gambar 4.7 a) diatas menunjukkan adanya vibrasi stretching gugus fungsi OH pada bilangan gelombang sekitar 3100-3500 cm^{-1}. Bilangan gelombang 1448,8 menunjukkan adanya bending OH yang terdapat pada daerah 1500-1300 cm^{-1}. Adanya gugus OH dmungkinkan karena masih adanya senyawa OH dari air yang digunakan untuk mengekstraksi gelatin. Bending dan streching CH ditunjukkan pada daerah 3000-2800 cm^{-1} ditunjukkan oleh bilangan gelombang 2928,4 cm^{-1}. Puncak CH aromatik pada daerah 3100-3000 cm^{-1} ditunjukkan oleh bilangan gelombang 3047,4 cm^{-1}. Streching C=O ditunjukkan oleh bilangan gelombang 1647,2 cm^{-1} yang daerah bilangan gelombangnya ialah 1670-1640 cm^{-1}. Sedangkan puncak N-H streching tidak ditemukan karena tertutupi oleh puncak OH.

Spektra infra merah gelatin (Gambar 4.6 b) menunjukkan vibrasi streching OH pada bilangan gelombang 3441,2 cm^{-1}. Bending OH ditunjukkan oleh bilangan gelombang 1448,1 cm^{-1}. Streching dan bending CH ditunjukkan oleh bilangan gelombang 2928,5 cm^{-1}. Puncak CH aromatik ditunjukkan oleh bilangan gelombang 3048 cm^{-1}. Puncak C=O streching ditunjukkan oleh bilangan gelombang 1650 cm^{-1}. Puncak NH streching tidak tampak karena tertutupi oleh puncak OH.

Spektra infra merah (Gambar 4.6 c) menunjukkan vibrasi streching OH pada bilangan gelombang 3437,8 cm^{-1}. Bending OH ditunjukkan oleh bilangan gelombang 1401,5 cm^{-1}. Streching dan bending CH ditunjukkan oleh bilangan gelombang 2926,9 cm^{-1}. Puncak CH aromatik ditunjukkan oleh bilangan gelombang 3047,9 cm^{-1}. Puncak C=O streching ditunjukkan oleh bilangan gelombang 1648,7 cm^{-1}. Puncak NH streching tidak tampak karena tertutupi oleh puncak OH.

Gugus fungsi-gugus fungsi O-H, C-H, C=O, N-H dan C-H aromatis merupakan spektra yang terdapat pada gelatin ikan dan

sapi komersial (Norziah, 2008). Spektra senyawa yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan gugus fungsi-gugus fungsi yang sama dengan kedua gelatin komersial tersebut. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa senyawa yang diperoleh dari penelitian ini adalah gelatin.

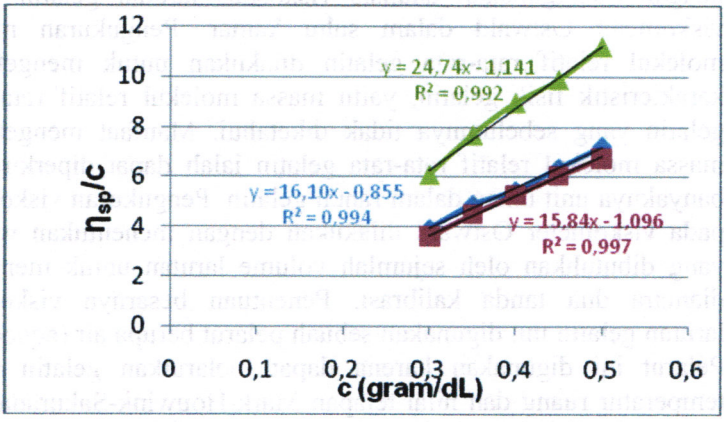
Menurut Prystupa dan Donald (1996), puncak serapan pada bilangan gelombang 1645–1657 cm^{-1} menunjukkan adanya gulungan acak rantai-α. Hal ini menunjukkan tripel helik yang telah terkonversi menjadi struktur rantai-α atau disebut gelatin. Intensitas puncak terbesar dari ketiga jenis gelatin pada daerah tersebut ditunjukkan oleh gelatin GP. Gelatin GP menunjukkan adanya konversi kolagen menjadi gelatin yang lebih banyak dibanding kedua gelatin lainnya, GC dan GA. Oleh karena itu, gelatin terbaik yang diperoleh dari penelitian ini jika dilihat melalui data FTIR adalah gelatin GP.

4.5 Pengukuran Massa Molekul Relatif Rata-Rata Gelatin

Massa molekul relatif rata-rata gelatin dapat ditentukan dengan menggunakan analisis viskositas larutan gelatin pada viskometer Ostwald dalam suhu kamar. Pengukuran massa molekul relatif rata-rata gelatin dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik gelatin, yaitu massa molekul relatif rata-rata gelatin yang sebelumnya tidak diketahui. Manfaat mengetahui massa molekul relatif rata-rata gelatin ialah dapat diperkirakan banyaknya unit ulang dalam rantai gelatin. Pengukuran viskositas pada viskometer Ostwald dilakukan dengan menentukan waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah volume larutan untuk mengalir diantara dua tanda kalibrasi. Penentuan besarnya viskositas larutan gelatin ini, digunakan sebuah pelarut berupa air (aquades). Pelarut ini digunakan karena dapat melarutkan gelatin pada temperatur ruang dan nilai tetapan Mark-Houwink-Sakurada-nya (K dan α) telah diketahui sesuai dengan *handbook* data polimer. Konsentrasi larutan gelatin dibuat bervariasi yaitu 0,03; 0,035; 0,04; 0,045; dan 0,05 gram. Waktu alir larutan gelatin dalam viskometer diukur dan diperoleh bahwa waktu alir semakin

lambat dengan meningkatnya konsentrasi gelatin dalam larutan. Hal ini dapat terjadi karena adanya peningkatan konsentrasi gelatin dalam larutan maka molekul-molekul gelatin yang bergesekan akan semakin banyak pula sehingga viskositas larutan meningkat dan waktu alirnya semakin lambat.

Waktu alir larutan gelatin dibandingkan terhadap waktu alir pelarut untuk mendapatkan nilai viskositas spesifik (η_{sp}). Nilai viskositas tereduksi (η_{sp}/c) dialurkan terhadap konsentrasi (c) untuk memperoleh nilai viskositas intrinsik, [η], yang merupakan intersep grafik. Massa molekul relatif rata-rata viskositas gelatin ditentukan dari viskositas intrinsik menggunakan persamaan Mark-Houwink-Sakurada (persamaan 2.8), dimana K sebesar 1,66. 10^{-5} dan α sebesar 0,885 untuk polimer gelatin dalam pelarut air pada temperatur ruang. Konstanta K dan α yang digunakan ialah dari konstanta gelatin pada kulit anak sapi. Hal ini dilkukan karena harga K dan α gelatin dari kulit ikan tidak ditemukan.



Gambar 4.8 Grafik η_{sp} / c Vs c (■=GC, ■=GA, ■=GP)

(Chiou, 2009). Sifat amorf ini ditandai dengan kurva penurunan massa pada gelatin yang cukup landai.

Peningkatan temperatur terus-menerus di atas temperatur leleh akan menyebabkan denaturasi gelatin. Temperatur denaturasi gelatin dihubungkan dengan perubahan struktur yang terjadi pada gelatin. Kurva menunjukkan titik denaturasi pertama dan kedua pada gelatin. Titik-titik tersebut dikatakan sebagai titik denaturasi karena keduanya memiliki puncak eksoterm dan berada di atas titik leleh gelatin, dimana berdasar penelitian sebelumnya gelatin kulit ikan pari memiliki titik leleh berkisar antara 22^0- $33,5^0$C.

Berdasar kurva yang diperoleh, gelatin dengan perendaman dalam larutan HCl 4% (Gambar 4.9) memiliki puncak eksotermis denaturasi pada $44,83^0$C dan $187,93^0$C yang dihubungkan dengan panas (q) dengan yang dilepaskan sampel. Aliran panas (W/g) setara dengan perubahan entalpi (J/s) yang diterima atau dilepas oleh sampel (gelatin). Aliran panas pada gelatin GC adalah sebesar 0,6 W/g dan 0,61 W/g. Pada perendaman dalam larutan asam CH_3COOH 4% (Gambar 4.10), gelatin menunjukkan puncak eksotermis denaturasi pada $48,39^0$C dan $188,33^0$C yang dihubungkan dengan aliran panas (q) dengan yang dilepaskan sampel sebesar 0,77 W/g dan 0,76 W/g. Sedangkan, gelatin dari larutan perendaman asam H_3PO_4 4% menunjukkan puncak eksotermis denaturasi pada $48,33^0$C dan $188,71^0$C yang dihubungkan dengan aliran panas (q) yang dilepaskan sampel sebesar 0,5 W/g dan 0,44 W/g. Temperatur denaturasi dari ketiga gelatin menunjukkan bahwa gelatin GC adalah gelatin yang paling labil terhadap pemanasan, sedangkan gelatin GA dan GP lebih stabil terhadap pemanasan dengan temperatur denaturasi yang hampir sama. Hal ini dapat dikarenakan gelatin GP dan GA yang terekstrak lebih banyak daripada gelatin GC seperti yang ditunjukkan pada lebar puncak serapan FTIR (Gambar 4.7). Sehingga, gelatin GP dan GA keduanya terdenaturasi pada temperatur yang lebih tinggi.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Perkiraan massa molekul relatif rata-rata gelatin yang diperoleh dalam penelitian ini sebesar 210.927 gram/ mol pada GC, 279.248 gram/ mol pada GA, dan 292.238 gram/ mol pada GP. Hasil tersebut menunjukkan perkiraan massa molekul relatif gelatin yang berbeda-beda dengan massa molekul relatif terbesar terdapat pada perendaman dengan H_3PO_4 4%. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan perlakuan perendaman pada bahan baku berupa kulit ikan, di mana saat perendaman kolagen terdapat laju hidrolisis yang berbeda sehingga terjadi kelarutan gelatin yang berbeda dalam larutan asam yang mempengaruhi massa molekul relatif rata-rata gelatin. Data perkiraan massa molekul relatif rata-rata yang diperoleh ternyata tidak jauh berbeda dengan gelatin dari penelitian sebelumnya, yang menyatakan bahwa massa molekul gelatin sekitar 90.000 gram/mol (Ward,1977) atau sekitar 15.000-250.000 (Pouradier, 1950). Data perkiraan massa molekul gelatin yang diperoleh pada penelitian ini sifatnya hanya sebagai data pembanding terhadap massa gelatin dari penelitian sebelumnya, karena harga K dan α yang digunakan bukanlah harga untuk gelatin ikan.

4.6 Analisis Termal Gelatin

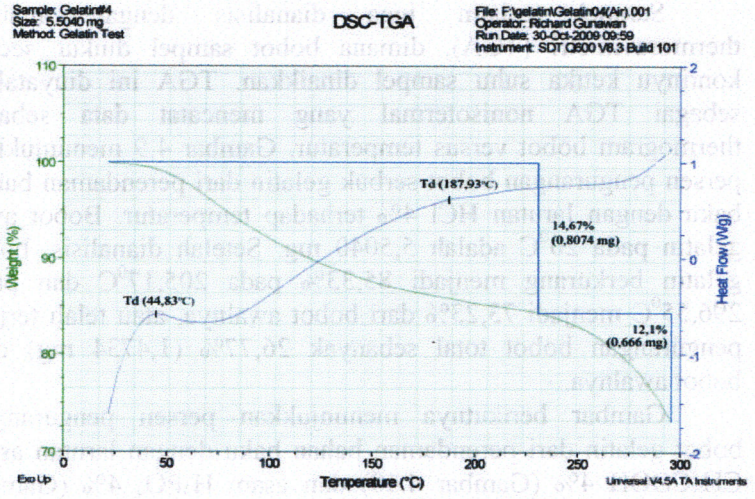
Analisis termal DSC digunakan untuk mengetahui fase-fase transisi pada polimer. Analisis ini menggunakan dua wadah sampel dan pembanding yang identik dan umumnya terbuat dari alumunium. Sampel yang digunakan berupa serbuk gelatin sebanyak ± 5 miligram yang diletakkan pada wadah sampel dan wadah pembandingnya dibiarkan kosong. Gambar 4.9 hingga 4.11 menunjukkan kurva thermogram yang dihasilkan oleh pemanasan gelatin dari temperatur 20^0 hingga 300^0C dengan laju pemanasan 10^0C/menit.

Sampel yang dianalisis berupa serbuk gelatin yang telah dikeringkan dalam oven pada temperatur 60^0C. Selama proses pengeringan berlangsung, rantai- rantai gelatin mengalami konformasi gulungan acak dalam larutan dan dengan menguapnya air maka terbentuk lapisan tipis gelatin yang bersifat amorf

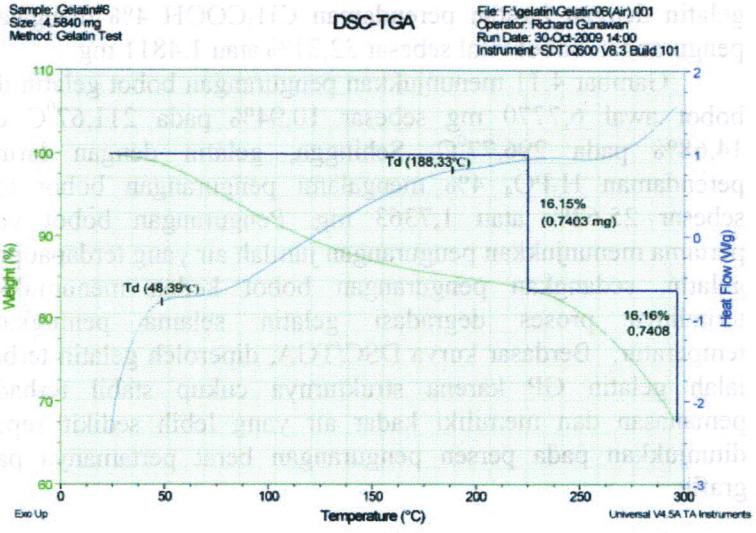
Sampel gelatin juga dianalisis dengan analisis thermoravimetri (TGA), dimana bobot sampel diukur secara kontinyu ketika suhu sampel dinaikkan. TGA ini dinyatakan sebagai TGA nonisotermal yang mencatat data sebagai thermogram bobot versus temperatur. Gambar 4.9 menunjukkan persen pengurangan bobot serbuk gelatin dari perendaman bahan baku dengan larutan HCl 4% terhadap temperatur. Bobot awal gelatin pada 20^0C adalah 5,5040 mg. Setelah dianalisis, bobot gelatin berkurang menjadi 85,33% pada 205,17^{0}C dan pada 296,55^{0}C menjadi 73,23% dari bobot awalnya, atau telah terjadi pengurangan bobot total sebanyak 26,77% (1,4734 mg) dari bobot awalnya.

Gambar berikutnya menunjukkan persen pengurangan bobot gelatin dari perendaman bahan baku dengan larutan asam CH_3COOH 4% (Gambar 4.10) dan asam H_3PO_4 4% (Gambar 4.11). Gambar 4.10 menunjukkan bobot gelatin sebanyak 4,5840 mg berkurang 16,15% pada 224,19^{0}C, lalu pada 295,16^{0}C terjadi pengurangan sebesar 16,16% dari bobot awalnya. Sehingga, gelatin dengan larutan perendaman CH_3COOH 4% mengalami pengurangan bobot total sebesar 32,31% atau 1,4811 mg.

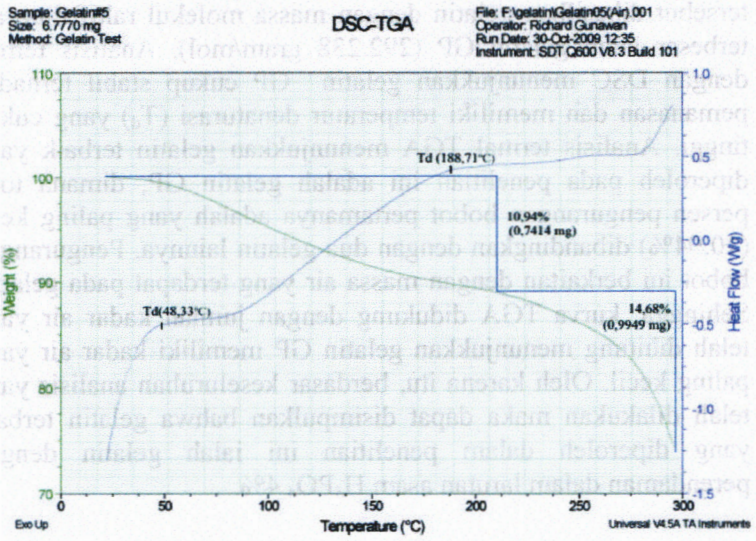
Gambar 4.11 menunjukkan pengurangan bobot gelatin dari bobot awal 6,7770 mg sebesar 10,94% pada 211,67^{0}C dan 14,68% pada 296,77^{0}C. Sehingga, gelatin dengan larutan perendaman H_3PO_4 4% mengalami pengurangan bobot total sebesar 25,62% atau 1,7363 mg. Pengurangan bobot yang pertama menunjukkan pengurangan jumlah air yang terdapat pada gelatin, sedangkan pengurangan bobot kedua menunjukkan terjadinya proses degradasi gelatin selama peningkatan temperatur. Berdasar kurva DSC/TGA, diperoleh gelatin terbaik ialah gelatin GP karena strukturnya cukup stabil terhadap pemanasan dan memiliki kadar air yang lebih sedikit seperti ditunjukkan pada persen pengurangan berat pertamanya pada grafik.



Gambar 4.9 Gelatin dengan Larutan Asam HCl 4%



Gambar 4.10 Gelatin dengan Larutan Asam CH_3COOH 4%



Gambar 4.11 Gelatin dengan Larutan Asam H_3PO_5 4%

Berdasar hasil analisis yang telah dilakukan terhadap gelatin GC, GA, dan GP pada penelitian ini, data utama yang digunakan sebagai acuan gelatin terbaik ialah melalui analisis FTIR karena analisis FTIR menunjukkan puncak serapan masing-masing gugus fungsi gelatin yang sesuai dengan gelatin komersial yang ada di pasaran (Gambar 2.8). Serapan FTIR gelatin terbaik ditunjukkan oleh serapan pada gelatin GP (Gambar 4.7). Data lain yang mendukung analisis FTIR adalah analisis total rendemen, kadar air, perhitungan massa molekul relatif rata-rata gelatin, serta analisis termal DSC/TGA. Analisis total rendemen dan kadar air terbaik ditunjukkan oleh gelatin GP, karena gelatin GP memiliki total rendemen terbesar (8,4 %) dengan kadar air paling kecil (14,16%). Massa molekul relatif yang ditentukan menggunakan viskometer Ostwald merupakan data tambahan yang tidak dapat digunakan sebagai acuan gelatin terbaik, karena harga konstanta Mark-Houwink-Sakurada yang digunakan bukanlah konstanta untuk gelatin ikan. Namun, dari analisis

tersebut dihasilkan gelatin dengan massa molekul raltif rata-rata terbesar ialah gelatin GP (292.238 gram/mol). Analisis termal dengan DSC menunjukkan gelatin GP cukup stabil terhadap pemanasan dan memiliki temperatur denaturasi (T_d) yang cukup tinggi. Analisis termal TGA menunjukkan gelatin terbaik yang diperoleh pada penelitian ini adalah gelatin GP, dimana total persen pengurangan bobot pertamanya adalah yang paling kecil (10,94%) dibandingkan dengan dua gelatin lainnya. Pengurangan bobot ini berkaitan dengan massa air yang terdapat pada gelatin. Sehingga, kurva TGA didukung dengan jumlah kadar air yang telah dihitung menunjukkan gelatin GP memiliki kadar air yang paling kecil. Oleh karena itu, berdasar keseluruhan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa gelatin terbaik yang diperoleh dalam penelitian ini ialah gelatin dengan perendaman dalam larutan asam H_3PO_4 4%.

BAB V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Rendemen dan kadar air gelatin yang diperoleh dari perendaman bahan baku dalam larutan asam HCl, CH_3COOH, dan H_3PO_4 4% masing-masing adalah 5,27% dan 14,25%, 5,48 % dan 14,35%, 8,4 % dan 14,16%.
2. Analisis FTIR menunjukkan gugus-gugus fungsi O-H, C-H, C=O, N-H dan C-H aromatis yang sama dengan gelatin komersial.
3. Perkiraan massa molekul relatif rata-rata gelatin gelatin yang diperoleh melalui perendaman dengan larutan asam HCl 4%, CH_3COOH 4%, H_3PO_4 4% adalah 210.927 gram/ mol, 279.248 gram/ mol dan 292.238 gram/ mol.
4. Titik denaturasi (T_d) gelatin melalui perendaman dengan larutan asam HCl 4%, CH_3COOH 4%, H_3PO_4 4% ialah 44,83^{0}C dan 187,93^{0}C, 48,39^{0}C dan 188,33^{0}C, 48,33^{0}C dan 188,71^{0}C.
5. Total persen pengurangan bobot pada gelatin melalui perendaman dengan larutan asam HCl 4%, CH_3COOH 4%, H_3PO_4 4% ialah 26,77%, 32,31%, dan 25,62%.
6. Gelatin terbaik yang diperoleh dalam penelitian ini adalah gelatin dengan lautan perendaman H_3PO_4 4%.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan selanjutnya adalah massa molekul relatif rata-rata gelatin ditentukan menggunakan tetapan Mark Houwink Sakurada (K dan α) gelatin ikan agar diperoleh harga yang lebih tepat. Selain itu, gelatin ikan perlu dikembangkan untuk aplikasi yang lebih luas dan bermanfaat.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, D. R. 2002. "Efek Transisi Gelas Terhadap Tekstur Bahan Pangan". Makalah Falsafah Sains. Bogor: Program Pasca Sarjana-S3 IPB.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of The Association of Analtical Chemist. Washington.

Arnesen, J. A., dan Gildberg, A. 2006. "Extraction 0f Muscle Proteins and Gelatin From Cod Head". **Process Biochemistry**, 4: 697–700.

Badan Pusat Statistik. 1999. Statistik Produksi Ikan di Tempat Pelelangan Ikan. Jakarta.

Bassler. 1996. **Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik**. Edisi keempat. Jakarta: Erlangga.

Bennion, M. 1980. "The Science of Food". New York: John Willey and Sons.

Campbell, D., dan White J. R.1989. **Polymer Characterization, Physical Techniques.** New York: Mc Graw Hill.

Campbell, N.A. 2002. **Biologi**. Edisi kelima. Jilid 1. Diterjemahkan oleh R. Lestari. Jakarta: Erlangga.

Charley, H. 1982. "Food Science". 2nd edition. New York: John Willey and Sons.

Chiou, Bo-Sen. 2009."Effect of Drying Temperature on Barrier and Mechnical Properties of Cold Water Fish Gelatin Films". **Journal of Food Engineering,** 95:327-331

Cowd, M. A. 1991. **Kimia Polimer**. Bandung: ITB.

Daintith, John. 1994. **A Concise Dictionary of Chemistry**. Oxford: Oxford University Press.

De Wolf, F. A. 2003. "Collagen and Gelatin In Progress In Biotechnology". **Elsevier Science**, 23: 133–218.

Dehoff, R. 2006.**Thermodynamics in Materials Science**. *2nd edition.* New York: Taylor and Francis Group.

Djabourov, M., Lechaire, J., dan Gaill, F. 1993. "Structure and Rheology of Gelatin and Collagen Gels". **Biorheology**, 30: 191–205.

Fatimah, T. 1996. "Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Basa terhadap Sifat Fisikokimia Gelatin yang Dihasilkan". Bogor: Jurusan Kimia FMIPA-IPB.

Fernandez-Diaz, Montero, dan Gomez-Guillen. 2003. "Effect Of Freezing Fish Skins on Molecular and Rheological Properties of Extracted Gelatin". **Food Hydrocolloids**, 17: 281–286.

Froese R., dan Pauly, D. 2008 "*Himantura gerrardi*". Fish Base.

Gilsenan, P. M. dan Ross-Murphy, S. B. 2000. "Rheological Characterisation of Gelatins from Mammalian and Marine Sources". **Food Hidrocolloids**, 143: 191-195.

Gómez-Guillén, M. C., Turnay, J., Fernandez-Diaz, M. D., lmo, N., Lizarbe, M. A. dan Montero, P. 2002. "Structural and Physical Properties of Gelatin Extracted from Different Marine Species: A Comparative Study". **Food Hydrocolloid**, 16: 25-34.

Grossman, S. dan Bergman, M. 1991. "Process for The Production of Gelatin from Fish Skin". European Paten Application.

Gudmundsson, M. dan Hafsteinssen, H. 1997. "Gelatin from Cod Skin as Affected by Chemical Treatments". **Journal of Food Science**, 621: 37-39. 47.

Gómez-Guillén, M. C., dan Montero, P. 2001. "Extraction of Gelatin from Megrim (*Lepidorhombus boscii*) Skins with Several Organic Acids. **Journal of Food Science** 66, 2: 213–216

Hao, S., Li, L., Yang, X., Cen, J., Shi, H., Bo, Q., He, J. 2009. "The Characteristic of Gelatin Extracted from Sturgeon (*Acipencer baeri*) Skin Using Various Pretreatments". **Food Chemistry**, 115: 124-128.

Haug, I. J. 2004. "Physical and Rheological Properties of Fish Gelatin Compared to Mammalian Gelatin". **Food Hydrocolloid**, 18: 203-213.

Hinterwaldner, R. 1997. **Raw Material** in Ward, AG dan Courts, A. (Ed.). **The Science and Technology of Gelatin**. New York: Academic Press.

Indrialaksmi, O. 2000. "Pembuatan dan Karateristik Sifat Fisik Gelatin dari Kulit da Tulang Ikan Cucut". Bogor: Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

Jukiharman. 1997. "Pengaruh Suhu dan Waktu Perebusan Kulit Ikan Cucut Carcharinus limbatus pada Pembuatan Gelatin". Bogor: Skripsi Fakultas Perikanan IPB.

Karim, A. A. dan Bhat, R. 2008. "Fish Gelatin: Properties. Challenges, and Prospects As An Alternative To Mammalian Gelatins". **Food hydrocolloids**, 23: 563-576,656.

Karim, A. A. dan Bhat, R. 2009. "Review Fish Gelatin: Properties. Challenges. And Prospects As An Alternative To Mammalian Gelatins". **Trends in Food Science and Technology**, 19: 644-656.

Keenan, C. W., Kleinfelter, D. C., Wood, J. H. 1980. **General College Chemistry**. 6th edition. Knoxville: Harper & Row Publisher, Inc.

Kroschwitz, Jacqueline. 1990. **Polymer Characterization and Analysis**. Canada: John Willey and Sons.

Kurnianingsih, N. 2004. "Kolagen Sang Pengisi Tubuh". Laporan Utama Cakrawala. Edisi Kamis. 30 September 2004.

Lehninger, L. A. 1982. **Dasar-Dasar Biokimia**. Jilid 1. Diterjemahkan oleh Maggy Thenawijaya. Jakarta: Erlangga.

Leuenberger, B. H. 1991. "Investigation of Viscosity and Gelation Properties of Different Mammalian and Fish Gelatins". **Food Hydrocolloids**, 5: 353–361.

Miller, M. H., dan Scheraga, H. A. 1976. "Calculation of the structures of collagen models. Role of interchain interactions in determining the triple-helical coiled-coil conformation. I. Poly(glycyl-prolyl-prolyl)". **Journal of Polymer Science Symposium**, 54:171–200.

Mukhtar. 2008. "Mengenal Jenis-Jenis Ikan Pari Rays". Kendari.

Mulyono, H. A. M. 2006. **Kamus Kimia.** Jakarta: Bumi Aksara.

Norziah, M.H., Al-Hassan, A., Khairulnizam, A. B., Mordi, M. N., dan Norita, M. 2009. "Characterization of Fish Gelatin from Surimi Processing Waste: Termal Analysis and Effect of Transglutaminase on Gel Properties". **Food Hydrocolloid**, 23: 1610-1616.

Norziah, M.H., Khairulnizam, A. B., Ahmed, A., Fazilah, A., Norita, M. 2008. "Characterization of Fish Gelatin Extracted from Surimi Processing Wastes". **International Conference on Enviromental Research and Technology**, 52-55.

Parker, A. L. 1982. "Principle of Biochemistry". Maryland: Word Publishers Inc.

Pelu H., Harwati, S., Chasanah E. 1998. "Ekstraksi Gelain dari Kulit Ikan Tuna Melalui Proses Asam". Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia. Vol. IV. BPTP, 66-74.

Pouradier, J. dan Venet, A. M. 1950. J. Chim. Phys.

Poppe, J. 1992. **Gelatin** in Imeson, A. (Ed.). **Thickening and Gelling Agents for Food.** London: Blackie Academic and Proffesional.

Rahman, M. S., Al-Saidi, G. S., dan Guizani, N. 2008. "Termal Characterisation of Gelatin Extracted from Yellowfin Tuna Skin and Commercial Mammalian Gelatin". **Food Chemistry**, 1082: 81-89.

Ross-Murphy, S. B. 1991. "Structure and Rheology of Gelatine Gels: Recent Progress". **Polymer**, 3312: 2622-2627.

Sampath S. S., dan Babua, B. V. 2006. "Kinetic Parameter Estimation of Gelatin Waste by Thermogravimetry". India: Birla Institute of Technology and Science.

Samsudin, S. A. 2006. "Chemical Resistance Evaluation of Poystyrene/Polypropylene Blends Compositions and SEBS Content". **Malaysian Polymer Journal** 1, 1: 11-24.

Schrieber, R., dan Gareis, H. 2007. **Gelatine Handbook**. Weinhem: Wiley-VCH GmbH dan Co.

Settle, Frank A. 1997. **Handbook Of Instrumental Techniques For Analytical Chemistry**. New Jersey: Prentice Hall PTR.

Silverstain, R. M. dan Bassler, G. C. 1967. **Spectrometric Identification of Organic Compounds.** Second edition. New York: John Wiley and Sons Inc.

Skoog, D. A. 1996. **Fundamental of Analytical Chemistry**. Seventh edition. USA: Saunders College Publishing.

Slade, L. dan Levine, H. 1987. **Polymer-Chemical Properties of Gelatin in Foods** in Pearson A.M. Dutson T.R. dan Bailey, A.J. (Eds). **Advances In Meat Research, Collagen As A Food**. London: Elsevier Applied Science, 251-266.

Sobral, P. J. A., dan Habitante, A. M. Q. B. 2001. "Phase Transitions of Pigskin Gelatin". **Food Hydrocolloids**, 15: 377–382.

Sopian, I. 2002. "Analisis Sifat Fisik. Kimia dan Fungsional Gelatin yang Diekstrak dari Kulit dan Tulang Ikan Pari". Bogor: Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

Surono N., Djauli, Budiyanto, D., Widarto, Ratnawati, Aji, u. S., Suyuni, A. M., dan Sugiran. 1994. "Penerapan Paket Teknologi Pengolahan Gelatin dari Ikan Cucut". Jakarta: Laporan BBPMHP.

Utama, H. 1997. "Gelatin yang Bikin Heboh". Jurnal Halal LPPOM-MUI, No.18: 10-12.

Viro, F. 1992. **Gelatin** in Hui, Y. H. (Ed.). **Encyclopedia of Food Science and Technology.** Vol. 2. Toronto: John Willey and Sons Inc.

Wahyuni, Mita dan Peranginangin, Rosmawat. 2009. **Perbaikan Daya Saing Industri Pengolahan Perikanan Melalui Pemanfaatan Limbah Non Ekonomis Ikan Menjadi Gelatin,** (www.ikanmania.wordpress.com**).**

Ward, A. G. dan Courts, A. 1977. **The Science and Technology of Gelatin**. London: Academic Press.

West, Anthony R. 1992. **Solid State Chemisty and Its Applications.** Department of Chmistry. University of Abardeen. Chichester. New York: John Willey and Sons.

Winarno, F. G. 1992. **Kimia Pangan dan Gizi.** Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama

Yang, H., Wang, Y., Jiang, M., Oh, J., Herring, J., dan Zhou, P. 2007. "2-Step Optimization of The Extraction and Subsequent Physical Properties of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Skin Gelatin". **Journal Of Food Science**, (72) 4.

Zhao, W. B. 1999. **Polymer Data Handbook.** Oxford: Oxford University Press.

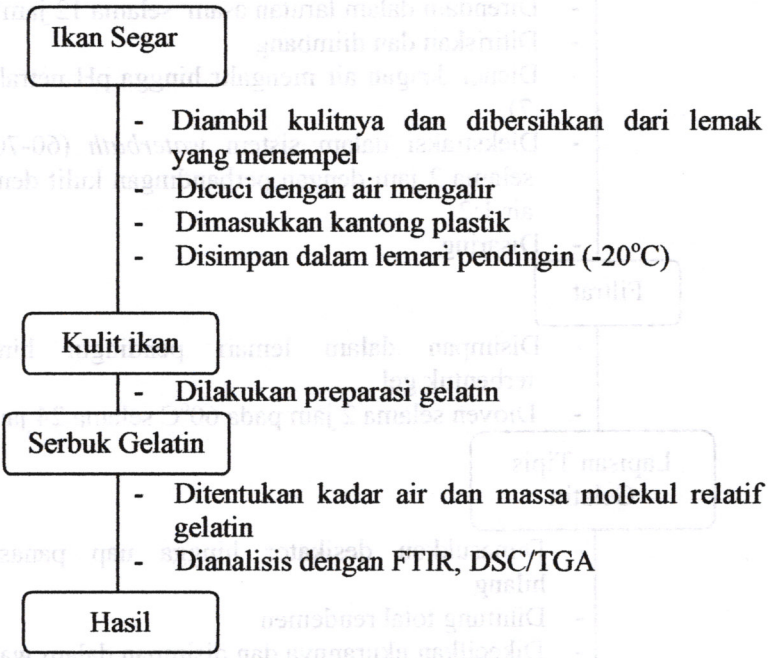
Zhou, P. dan Regenstein, J. M. 2005. "Effects of Alkaline and Acid Pretreatments on Alaska Pollock Skin Gelatin Extraction". Journal of Food Science, 70(6): C392–C396.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

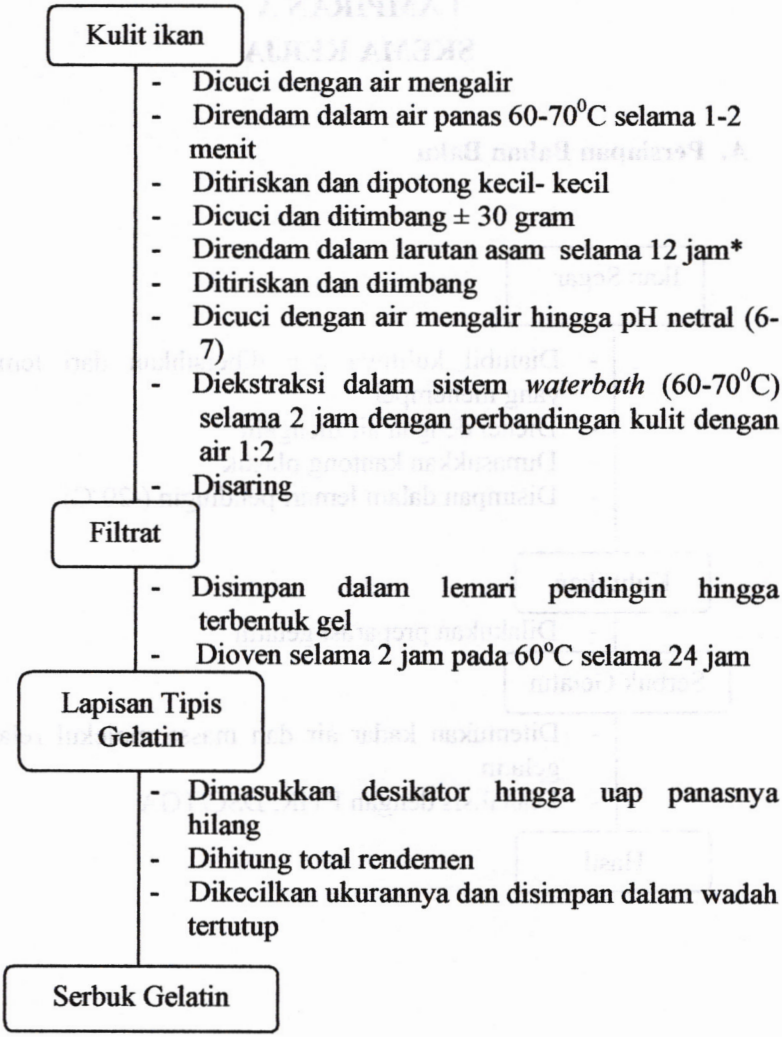
LAMPIRAN

LAMPIRAN A
SKEMA KERJA

A. Persiapan Bahan Baku

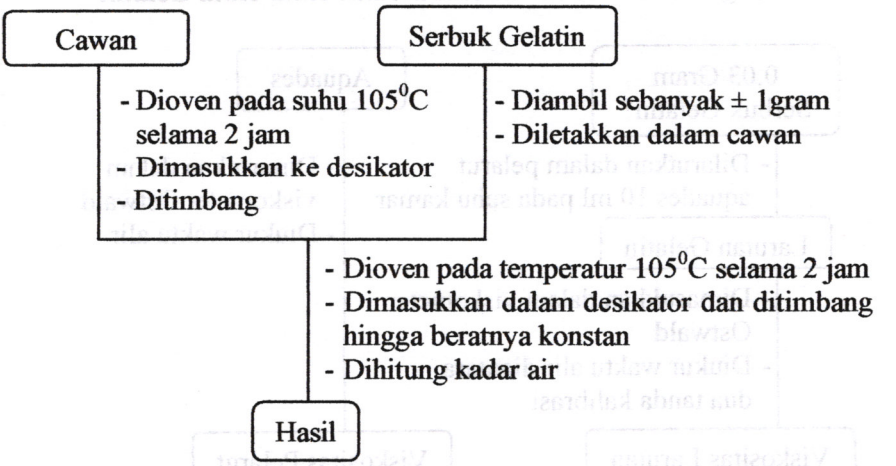


B. Preparasi Gelatin

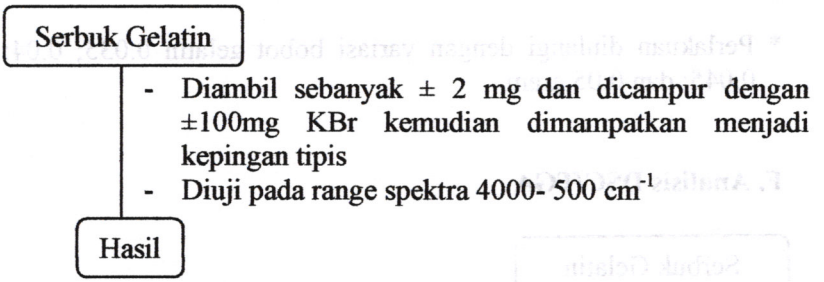


* Larutan asam yang digunakan ialah HCl. CH_3COOH. dan H_3PO_4 4%

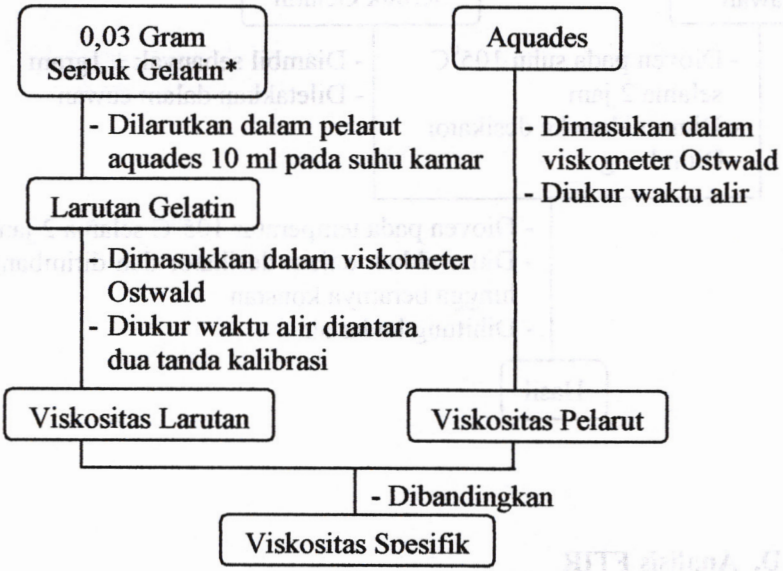
C. Kadar Air



D. Analisis FTIR

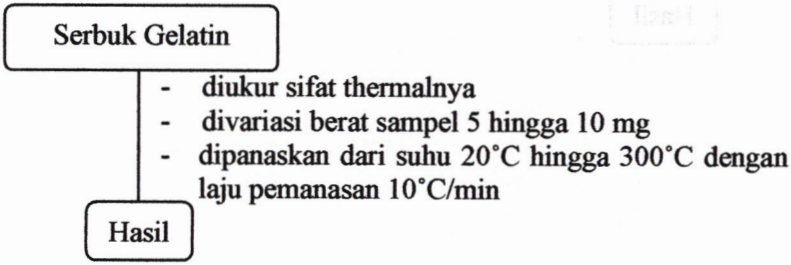


E. Pengukuran Massa Molekul Relatif Rata-Rata Gelatin



* Perlakuan diulangi dengan variasi bobot gelatin 0.035; 0.04; 0.045; dan 0.05 gram

F. Analisis DSC/TGA



LAMPIRAN B
PEMBUATAN LARUTAN

1. Pembuatan Larutan Asam Klorida 4%

Larutan HCl 4% dibuat dengan mengencerkan 108,11 mL larutan HCl 37% dengan aquades dalam labu ukur 1000 mL hingga mencapai tanda batas. Volume HCl 37 % yang dibutuhkan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$M_1 . V_1 = M_2 . V_2$$
$$37\% \times V_1 = 4\% \times 1000 \text{ mL}$$
$$V_1 = 108{,}11 \text{ mL}$$

2. Larutan Asam Asetat 4 %

Larutan asam asetat 4% dibuat dengan mengencerkan larutan asam asetat glasial sebanyak 40 mL dalam labu ukur 1000 mL. Volume asam asetat glasial yang dibutuhkan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$\rho\ CH_3COOH = 1{,}05$ gr/mL

$[CH_3COOH] = 17{,}49$ M $\rightarrow M_1$

Mr $CH_3COOH = 60{,}05$ gr/ mol

$$M = \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr}$$

$$17{,}49\ M = \frac{1{,}05 \times 10 \times \%_{CH_3COOH}}{60{,}05}$$

$\%\ CH_3COOH = 100\ \%$

Sehingga,

$$M_1 . V_1 = M_2 . V_2$$
$$100\% \times V_1 = 4\% \times 1000 \text{ mL}$$
$$V_1 = 40 \text{ mL}$$

3. Pembuatan Larutan Asam Fosfat 4%

Larutan H_3PO_4 4% dibuat dengan mengencerkan 47,06 mL larutan H_3PO_4 85% dengan aquades dalam labu ukur 1000 mL

hingga tanda batas. Volume H_3PO_4 85% yang dibutuhkan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$M_1 . V_1 = M_2 . V_2$$
$$85\% \times V_1 = 4\% \times 1000 \text{ mL}$$
$$V_1 = 47{,}06 \text{ mL}$$

LAMPIRAN C
PENGUKURAN KADAR AIR

Kadar air gelatin yang diperoleh melalui perendaman bahan baku dalam larutan asam HCl 4% (GC), CH_3COOH 4% (GA), dan H_3PO_4 4% (GP) dapat dihitung dengan cara:

$$Kadar\ air = \frac{B - A}{Berat\ sampel} \times 100\%$$

Keterangan: A = berat cawan + sampel akhir (gram)
B = berat cawan + sampel awal (gram)

Dengan menggunakan data pada Tabel C1, maka dapat dihitung kadar air gelatin GC:

$$Kadar\ air = \frac{21,3804 - 21,7373}{1,0040} \times 100\%$$
$$= 14,25\%$$

Dengan cara yang sama dapat dihitung kadar air gelatin GA dan GP, masing-masing adalah 14,35% dan 14,16%.

Tabel C1. Kadar Air Serbuk Gelatin

No	Gelatin	Massa Cawan (a)	Massa Awal Gelatin (b)	Massa B (a + b)	Massa A (Cawan + Gelatin Akhir)	Massa Air	%Air
1	GC	20,8764	1,0040	21,8804	21,7373	0,1431	14,25
2	GA	21,1048	1,0015	22,1063	21,9626	0,1437	14,35
3	GP	21,2168	1,0216	22,2384	22,0937	0,1447	14,16

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN D

PENGUKURAN MASSA MOLEKUL RELATIF RATA-RATA GELATIN

Pengukuran waktu alir pelarut gelatin yaitu air

t_0 = 5,6 ; 5,6 ; 5,5 ; 5,6 ; 5,6 detik

$\overline{t_o}$ = 5,58 detik

Tabel D1. Viskositas Tereduksi Gelatin GC (Perendaman Bahan Baku dengan Larutan Asam HCl 4%)

Konsentrasi (g/dL)	t (detik)	$\bar{t}$ (detik)	$\frac{\bar{t}}{t_o} - 1 = \eta_{sp}$	η_{sp} / c
0,3	6,2 ; 6,2 ; 6,3 ; 6,3 ; 6,2	6,24	0,118280	3,942
0,35	6,5 ; 6,5 ; 6,6 ; 6,5 ; 6,6	6,54	0,172043	4,915
0,4	6,8 ; 6,8 ; 6,9 ; 6,8 ; 6,7	6,8	0,218638	5,465
0,45	7,1 ; 7,2 ; 7,3 ; 7,2 ; 7,1	7,18	0,286738	6,371
0,5	7,6 ; 7,5; 7,6 ; 7,7 ; 7,6	7,6	0,392007	7,240

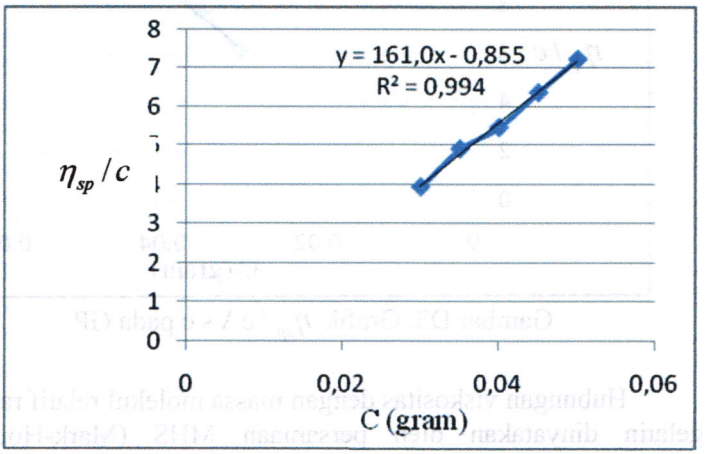
Tabel D2. Viskositas Tereduksi Gelatin GA (Perendaman Bahan Baku dengan Larutan Asam CH_3COOH 4%)

Konsentrasi (g/dL)	t (detik)	$\bar{t}$ (detik)	$\frac{\bar{t}}{t_o} - 1 = \eta_{sp}$	η_{sp} / c
0,3	6,1 ; 6,3 ; 6,2 ; 6,2 ; 6,1	6,18	0,107527	3,584
0,35	6,5 ; 6,4 ; 6,5 ; 6,5 ; 6,4	6,46	0,157706	4,505
0,4	6,7 ; 6,8 ; 6,8 ; 6,8 ; 6,7	6,76	0,211470	5,286
0,45	7,3 ; 7,2 ; 7,3 ; 7,3 ; 7,3	7,28	0,304659	6,770
0,5	7,6 ; 7,7; 7,5 ; 7,6 ; 7,5	7,58	0,358423	7,168

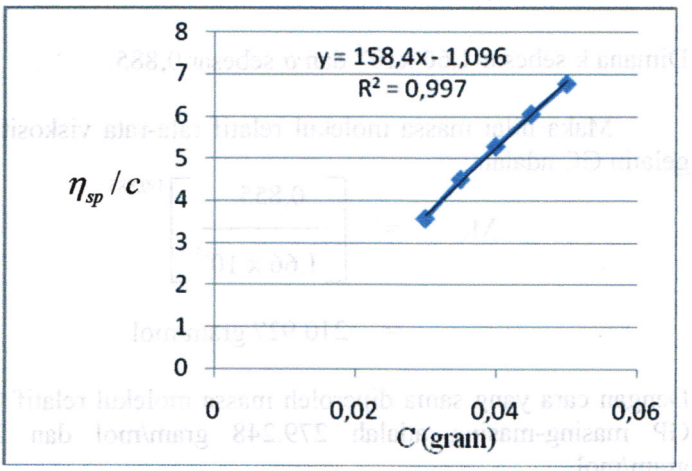
Tabel D3. Viskositas Tereduksi Gelatin GP (Perendaman Bahan Baku dengan Larutan Asam H_3PO_4 4%)

Konsentrasi (g/dL)	t (detik)	$\bar{t}$ (detik)	$\frac{\bar{t}}{t_o} - 1 = \eta_{sp}$	η_{sp} / c
0,3	6,5 ; 6,7 ; 6,6 ; 6,5 ; 6,7	6,6	0,182796	6,093
0,35	7,1 ; 7 ; 7,1 ; 7,2 ; 7	7,08	0,268817	7,680
0,4	7,7 ; 7,6 ; 7,5 ; 7,5 ; 7,6	7,58	0,358423	8,960
0,45	8 ; 8,1 ; 8,2 ; 8 ; 8	8,06	0,444444	9,876
0,5	8,7 ; 8,7; 8,8 ; 8,7 ; 8,6	8,7	0,559140	11,828

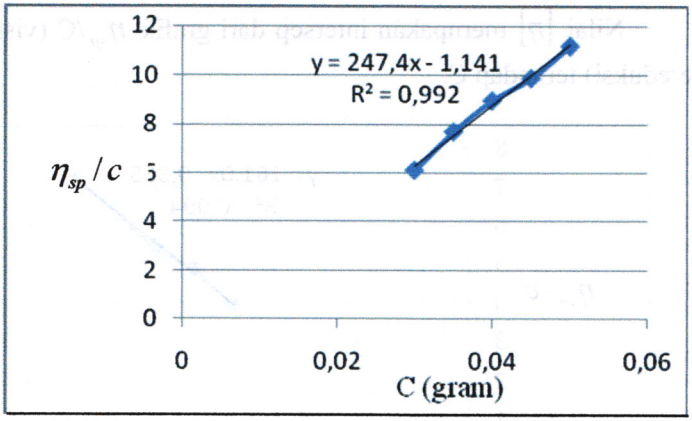
Nilai $[\eta]$ merupakan intersep dari grafik η_{sp}/C (viskositas tereduksi) terhadap C.



Gambar D1. Kurva η_{sp}/c Vs c pada GC



Gambar D2. Grafik η_{sp}/c Vs c pada GA



Gambar D3. Grafik η_{sp} / c Vs c pada GP

Hubungan viskositas dengan massa molekul relatif rata-rata gelatin dinyatakan oleh persamaan MHS (Mark-Houwink-Sakurada)

$$[\eta] = k \cdot M_v^{\alpha}$$

Dimana k sebesar $1{,}66 \times 10^{-5}$ dan α sebesar 0,885.

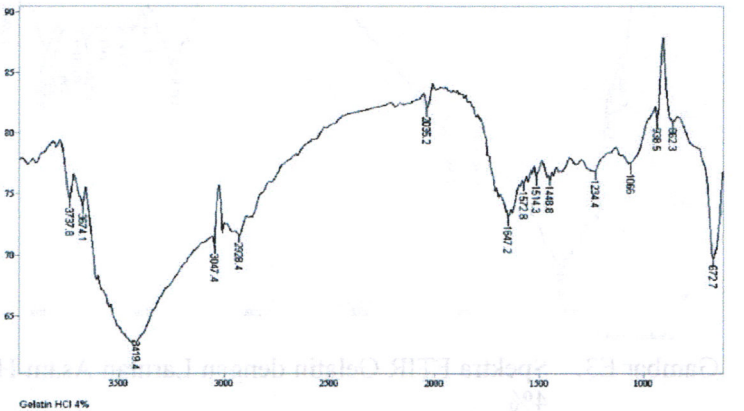
Maka nilai massa molekul relatif rata-rata viskositas (M_v) gelatin GC adalah :

$$M_v = \left[\frac{0{,}855}{1{,}66 \times 10^{-5}} \right]^{1/0{,}885}$$

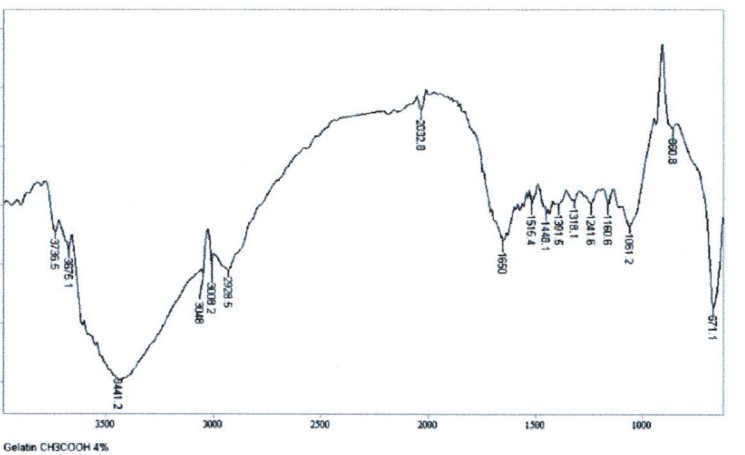
$$= 210.927 \text{ gram/mol}$$

Dengan cara yang sama diperoleh massa molekul relatif GA dan GP masing-masing adalah 279.248 gram/mol dan 292.238 gram/mol.

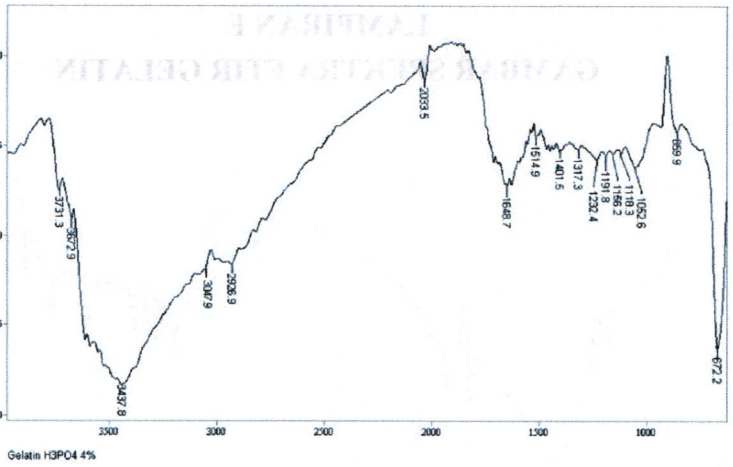
LAMPIRAN E
GAMBAR SPEKTRA FTIR GELATIN



Gambar E1. Spektra FTIR Gelatin dengan Larutan Asam HCl 4%



Gambar E2. Spektra FTIR Gelatin dengan Larutan Asam CH_3COOH 4%



Gambar E3. Spektra FTIR Gelatin dengan Larutan Asam H_3PO_4 4%

LAMPIRAN F
ANALISIS TERMAL DSC/TGA

A. Gelatin dengan Larutan Asam HCl 4%

1. Kurva DSC

Temperatur denaturasi (T_{d1})

Gambar 4.9 merupakan kurva gelatin dengan larutan asam HCl 4%. DSC pada sumbu X (temperatur) range 0^0-50^0C, skala temperatur yang digunakan ialah:

$$\frac{29\,kotak}{50^{\circ}C} = 0{,}58\,kotak/^{\circ}C$$

Sehingga, titik denaturasi (T_{d1}) pada kurva DSC dapat ditentukan. Titik denaturasi diperkirakan berada pada puncak di kotak 26, maka:

$$\text{Titik denaturasi } (T_{d1}) = \frac{26\,kotak}{0{,}58\,kotak/^{\circ}C} = 44{,}83^{\circ}C$$

Y (aliran panas) pada kurva dapat ditentukan dengan skala sebagai berikut:

$$\frac{30\,kotak}{100} = 0{,}3\,kotak$$

0,3 kotak mewakili 0,01 W/g, sehingga T_d pada sumbu Y di kotak 12 dari titik -1 W/g, aliran kalornya sebesar:

$$Aliran\,kalor = \frac{12\,kotak}{0{,}3\,kotak}\,x\,\left(0{,}01\,\frac{W}{g}\right) = 0{,}4\,W/g$$

Aliran kalor (q) = 1 W/g - (0,4 W/g) = 0,6 W/g

Sehingga sampel melepas kalor sebesar 0,6 W/g pada $44{,}83^0$C.

Temperatur denaturasi (T_{d2})

DSC pada sumbu X (temperatur) range 150^0-200^0C, skala temperatur yang digunakan ialah:

$$\frac{29\,kotak}{50^{\circ}C} = 0{,}58\,kotak/^{\circ}C$$

Sehingga, titik denaturasi (T_{d2}) pada kurva DSC dapat ditentukan. Titik leleh diperkirakan berada pada puncak di kotak 22, maka:

$$\text{Titik denaturasi } (T_{d2}) = \frac{22\ kotak}{0.58\frac{kotak}{^0C}} = 37{,}93^0C + 150^0C$$

$$= 187{,}93^0C$$

Y (aliran panas) pada kurva dapat ditentukan dengan skala sebagai berikut:

$$\frac{31\ kotak}{100} = 0{,}31\ kotak$$

0,31 kotak mewakili 0,01 W/g, sehingga T_d pada sumbu Y di kotak 19 dari titik 0 W/g, aliran kalornya sebesar:

$$Aliran\ kalor = \frac{19 kotak}{0{,}31\ kotak}\ x\ \left(0{,}01\frac{W}{g}\right) = 0{,}61\ W/g$$

Aliran kalor (q) = 0 W/g + (0,61W/g) = 0,61 W/g
Sehingga sampel melepas kalor sebesar 0,61 W/g pada 187,93^{0}C.

2. Kurva TGA

- Gambar 4.9 juga menunjukkan persen berat sampel gelatin. Berat awal gelatin adalah 5,5040 mg dengan 2 kali pengurangan berat. Persen berat pertama (W_1) terdapat pada kotak 119 dan persen berat kedua (W_2) terdapat pada kotak 172 pada sumbu X, sehingga temperatur dimana keduanya terjadi dapat ditentukan sebgai berikut:

$$W_1 = \frac{119\ kotak}{0.58\ kotak/^0C} = 205{,}17^0C \qquad W_2 = \frac{172\ kotak}{0.58\ kotak/^0C} = 296{,}55^0C$$

Persen berat W_1 dan W_2 pada sumbu Y (*weight*) dapat dihitung dengan skala berikut

W_1 pada range 80% - 90% = $\frac{30\ kotak}{10} = 3\ kotak$. 3 kotak mewakili 1%, maka W_1 pada kotak 12,5, persen beratnya ialah:

$$W_1 = \frac{16\ kotak}{3\ kotak} - 5{,}33$$

$$W_1 = 5{,}33\% + 80\% = 85{,}33\%$$

Sedangkan, W_2 pada range 70%- 80% = $\frac{31\ kotak}{10} = 3{,}1\ kotak$. 3,1 kotak mewakili 1%. Sehingga, W_2 pada kotak 10, persen beratnya adalah:

$$W_2 = \frac{10\ kotak}{3\ kotak} = 3{,}23$$

$$W_2 = 3{,}23\ \% + 70\% = 73{,}23\%$$

B. Gelatin dengan Larutan Asam CH_3COOH 4%

1. Kurva DSC

Titik Denaturasi (T_{d1})

Gambar 4.10 merupakan kurva gelatin dengan larutan asam CH_3COOH 4%. DSC pada sumbu X (temperatur) range 0^0C-50^0C, skala temperatur yang digunakan ialah:

$$\frac{29\ kotak}{50^{\circ}C} = 0{,}58\ kotak/^{\circ}C$$

Sehingga, titik denaturasi (T_{d1}) pada kurva DSC dapat ditentukan. Titik leleh diperkirakan berada pada puncak di kotak 28,07, maka:

$$\text{Titik denaturasi } (T_{d1}) = \frac{28{,}07\ kotak}{0{,}58\ kotak/^{\circ}C} = 48{,}27^{\circ}C$$

Sumbu Y (aliran panas) pada kurva dapat ditentukan deengan skala sebagai berikut:

$$\frac{24\ kotak}{100} - 0{,}24\ kotak$$

0,24 kotak mewakili 0,01 W/g, sehingga T_m pada sumbu Y di kotak 5,52 dari titik -1 W/g, aliran kalornya sebesar:

$$Aliran\ kalor = \frac{5{,}52\ kotak}{0{,}24\ kotak}\ x\ \left(0{,}01\frac{W}{g}\right) = 0{,}23\ W/g$$

Aliran kalor = 1 W/g - 0,23 W/g = 0,77 W/g

Sehingga sampel melepas kalor sebesar 0,77 W/g pada 48,27^{0}C.

Temperatur denaturasi (T_{d2})

DSC pada sumbu X (temperatur) range 150^0-200^0C, skala temperatur yang digunakan ialah:

$$\frac{29\ kotak}{50^{\circ}C} = 0{,}58\ kotak/^{\circ}C$$

Sehingga, titik denaturasi (T_{d2}) pada kurva DSC dapat ditentukan. Titik leleh diperkirakan berada pada puncak di kotak 22,23, maka:

$$\text{Titik denaturasi } (T_{d2}) = \frac{22{,}23\ kotak}{0{,}58\ \frac{kotak}{^{\circ}C}} = 38{,}33^{\circ}C + 150^0C$$

$$= 188{,}33^0C$$

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

Y (aliran panas) pada kurva dapat ditentukan dengan skala sebagai berikut:

$$\frac{25\ kotak}{100} = 0{,}25\ kotak$$

0,25 kotak mewakili 0,01 W/g, sehingga T_d pada sumbu Y di kotak 19 dari titik 0 W/g, aliran kalornya sebesar:

$$Aliran\ kalor = \frac{19 kotak}{0.25\ kotak}\ x\ \left(0{,}01\frac{W}{g}\right) = 0{,}76\ W/g$$

Aliran kalor (q) = 0 W/g + (0,76W/g) = 0,76 W/g

Sehingga sampel melepas kalor sebesar 0,76 W/g pada 188,33^{0}C.

2. Kurva TGA

Gambar 4.10 juga menunjukkan persen berat sampel gelatin. Persen berat pertama (W_1) terdapat pada kotak 130,03 dan persen berat kedua (W_2) terdapat pada kotak 171,19 pada sumbu X, sehingga temperatur dimana keduanya terjadi dapat dientukan sebgai berikut:

$$W_1 = \frac{130{,}03\ kotak}{0{,}58\ kotak/^\circ C} = 224{,}19^\circ C \qquad W_2 = \frac{171{,}19\ kotak}{0{,}58\ kotak/^\circ C} = 295{,}16^\circ C$$

Persen berat W_1 dan W_2 pada sumbu Y (weight) dapat dihitung dengan skala berikut.

W_1 pada range 80% - 90% = $\frac{24 kotak}{10} = 2{,}4\ kotak$. Jadi, 2,4 kotak mewakili 1%. Maka, W_1 pada kotak 9,24, persen beratnya ialah:

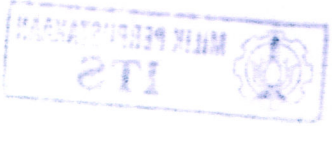
$$W_1 = \frac{9{,}24\ kotak}{2{,}4\ kotak} = 3{,}85$$

$$W_1 = 3{,}85\% + 80\% = 83{,}85\%$$

Sedangkan, W_2 pada range 60%- 70% = $\frac{25\ kotak}{10} = 2{,}5\ kotak$. Jadi, 2,5 kotak mewakili 1%. Sehingga, W_2 pada kotak 19,23, persen beratnya adalah:

$$W_2 = \frac{19{,}23\ kotak}{2{,}5\ kotak} = 7{,}69$$

$$W_2 = 7{,}69\ \% + 60\% = 67{,}69\%$$



C. Gelatin dengan Larutan Asam H_3PO_4 4%

1. Kurva DSC

Titik Denaturasi (T_{d1})

Gambar 4.11 merupakan kurva gelatin dengan larutan asam H_3PO_4 4%. DSC pada sumbu X (temperatur) range 0^0-50^0C, skala temperatur yang digunakan ialah:

$$\frac{29\ kotak}{50^{\circ}C} = 0{,}58\ kotak/^{\circ}C$$

Sehingga, titik denaturasi (T_{d1}) pada kurva DSC dapat ditentukan. Titik denaturasi diperkirakan berada pada puncak di kotak 28,03, maka:

$$\text{Titik denaturasi } (T_{d1}) = \frac{28{,}03\ kotak}{0{,}58\ kotak/^{\circ}C} = 48{,}33^{\circ}C$$

Sumbu Y (aliran panas) pada kurva dapat ditentukan dengan skala sebagai berikut:

$$\frac{25\ kotak}{100} = 0{,}25\ kotak$$

0,25 kotak mewakili 0, 01 W/g. T_d pada sumbu Y tepat pada titik -0,5 W/g, sehingga sampel melepas kalor sebesar 0,5 W/g pada $48{,}33^0$C.

Temperatur denaturasi (T_{d2})

DSC pada sumbu X (temperatur) range 150-200^0C, skala temperatur yang digunakan ialah:

$$\frac{29kotak}{50^{\circ}C} = 0{,}58\ kotak/^{\circ}C$$

Sehingga, titik denaturasi (T_{d2}) pada kurva DSC dapat ditentukan. Titik leleh diperkirakan berada pada puncak di kotak 22,45, maka:

$$\text{Titik denaturasi } (T_{d2}) = \frac{22{,}45kotak}{0{,}58\frac{kotak}{^{\circ}C}} = 38{,}71^{\circ}C + 150^0C$$

$$= 188{,}71^0C$$

Y (aliran panas) pada kurva dapat ditentukan dengan skala sebagai berikut:

$$\frac{24\ kotak}{50} = 0{,}48\ kotak$$

0,5 kotak mewakili 0,01 W/g, sehingga T_d pada sumbu Y di kotak 21,12 dari titik 0 W/g, aliran kalornya sebesar:

$$Aliran\ kalor = \frac{21{,}12\ kotak}{0{,}40\ kotak}\ x\ \left(0{,}01\frac{W}{g}\right) = 0{,}44\ W/g$$

Aliran kalor (q) = 0 W/g + (0,44 W/g) = 0,44 W/g

Sehingga sampel melepas kalor sebesar 0,44W/g pada 188,71^{0}C.

2. Kurva TGA

Gambar 4.11 juga menunjukkan persen berat sampel gelatin. Persen berat pertama (W_1) terdapat pada kotak 122,77 dan persen berat kedua (W_2) terdapat pada kotak 172,13 pada sumbu X, sehingga temperatur dimana keduanya terjadi dapat dientukan sebgai berikut:

$$W_1 = \frac{122{,}77\ kotak}{0{,}58\ kotak/^\circ C} = 211{,}67^\circ C \qquad W_2 = \frac{172{,}13\ kotak}{0{,}58\ kotak/^\circ C} = 296{,}77^\circ C$$

Persen berat W_1 dan W_2 pada sumbu Y (weight) dapat dihitung dengan skala berikut.

W_1 pada range 80% - 90% = $\frac{30\ kotak}{10} = 3 kotak$. Jadi, 3 kotak mewakili 1%. Maka, W_1 pada kotak 27,18, persen beratnya ialah:

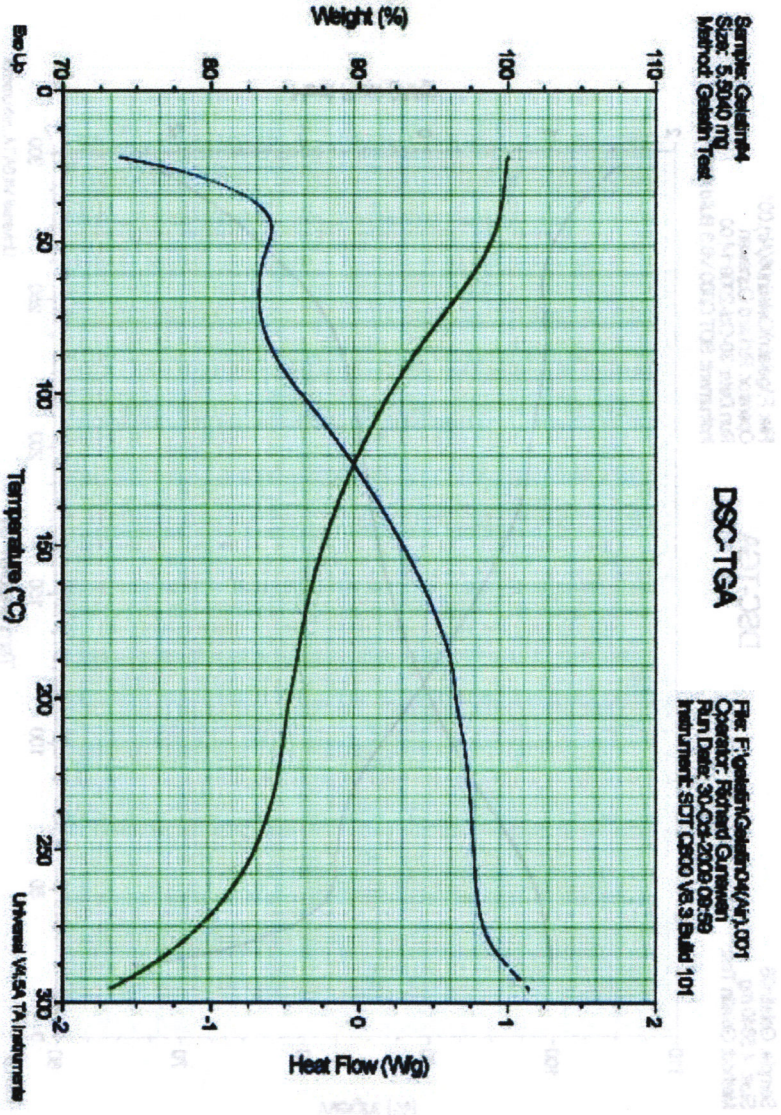
$$W_1 = \frac{27{,}18\ kotak}{3\ kotak} - 9{,}06$$

$$W_1 = 9{,}06\% + 80\% = 89{,}06\%$$

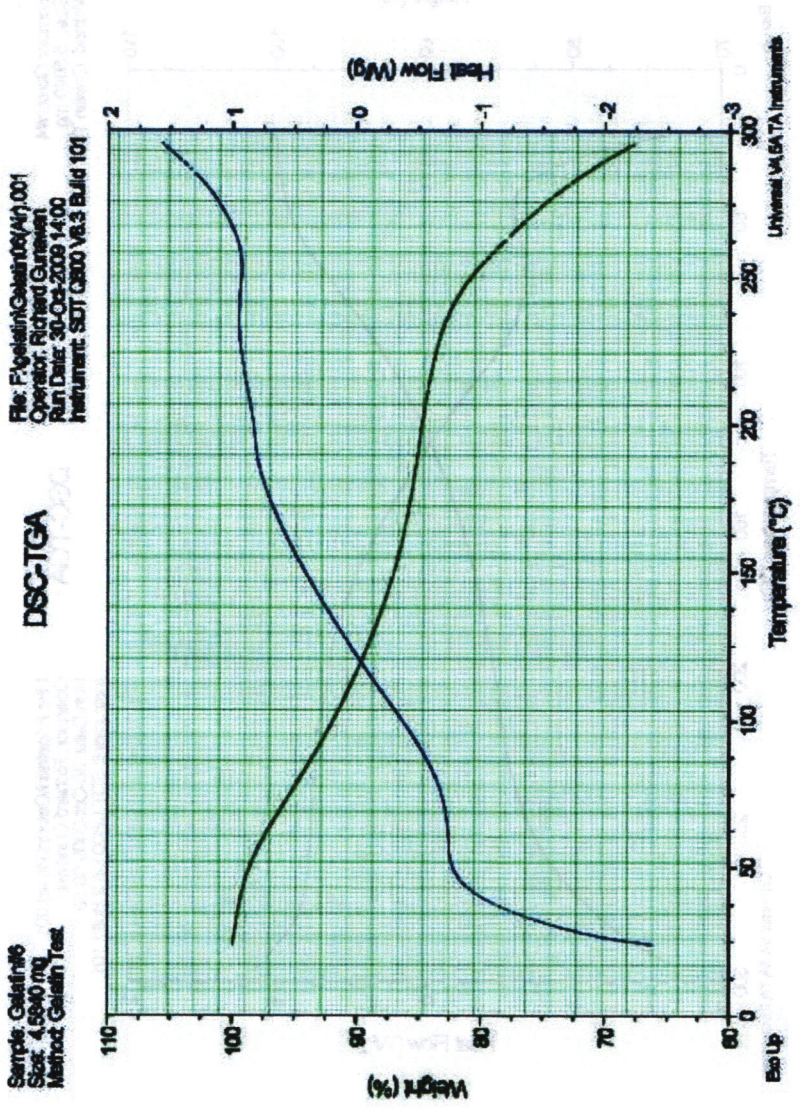
Sedangkan, W_2 pada range 70%- 80% = $\frac{31\ kotak}{10} - 3{,}1 kotak$. Jadi, 3,1 kotak mewakili 1%. Sehingga, W_2 pada kotak 13,58, persen beratnya adalah:

$$W_2 = \frac{13{,}58\ kotak}{3{,}1\ kotak} = 4{,}38$$

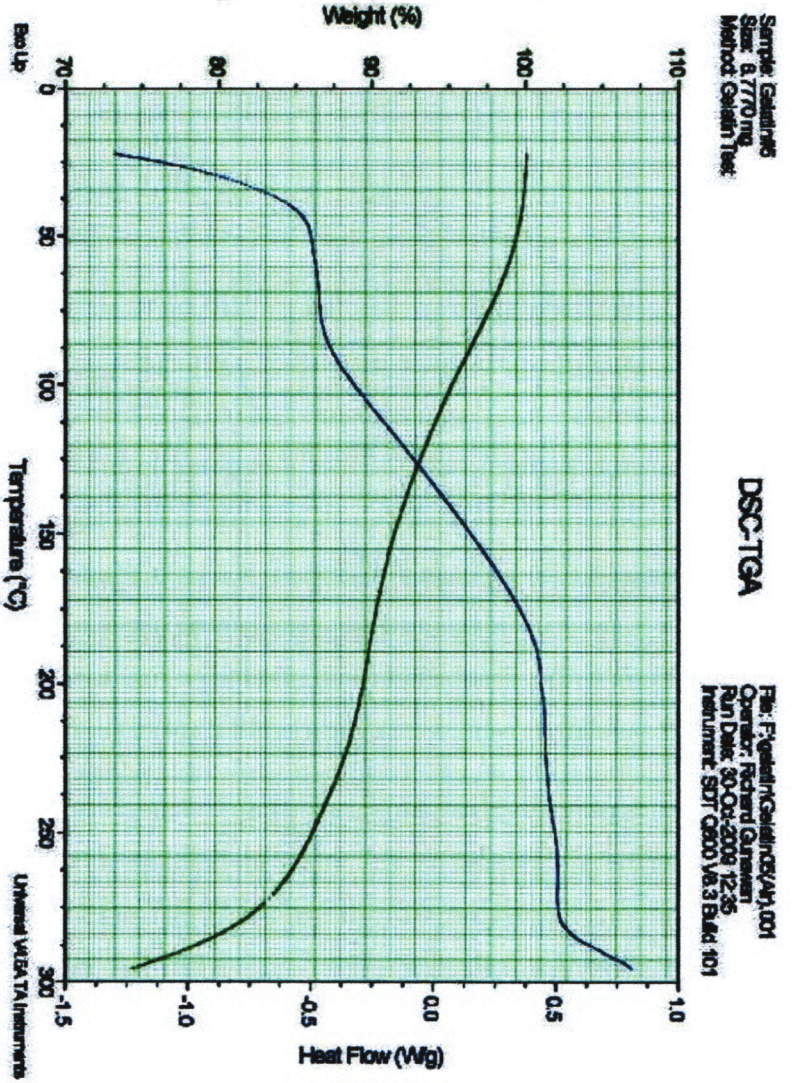
$$W_2 = 4{,}38\ \% + 70\% = 74{,}38\ \%$$



Gambar E1. Gelatin dengan Larutan Asam HCl 4%



Gambar E2. Gelatin dengan Larutan Asam CH_3COOH 4%



Gambar E3. Gelatin dengan Larutan Asam H_3PO_4 4%

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

RIWAYAT PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 12 Maret 1987, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Tropodo IV Waru, SMPN 1 Waru, dan dilanjutkan ke SMU Negeri 6 Surabaya. Setelah lulus SMU pada tahun 2005, penulis diterima di jurusan Kimia FMIPA ITS melalui jalur Penelusuran Minat dan Kemampuan (PMDK) reguler. Penulis terdaftar dengan Nomer Registrasi Pendaftaran 1405 100 005. Selama perkuliahan, penulis pernah aktif di organisasi mahasiswa intra kampus sebagai anggota Paduan Suara Mahasiswa (PSM) dan sebagai staf departemen rumah tangga Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA). Penulis pernah menjadi anggota panitia kegiatan yang diadakan oleh HIMKA, diantaranya seminar Kecelakaan dan Keselamatan Kerja (K3) dan Olimpiade Nasional Kimia. Pada akhir perkuliahan, penulis mengambil bidang kimia fisik sebagai bidang minat untuk menyelesaikan jenjang S-1.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

