

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN GULA MERAH, SANTAN ATAU MINYAK  
KELAPA TERHADAP SIFAT RETROGRADASI GEL SAGU (*Metroxylon sagu*) YANG  
DIHASILKAN**

**OLEH**

**SUGISTRANI ASDAR**

**G311 15 502**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2020**

**Studi Pengaruh Penambahan Gula Merah, Santan Atau Minyak Kelapa Terhadap Sifat  
Retrogradasi Gel Sagu (*Metroxylon sagu*) yang Dihasilkan**

*The Study of The Effect of Addition of Brown Sugar, Coconut Milk Or Coconut Oil Toward  
The Retrogradation That is Produced By Sago (*Metroxylon sagu*) Gel*

**OLEH:**

**SUGISTRANI ASDAR**

**G311 15 502**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar**

**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

**Pada**

**Departemen Teknologi Pertanian**

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN**

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**Studi Pengaruh Penambahan Gula Merah, Santan Atau Minyak Kelapa Terhadap Sifat Retrogradasi Gel Sagu (*Metroxylon sagu*) yang Dihasilkan**

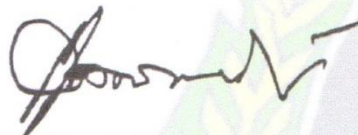
**Disusun dan diajukan oleh**

**SUGISTRIANI ASDAR  
G311 15 502**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 1 Desember 2020 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

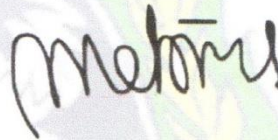
Menyetujui,

**Pembimbing Utama,**



**Ir. Nandi Kuswandi Sekendar**  
NIP. 19571103 198406 1 001

**Pembimbing Pendamping,**



**Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta**  
NIP. 19660917 199112 2 001

**Ketua Program Studi,**



  
**Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si., PhD**  
NIP. 19820205 200604 1 002

Tanggal Lulus: Desember 2020

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sugistriani Asdar  
NIM : G311 15 502  
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan Judul Studi Pengaruh Penambahan Gula Merah, Santan Atau Minyak Kelapa Terhadap Sifat Retrogradasi Gel Sagu (*Metroxylon sagu*) yang Dihasilkan, adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari Skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 16 April 2021

Yang Menyatakan  
  
(Sugistriani Asdar)

## ABSTRAK

SUGISTRANI ASDAR (G311 15 502) Studi Pengaruh Penambahan Gula Merah, Santan Atau Minyak Kelapa Terhadap Sifat Retrogradasi Gel Sagu (*Metroxylon Sp*) yang Dihasilkan Dibawah Bimbingan Ir. Nandi K. Sukendar, M.App.Sc dan Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta

**Latar Belakang** Tepung sagu memiliki kandungan amilosa tinggi sekitar 27% sehingga bersifat retrogradatif tinggi pada produk gel pati sagu. Sebagai sumber karbohidrat atau pati, sagu banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan tradisional sejak dulu pada produk olahan kering dan semi basah, tetapi pada olahan semi basah belum dapat diatasi sifat retrogradasi pati sagu yang berdampak pada karakteristik produk akhir. Oleh karena itu, dalam penelitian ini ingin mengetahui pengaruh penambahan gula merah, santan, dan minyak kelapa terhadap penurunan retrogradasi gel pati sagu. **Tujuan** penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh kadar masing-masing penambahan gula merah, santan dan minyak kelapa terhadap penurunan sifat retrogradasi pati tergelatinisasi dan sifat fisikokimia gel pati sagu yang dihasilkan. **Metode** Penelitian ini akan dilakukan secara bertahap yaitu penambahan gula merah, penambahan santan, dan minyak kelapa. Ketiga tahapan tersebut akan disimpan pada suhu ruang (27-30°C), suhu dingin (10-15°C), dan suhu beku (-10°C). Parameter pengujian yang diamati yaitu organoleptik (untuk mendapatkan hasil terbaik), kadar air, kadar pati, kadar amilosa, kadar amilopektin dan uji tekstur (*texture analyzer*). **Hasil** menunjukkan gel sagu dengan penambahan gula merah, santan, dan minyak kelapa mengalami penurunan retrogradasi. Penurunan retrogradasi gel pati sagu pada penambahan gula merah diduga karena adanya proses *plastisizing action* yang dapat mengurangi kekuatan gel. Pada penambahan santan diduga karena lemak dan amilosa dapat berikatan dan membentuk endapan yang tidak larut, lemak tersebut akan menghambat pengeluaran amilosa dari granula pati yang mengakibatkan kadar amilosa menurun sehingga dapat mengurangi pembentukan kristal. Penurunan retrogradasi pada penambahan minyak dapat dipengaruhi oleh interaksi pati dengan lipida.

Kata kunci : gel sagu, pati sagu, retrogradasi

## ABSTRACT

Sugistriani Asdar (G311 15 502) *The Effect of Retrogradation Properties of Sago Starch (Metroxylon Sp) Gel on Brown Sugar, Coconut Milk Or Coconut Oil Addition Supervised by Ir. Nandi K. Sukendar, M.App.Sc and Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta*

**Background** Sago flour has a high amylose content of around 27% so it is high retrograde in sago starch gel products. As a source of carbohydrates or starch, sago has been widely used as a traditional food ingredient for a long time in dry and semi-wet processed products, but in semi-wet processing, the retrogradation nature of sago starch has not been resolved which has an impact on the characteristics of the final product. Therefore, in this study, we wanted to determine the effect of adding brown sugar, coconut milk, and coconut oil on decreasing retrogradation of sago starch gel. **Aim** The purpose of this study was to determine the effect of the respective levels of added brown sugar, coconut milk and coconut oil on the decrease in the retrogradation properties of gelatinized starch and the physicochemical properties of the resulting sago starch gel. **Method** This research will be carried out in stages, namely adding brown sugar, adding coconut milk, and coconut oil. The three stages will be stored at room temperature (27-30 °C), cold temperature (10-15 °C), and freezing temperature (-10 °C). The test parameters observed were organoleptic (to get the best results), moisture content, starch content, amylose content, amylopectin content and texture test (texture analyzer). **Result** The results showed that the sago gel with the addition of brown sugar, coconut milk, and coconut oil had decreased retrogradation. The decrease in sago starch gel retrogradation on the addition of brown sugar is thought to be due to the plasticizing action process which can reduce the strength of the gel. In the addition of coconut milk it is thought that because fat and amylose can bind and form insoluble deposits, this fat will inhibit the release of amylose from starch granules which results in decreased amylose levels so that it can reduce crystal formation. The retrogradation reduction in oil addition can be affected by the interaction of starch with lipids.

Keyword: retrogradation, sago gel, sago starch.

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT., karena atas rahmat dan nikmat-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari doa dan dukungan serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. **Ayahanda Darwis, Ibunda Indo Asse beserta keluarga** yang senantiasa memberikan kasih sayang dan selalu mendoakan penulis serta memberikan dukungan baik berupa moril maupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. **Ir. Nandi K. Sukendar** dan **Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta** selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu Penulis dalam pembuatan skripsi ini dengan memberikan ilmu, saran serta kritik untuk lebih baik kedepannya;
3. **Februadi Bastian, STP,.M.Si.,PhD** dan **Dr. Ir. Andi Hasizah, M.Si** selaku dosen penguji atas segala saran, kritik, dan bimbingannya dalam penulisan skripsi ini.
4. **Dosen-dosen dan Staf Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan** yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan serta pengalaman selama proses perkuliahan
5. Kepada Saudara Saudariku **Cawan Petri 2015** dan **Magnet 2015** yang selalu sigap untuk berbagi ilmu dan Informasi. Terima kasih untuk pembelajaran dan Kerja Kerasnya yang telah memberi warna selama di bangku perkuliahan;
6. Kepada para Sahabat-sahabat **Irfandi Felix, Windi Alfiani, Astmha, Indriana, A. Megawati** Terima kasih atas kebersamaan kita, atas segala ilmu, semangat, motivasi, doa, canda tawa dan bantuan kalian selama ini. Tanpa kalian, tentu hari-hari penulis kurang berarti.
7. Kepada semua pihak yang telah membantu dan tidak sempat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga kedepannya penulis bisa menjadi lebih baik lagi.

Makassar, November 2020

Sugistriani Asdar



## RIWAYAT HIDUP



**SUGISTRANI ASDAR** lahir di Lowa, Kabupaten Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan pada tanggal 17 Agustus 1997. Anak pertama dari tiga bersaudara. Putri Pertama dari pasangan H. Darwis dan Hj. Indo Asse. Pendidikan formal yang ditempuh adalah :

1. SDN 33 Lowa
2. SMPN 3 Tanasitolo
3. SMAN 2 Sengkang

Pada tahun 2015, penulis diterima di Universitas Hasanuddin melalui jalur mandiri (JNS) tercatat sebagai Mahasiswa Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.



## Daftar Isi

ABSTRAK .....	v
PERSANTUNAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP .....	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan .....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Granula pati .....	3
2.2 Gelatinisasi .....	5
2.3 Sifat Retrogradasi Gel Pati Sagu .....	5
2.4 Penghambatan retrogradasi.....	8
2.5 Rasio Amilosa dan Amilopektin Pada Beberapa Sumber Karbohidrat.....	8
2.6 Gula Merah .....	10
2.7 Santan .....	10
2.8 Minyak Kelapa .....	11
2.9 Metode Analisis Retrogradasi .....	11
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan .....	13
3.3 Tahapan Penelitian.....	13
3.4 Rancangan Penelitian.....	15
3.5 Parameter Pengujian .....	16
3.6 Pengolahan Data .....	19
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Pengaruh Penambahan Gula Merah Terhadap Sifat Gel Pati Sagu.....	20
4.1.1. Organoleptik .....	20
4.1.2. Kadar Air .....	21
4.1.3. Kadar Pati.....	22
4.1.4. Kadar Amilosa dan Amilopektin .....	23
4.1.5. Kekuatan Gel .....	24
4.2 Pengaruh Penambahan Santan Terhadap Sifat Gel. ....	25
4.2.1. Organoleptik .....	25

4.2.2. Kadar Air .....	26
4.2.3. Kadar Pati.....	27
4.2.4. Kadar Amilosa dan Amilopektin .....	28
4.2.5. Kekuatan Gel .....	29
4.3 Pengaruh Penambahan Minyak Kelapa Terhadap Sifat Gel.....	30
4.3.1. Organoleptik .....	30
4.3.2. Kadar Air .....	31
4.3.3. Kadar Pati.....	32
4.3.4. Kadar Amilosa dan Amilopektin .....	33
4.3.5. Kekuatan Gel .....	34
5. PENUTUP .....	36
5.1 Kesimpulan dan Saran .....	36
DAFTAR PUSTAKA .....	37
LAMPIRAN .....	41

## Daftar Tabel

Tabel 1 Komposisi kimia tapioka dan pati sagu per 100 gr bahan.....	9
Tabel 2 Sifat fisiko kimia tapioka dan sagu .....	9
Tabel 3 Formulasi penambahan gula merah.....	16
Tabel 4 Formulasi penambahan santan .....	16
Tabel 5 Formulasi penambahan minyak kelapa .....	16

## Daftar Gambar

Gambar 1. Skema perbedaan tingkat struktur dari suatu granula pati.....	3
Gambar 2. Kenampakan beberapa bentuk granula pati.....	4
Gambar 3. Skema perubahan yang terjadi pada pati yang ditambahkan air saat pemanasan, pendinginan dan penyimpanan.....	7
Gambar 4 Diagram Alir Pengaruh Penambahan Gula Merah.....	14
Gambar 5 Diagram Alir Pengaruh Penambahan Santan.....	15
Gambar 6 Diagram Alir Pengaruh Penambahan Minyak Kelapa.....	15
Gambar 7. Pengaruh penambahan gula merah terhadap tekstur gel pati sagu bergula.....	20
Gambar 8. Pengaruh Penambahan Gula Merah Terhadap Kadar Air Gel Pati Sagu Bergula.....	21
Gambar 9. Pengaruh Penambahan Gula Merah Terhadap Kadar Pati Gel Pati Sagu Bergula.....	22
Gambar 10. Pengaruh Penambahan Gula Merah Terhadap Kadar Amilosa dan Amilopektin Gel Pati Sagu Bergula.....	23
Gambar 11. Pengaruh Penambahan Gula Merah Terhadap Kekuatan Gel Pati Sagu Bergula.....	24
Gambar 12. Pengaruh Penambahan Santan Terhadap Gel Pati Sagu Bersantan.....	25
Gambar 13. Pengaruh Penambahan Santan Terhadap Kadar Air Gel Pati Sagu Bersantan.....	26
Gambar 14. Pengaruh Penambahan Santan Terhadap Kadar Pati Gel Pati Sagu Bersantan.....	27
Gambar 15. Pengaruh Penambahan Santan Terhadap Kadar Amilosa dan Amilopektin Gel Pati Sagu Bersantan.....	28
Gambar 16. Pengaruh Penambahan Santan Terhadap Kekuatan Gel Pati Sagu Bersantan.....	29
Gambar 17. Pengaruh Penambahan Minyak Kelapa Terhadap Gel Pati Sagu Berminyak.....	30
Gambar 18. Pengaruh Penambahan Minyak Kelapa Terhadap Gel Pati Sagu Berminyak.....	31
Gambar 19. Pengaruh Penambahan Minyak Kelapa Terhadap Kadar Pati Gel Pati Sagu Berminyak.....	32
Gambar 20. Pengaruh Penambahan Minyak Kelapa Terhadap Kadar Amilosa dan Amilopektin Gel Pati Sagu Berminyak.....	34
Gambar 21. Pengaruh Penambahan Minyak Kelapa Terhadap Kekuatan Gel Pati Sagu Berminyak.....	35

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sagu (*Metroxylon Sp*) merupakan salah satu komoditi penghasil pati yang sangat potensial dimanfaatkan pada berbagai produk pangan, tetapi pemanfaatannya pada produk olahan semi basah masih terbatas. Sagu memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi, paling unggul diantara makanan pokok seperti beras, jagung, singkong dan kentang. Dibandingkan dengan tepung jagung dan tepung beras kandungan kalori sagu lebih tinggi yaitu sekitar 381 per 100 gram. Kandungan protein dan lemak sagu jauh lebih rendah dibandingkan dengan makanan pokok lainnya (Nutri Survey, 2014). Tepung sagu dan produk olahannya dapat dikelompokkan sebagai pangan fungsional karena memiliki kandungan karbohidrat (84,7%) dan serat pangan (3,69-5,96%) yang cukup tinggi, indeks glikemik (28) rendah, dan mengandung pati resisten, polisakarida bukan pati, dan karbohidrat rantai pendek yang sangat berguna bagi kesehatan (Alfons et al, 2011).

Sebagai sumber karbohidrat atau pati, sagu banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan tradisional sejak dulu pada produk olahan kering dan semi basah, tetapi pada olahan semi basah belum dapat diatasi sifat retrogradasi pati sagu yang berdampak pada karakteristik produk akhir. Sifat retrogradasi merupakan sifat alami bawaan sagu merupakan permasalahan yang menghambat pengembangan produk pada olahan semi basah. Retrogradasi adalah proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi (Winarno, 2014 dalam Amin, A. N 2013). Pati sagu memiliki kandungan amilosa dan amilopektin berbeda pada setiap jenis pati bergantung sumber dan sifat bawaan tanaman. Amilosa merupakan polisakarida rantai lurus, digabungkan dengan ikatan  $\alpha$ -1,4 dan amilopektin merupakan polisakarida rantai bercabang, digabungkan dengan ikatan  $\alpha$ -1,4 pada rantai lurus dan percabangannya ikatan  $\alpha$ -1,6 (Polnaya Febby J, dkk 2008).

Pada umumnya pati sagu mengandung sekitar 27% amilosa dan 73% amilopektin. Rasio amilosa yang tinggi terhadap amilopektin dapat mempengaruhi sifat pati, jika kadar amilosa tinggi maka pati sagu bersifat kering, kurang lekat dan memiliki sifat higroskopis yang tinggi sehingga semakin tinggi kandungan amilosa menyebabkan sifat retrogradasi meningkat. Pati sagu masih sangat terbatas pemanfaatannya disebabkan kelemahannya pada sifat fungsionalnya yaitu mudah mengalami retrogradasi atau terjadinya perubahan pada pati tergelatinisasi selama proses pendinginan dan penyimpanannya, permasalahan tersebut sering ditemukan pada produk olahan pati sagu semi basah seperti kapurung, papeda, ongol-ongol,

cendol dan sebagainya. Salah satu cara untuk mengurangi sifat retrogradatif yaitu dengan melakukan modifikasi pati ataupun penambahan bahan-bahan lainnya yang dapat mengurangi sifat retrogradatif. Santan, gula merah dan minyak kelapa diduga dapat mengurangi dan menghambat sifat retrogradatif. Penurunan retrogradasi gel pati sagu pada penambahan gula merah dapat terjadi karena adanya proses *plastisizing action* yang dapat mengurangi kekuatan gel. Pada penambahan santan diduga karena lemak dan amilosa dapat berikatan dan membentuk endapan yang tidak larut, lemak tersebut akan menghambat pengeluaran amilosa dari granula pati yang mengakibatkan kadar amilosa menurun sehingga dapat mengurangi pembentukan kristal. Penurunan retrogradasi pada penambahan minyak dapat dipengaruhi oleh interaksi pati dengan lipida. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini dilakukan mengenai pengaruh penambahan gula merah, santan, minyak kelapa secara masing-masing, pada sifat fisik gel tepung sagu (*metroxylon sp*) yang dihasilkan untuk mengurangi sifat retrogradasi yang diharapkan dapat diterapkan diberbagai produk olahan sagu semi basah.

## **1.2 Tujuan dan Kegunaan**

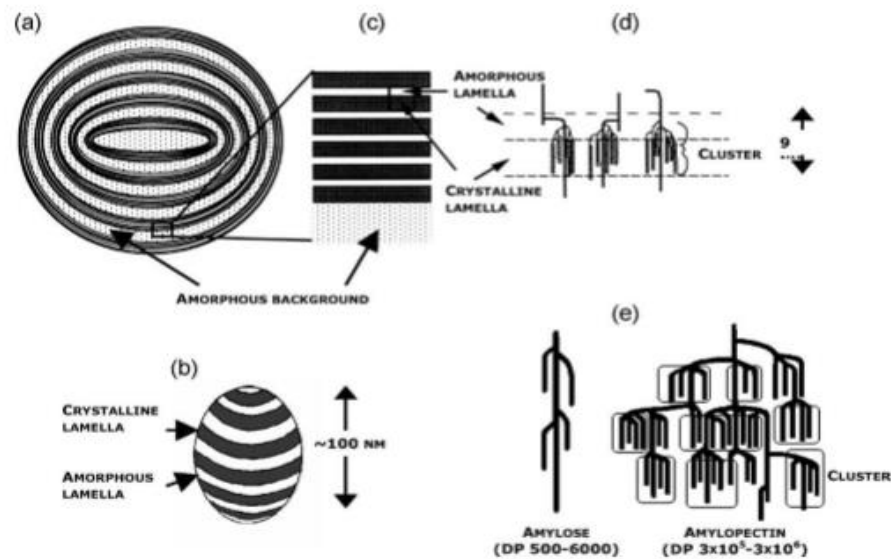
Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh kadar masing-masing penambahan gula merah, santan dan minyak kelapa terhadap penurunan sifat retrogradasi pati tergelatinisasi serta mengetahui sifat fisikokimia gel pati sagu yang dihasilkan.

Kegunaan penelitian ini yaitu hasil gel yang dihasilkan dapat diaplikasikan pada produk kapurung, papeda, ongol-ongol, cendol dan berbagai produk olahan sagu lainnya sehingga dapat dijadikan sebagai bahan acuan untuk formulasi terbaik yang dapat disajikan dan dikonsumsi dalam keadaan dingin maupun hangat dan sebagai bahan informasi untuk pengembangan pengolahan makanan tradisional Indonesia dari sagu.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Granula pati

Dalam bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang sering disebut granula. Granula pati dalam keadaan murni berwarna putih, mengkilat, tidak berbau dan tidak berasa. Bentuk dan ukuran granula merupakan karakteristik setiap jenis pati, karena itu dapat digunakan untuk identifikasi. Selain ukuran granula karakteristik lain adalah bentuk, keseragaman granula, lokasi hilum, serta permukaan granulannya. Goesaert et al. (2005) melaporkan bahwa dalam granula, molekul-molekul linier dan bercabang tersusun secara radial dalam sel yang konsentrik dan membentuk cincin atau lamela (Gambar 1). Penampakan cincin atau lamela pada granula pati diduga sebagai akibat dari adanya pelapisan dari molekul pada granula



Gambar 1. Skema perbedaan tingkat struktur dari suatu granula pati

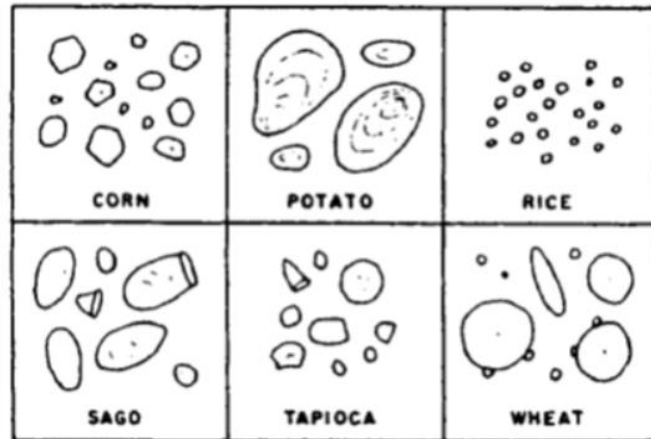
(a) granula dengan amorf dan kristalin yang berselang-seling; (b) perbesaran struktur 100 nm; (c) perbesaran lapisan semi kristalin yang terdiri dari lamella kristalin dan lamella amorf; (d) struktur kluster amilopektin dalam sel semi kristalin; (e) skema representasi dari amilosa dan amilopektin.

Sumber : Goesaert *et al.*, 2005)

Bentuk butiran pati secara fisik berupa semi kristalin yang terdiri dari unit kristal dan unit amorf. Unit kristal lebih tahan terhadap perlakuan asam kuat dan enzim. Bagian amorf dapat menyerap air dingin sampai 30 persen tanpa merusak struktur pati secara keseluruhan. Hingga kini diduga bahwa komponen yang bertanggung jawab terhadap sifat-sifat kristal dari granula pati adalah amilopektin karena pemeriksaan dengan mikroskop polarisasi



memperlihatkan bahwa pati dengan kandungan amilopektin tinggi (waxy starch) tetap memperlihatkan sifat birefrinjennya seperti pati normal, sementara pati dengan kandungan amilosa tinggi sering tidak menampakkan adanya pola tersebut (Baker dan Whelan 1950). Kenampakan beberapa bentuk granula pati dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kenampakan beberapa bentuk granula pati.  
 Sumber : Goeasaert *et al.*, 2005)

Sifat birefrinjen adalah sifat granula pati yang mampu merefleksikan cahaya terpolarisasi sehingga terlihat kontras gelap terang yang tampak sebagai warna biru-kuning. Sifat ini akan terlihat jika pati diamati di bawah mikroskop polarisasi. Warna biru-kuning pada permukaan granula pati disebabkan adanya perbedaan indeks refraksi dalam granula pati. Indeks refraksi dipengaruhi oleh struktur amilosa dalam granula pati. Bentuk heliks dari amilosa dapat menyerap sebagian cahaya yang melewati granula pati. Jika arah getar dari gelombang cahaya paralel terhadap sumbu heliks amilosa, terjadi penyerapan cahaya secara intensif. Intensitas birefrinjen sangat tergantung pada derajat dan orientasi kristal. Gugus hidroksil yang terletak sejajar dari polimer berantai lurus atau bagian lurus dari struktur berbentuk cabang, akan berasosiasi melalui ikatan hidrogen sehingga mendorong pembentukan kristal pati. Daerah kristal dapat terbentuk jika rantai-rantai polimer mampu saling mendekati sampai jarak sedemikian dekat sehingga menyebabkan gaya tarik antar rantai bekerja. Daerah dimana rantai-rantai polimer tersusun secara teratur di dalam molekul pati dinyatakan sebagai daerah kristalin. Diantara daerah-daerah teratur terdapat daerah yang tidak teratur dimana rantai-rantai polimer tersusun secara tidak teratur dinyatakan sebagai daerah amorf. Sifat kristal pati dapat hilang apabila granula mengalami kerusakan. Hal ini disebabkan amilopektin dengan rantai pendek dan ukuran tertentu yang seharusnya tersusun secara teratur dalam granula menjadi tidak teratur (Billiaderis 1992).

## **2.2 Gelatinisasi**

Gelatinisasi adalah peristiwa hilangnya sifat birefrinjen granula pati akibat penambahan air secara berlebihan dan pemanasan pada waktu dan suhu tertentu, sehingga granula pati membengkak dan tidak dapat kembali pada kondisi semula (irreversible). Pati tidak larut dalam air dingin, tetapi secara reversible dapat mengembang dalam air hangat. Namun demikian jumlah air yang terserap dan pembengkakannya terbatas. Pada saat itu granula pati dapat mengembang sampai 30% untuk pati yang kaya amilosa. Pengembangan volume granula ini dimulai dari bagian amorf. Energi yang cukup akan memutuskan ikatan hidrogen inter-molekul pada bagian ini, yang menyebabkan granula mengembang, tetapi belum cukup untuk merusak susunan kristal pada bagian lain dari granula. Jika suhu yang digunakan meningkat dan telah mencapai suhu tertentu pengembangan granula menjadi irreversibel, maka ikatan molekul pati menjadi pecah sehingga ikatan hidrogennya mengikat lebih banyak molekul air. Penetrasi air ini menyebabkan peningkatan derajat ketidakteraturan dan meningkatnya molekul pati yang terpisah serta hilangnya sifat birefrinjen. Pemanasan akan lebih meregangkan misella, sehingga air akan lebih banyak terperangkap dalam granula yang mengakibatkan granula semakin membesar sampai pada suatu keadaan dimana pati kehilangan struktur kristalnya sama sekali. Gelatinisasi sangat tergantung kepada jumlah air dan panas yang diberikan. Penambahan bahan tambahan seperti gula, lemak, garam dan asam dapat mempengaruhi gelatinisasi pati. Penambahan gula lebih dari 16% pada suspensi pati akan menghambat pembengkakan granula, karena gugus hidroksi gula bersifat hidrofilik sehingga akan bersaing dengan pati untuk mengadakan interaksi dengan air (Heckman 1977). Juga penambahan gula dapat menurunkan laju peningkatan viskositas pasta selama pemanasan atau juga menurunkan kecepatan pembengkakan granula (Sulistiyanto 1988).

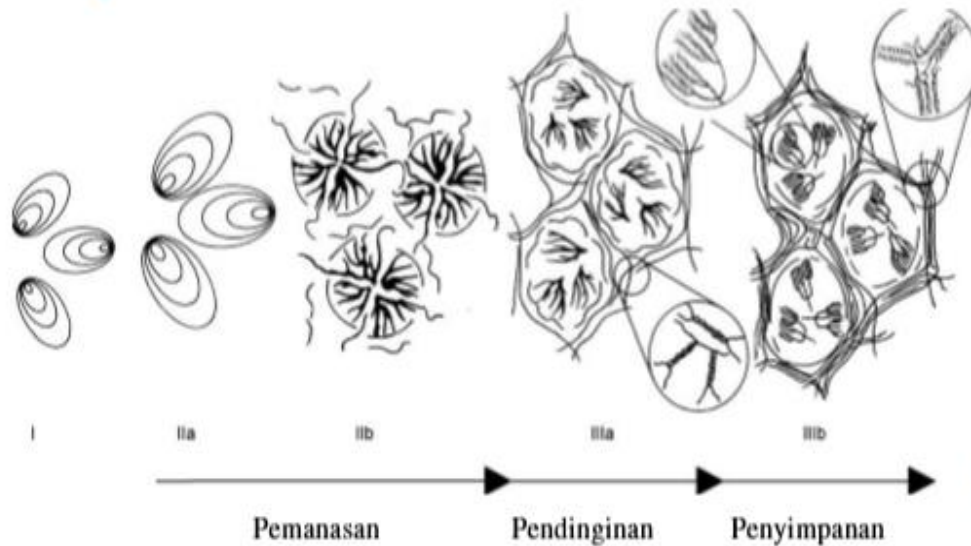
## **2.3 Sifat Retrogradasi Gel Pati Sagu**

Retrogradasi merupakan fenomena umum yang terjadi pada gel pati yang didinginkan/disimpan dan sering terjadi pada makanan yang berbasis pati. Karena itu beberapa prinsip dasar retrogradasi seperti pengertian retrogradasi, fenomena retrogradasi dan penghambatan retrogradasi perlu dipahami dengan baik. Retrogradasi adalah proses penggabungan kembali rantai linier pati yang mengalami gelatinisasi. Retrogradasi adalah proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi dan perubahan yang terjadi selama pendinginan dan penyimpanan. Retrogradasi adalah perubahan gel amorf menjadi kristalin yang terjadi pada pati tergelatinisasi selama penyimpanan. Perkembangan awal kristalinitis terjadi pada fraksi amilosa dan perubahan jangka panjang ditandai dengan

kristalinitis pada fraksi amilopektin. Sifat retrogradasi fraksi amilopektin dipengaruhi oleh sumber pati dan konsentrasi. Faktor lain yang mempengaruhi retrogradasi adalah suhu penyimpanan, struktur amilopektin, keberadaan komponen lain. Penyimpanan pasta pati atau dispersi pati akan menyebabkan terjadinya retrogradasi yaitu fenomena dimana hidrasi hilang dan rantai pati menjadi lebih sukar untuk dibasahi dibandingkan dengan granula asalnya dan granula pati yang telah mengalami retrogradasi tidak mudah untuk diserang oleh enzim. Retrogradasi dapat mengakibatkan perubahan pada sifat gel pati. Perubahan yang terjadi diantaranya peningkatan resistensi pati terhadap hidrolisa oleh enzim amilolitik, penurunan kemampuan transmisi cahaya dan hilangnya reaksi pembentukan kompleks berwarna biru dengan penambahan yodium. Eliasson dan Gudmundsson (1996) menyatakan bahwa perubahan sifat reologi gel akibat retrogradasi adalah peningkatan firmness gel, kehilangan water holding capacity dan munculnya kembali kristalinitas.

Beberapa molekul pati, terutama amilosa yang dapat terdispersi dalam air panas, meningkatkan granula-granula yang membengkak dan masuk ke dalam cairan yang ada disekitarnya. Karena itu gel pati yang telah mengalami gelatinisasi terdiri dari granula-granula yang membengkak tersuspensi dalam air panas dan molekul-molekul amilosa yang terdispersi dalam air. Molekulmolekul amilosa tersebut akan terus terdispersi, asalkan gel pati tersebut tetap dalam keadaan panas. Maka dalam kondisi panas, gel masih memiliki kemampuan untuk mengalir yang fleksibel dan tidak kaku. Bila gel tersebut didinginkan, energi kinetik tidak lagi cukup tinggi untuk melawan kecenderungan molekul-molekul amilosa untuk bersatu kembali. Molekulmolekul amilosa berikatan kembali satu sama lain serta berikatan dengan cabang amilopektin pada pinggir-pinggir luar granula. Dengan demikian mereka menggabungkan butir pati yang membengkak itu menjadi semacam jaring-jaring membentuk mikrokristal dan mengendap. Proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi inilah terbentuknya retrogradasi (Winarno 1994). Jika gel pati didiamkan beberapa lama, maka akan terjadi perluasan daerah kristal sehingga mengakibatkan pengkerutan struktur gel, yang biasanya diikuti dengan keluarnya air dari gel yang disebut sineresis (Winarno 1994). Fenomena yang terjadi pada pati selama pemanasan, pendinginan dan penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 2. Retrogradasi terjadi karena adanya kecenderungan yang kuat dari gugus-gugus hidroksil molekul-molekul pati untuk saling membentuk ikatan hidrogen. Dan pembentukan ikatan ini jauh lebih mudah terjadi pada amilosa dibanding dengan amilopektin. Percabangan amilopektin menghambat gerakan molekul-molekul amilopektin serta menurunkan kecenderungannya untuk saling berikatan. Menurut Hodge dan Osman (1976)

bahwa retrogradasi pada molekul amilopektin bersifat reversible bila diberi panas, tetapi tidak demikian dengan retrogradasi yang terjadi pada amilosa.



Gambar 3. Skema perubahan yang terjadi pada pati yang ditambahkan air saat pemanasan, pendinginan dan penyimpanan

(I) Granula native pati; (II) Gelatinisasi (a) pembengkakan granula, (b) ikatan molekul pati pecah keluaranya amilosa dari granula; (III) Retrogradasi (a) pembentukan retrogradasi amilosa selama pendinginan, (b) pembentukan kristalin pada amilopektin (retrogradasi amilopektin) selama penyimpanan.

Sumber : Goeasaert *et al.*, 2005)

Antara molekul-molekul amilosa yang berdekatan atau bagian luar cabang amilopektin dapat mengadakan hubungan paralel melalui ikatan hidrogen membentuk daerah kristal atau misel. Diantara misel-misel terdapat daerah amorf yang mempunyai sifat mudah menyerap air. Terbentuknya daerah kristal yang tersusun secara radial menyebabkan granula pati mempunyai sifat birefrinjen. Birefrinjen adalah kemampuan granula merefleksikan sinar terpolarisasi akan terlihat daerah gelap-terang (Winarno 1994)

Granula pati sagu terdapat banyak pada empulur batang sagu. Komponen utama pati sagu adalah amilosa mempunyai struktur heliks yang tidak bercabang, menghasilkan warna biru ketika bertinteraksi dengan iodine dan sebagai komponen utama penyebab retrogradasi. Amilopektin terdiri dari rantai bercabang dan menghasilkan warna merah ketika diberi iodine karena tidak terbentuk helix serta sedikit berperan dalam penyebab retrogradasi. Granula pati sagu tidak dapat larut dalam air dingin tetapi akan mengembang pada suhu diatas 60°C. Granula pati sagu yang memiliki ukuran yang besar akan cepat mengalami pembengkakan dan

seiring kenaikan suhu granula yang berukuran relatif kecil akan ikut membengkak sehingga seluruh granula pati membengkak secara maksimal. Pada proses pemanasan pati sagu ikatan hidrogen antara amilosa dan amilopektin akan merenggang sehingga air mudah masuk ke dalam susunan amilosa dan amilopektin pati mengandung gugus hidroksil dalam jumlah banyak sehingga memiliki kemampuan menyerap air, pada awalnya suspensi pati dalam air yang dipanaskan berwarna putih keruh kemudian mulai menjadi jernih pada suhu tertentu dan akan menghasilkan viskositas yang tinggi, setelah dipanaskan pada proses pendinginan gel mulai mengkristal. Proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi inilah terbentuknya retrogradasi (Winarno 1994).

#### **2.4 Penghambatan retrogradasi**

Selain dengan menambahkan humektan laju retrogradasi dapat dihambat dengan menambahkan lemak santan. Menurut Furia (1968) lemak dapat mengadakan ikatan dengan amilosa. Ikatan ini membentuk endapan yang tidak larut dan diduga adanya lemak ini akan menghambat pengeluaran amilosa dari granula pati yang mengakibatkan kadar amilosa menurun dan pembentukan kristalin terhambat. Permukaan granula pati dapat mengabsorpsi lemak sehingga permukaannya terlapisi oleh lemak dan ini dapat menghalangi terjadinya retrogradasi lebih cepat. Lemak dan fraksi amilopektin dengan rantai unit pendek atau derajat polimerisasi 6-9 telah menunjukkan penghambatan retrogradasi. Pada pati amilosa tinggi, fraksi amilosa mempunyai efek sinergis dalam retrogradasi amilopektin. Temperatur juga berpengaruh terhadap retrogradasi, dimana retrogradasi dapat dihambat dengan pembekuan (M deMan 1997). Suhu penyimpanan produk pangan berbasis pati berpengaruh nyata dalam stabilitas sifat fungsional bahan; yang berarti juga mempengaruhi umur simpan produk (Fennema 1985). Metode untuk mempelajari retrogradasi pati dapat diklasifikasikan dengan dua cara yaitu teknik makroskopik dan teknik molekuler. Teknik makroskopik metode yang memonitor perubahan sifat fisis sebagai manifestasi retrogradasi yang termasuk dalam hal ini teknik reologi, evaluasi organoleptik tekstur, metode differential scanning calorimetry (DSC), light scattering, dan turbidometri. Teknik molekuler metode yang mempelajari perubahan pati dengan mobilitas air di dalam gel pati pada level molekuler misalnya difraksi sinar-X, spektroskopi resonansi magnetik nuklir (NMR), vibrasi spektroskopi.

#### **2.5 Rasio Amilosa dan Amilopektin Pada Beberapa Sumber Karbohidrat**

Pati terdiri dari berbagai jenis yang disimpan sebagai cadangan makanan bagi tumbuh-tumbuhan di dalam biji buah (padi, jagung, gandum, jawa wood, sorgum), di dalam umbi (ubi

kayu, ubi jalar, uwi, talas, kentang) dan pada batang (aren, sagu). Pati sagu diperoleh dari hasil ekstraksi empulur batang sagu (*Metroxylon Sp*) yang hampir semua bagiannya mengandung pati, pati sagu diekstraksi dengan menggunakan air sebagai perantara untuk mendapatkan pati. Rasio amilosa amilopektin pati sagu menurut Wirakartakusumah et al. (1986) yaitu 27,4 : 72,6 dengan suhu gelatinisasi 72°C – 90°C. Granula pati sagu berbentuk elips relatif lebih besar dibanding serelia yaitu 5µm – 80µm. Kandungan gizi sagu per 100 gram (Kam,1992) yaitu, Kadar air 14.00%, Kalori 343.00 kal, Protein 0.70 g, Lemak 0.20 g, Karbohidrat 84.70 g, Mineral 0.40 g, Kalsium 11.00 mg , Fosfor 13.00 mg , Besi 1.50 mg, Thiamine 0.01 mg.

Tabel 1 Komposisi kimia tapioka dan pati sagu per 100 gr bahan

Komponen	Tapioka	Pati Sagu
Air (g)	14	9.1
Karbohidrat (g)	84.7	88.2
Protein (g)	0.7	1.1
Lemak (g)	0.2	0.5
Fosfor (mg)	13.0	12.5
Kalsium (mg)	11.0	84
Besi (mg)	1.5	1

Sumber : Departemen Kesehatan RI (1979)

Tapioka merupakan granula yang berasal dari karbohidrat, berwarna putih, tidak berbau dan memiliki rasa manis. Bentuk granula tapioka berbentuk seperti mangkok dan memiliki bentuk yang sangat kompak, tetapi setelah diolah granula tersebut akan pecah menjadi komponen-komponen yang tidak beraturan. Suhu gelatinisasi sempurna pati tapioka yaitu dibawah suhu 80°C. Ukuran granulannya bervariasi antara 5-35 µm dan rata-rata 17 µm.

Tabel 2 Sifat fisiko kimia tapioka dan sagu

Komponen	Kisaran Nilai	
	Tapioka	Sagu
Kadar pati (%)	50 – 70	50 - 65
Kadar amilosa (%)	17 - 25	20 – 30
Rasio amilosa : amilopektin	20 : 80 17: 83*	27 : 73 27 : 73*
Bentuk granula	Oval	Elips
Ukuran granula (µm)	17 – 83	20 - 60
Suhu gelatinisasi (°C)	52 - 64	60 - 72

Sumber : Knight (1989) dalam Swinkels (1985)

Jagung merupakan sumber pati sekitar 70% dari bobot biji terdiri dari 2 polimer glukosa yaitu amilosa dan amilopektin. Karbohidrat pada jagung sebagian besar merupakan komponen pati, sedangkan komponen lainnya adalah pentosan, serat kasar, dekstrin, sukrosa dan gula pereduksi. Kandungan penting lainnya pada jagung adalah protein (Richana, 2012). Jagung mengandung 20-35% amilosa dan 70-75% amilopektin dan memiliki beragam jenis pati, mulai dari kadar amilopektin rendah sampai tinggi, kandungan amilopektin pada jagung berpengaruh terhadap karakteristik jagung, semakin tinggi kandungan amilopektin pada jagung maka tekstur jagung semakin lunak sedangkan pada saat pembentukan gel pati jagung semakin tinggi kadar amilosa pati, semakin kuat struktur gel yang terbentuk, masing-masing fraksi biji jagung menunjukkan sifat yang berbeda.

## **2.6 Gula Merah**

Gula diduga dapat mengurangi kekuatan gel dengan membentuk suatu proses *plastisizing action* dan bergabung pada antar lapisan. Konsentrasi gula berpengaruh terhadap penampakan gel pati, khususnya warna yaitu berwarna gelap mengkilat dikarenakan proses browning. Semakin tinggi konsentrasi gula yang ditambahkan semakin gelap warna yang dihasilkan. Disakarida lebih efektif dari pada monosakarida dalam memperlambat gelatinisasi dan mengurangi kekentalan maksimum (Fennema, 1976 dalam Trikurniawati, 2015).

## **2.7 Santan**

Santan diperoleh dari buah kelapa (*Cocos nucifera*) dengan proses pamarutan dan pemerasan. Santan kelapa mengandung tiga komponen utama yaitu air, lemak dan protein. Santan merupakan emulsi minyak dalam air dengan protein sebagai stabilisator emulsi. Air sebagai pendispersi dan minyak sebagai fase terdispersi. Pada sistem emulsi minyak dalam air, protein membungkus butir-butir minyak dengan suatu lapisan tipis sehingga butir-butir tersebut tidak dapat bergabung menjadi satu fase kontinyu. Butir-butir minyak dapat bergabung menjadi satu fase kontinyu jika sistem emulsi dipecah dengan merusak protein sebagai pembungkus butir-butir minyak. Pada pembentukan gel pati dengan penambahan santan, lemak dan amilosa dapat berikatan dan akan membentuk endapan yang tidak larut, lemak tersebut akan menghambat pengeluaran amilosa dari granula pati yang mengakibatkan kadar amilosa menurun dan diduga dapat mengurangi pembentukan kristal atau penghambatan retrogradasi. Penambahan santan kental dapat meningkatkan sifat sensorik terutama rasa, aroma dan tekstur menjadi kalis. Santan dalam pengolahan pangan dapat berfungsi sebagai media penghantar panas pada waktu pemasakan. Menurut penelitian (Faridah, 2005) menyatakan bahwa



konsentrasi santan mempengaruhi proses retrogradasi pada bika ambon. Makin tinggi konsentrasi santan, kadar air dan Aw makin tinggi sedangkan tekstur secara signifikan makin lembut dan kristalinitas lebih lambat terjadi.

## **2.8 Minyak Kelapa**

Penurunan retrogradasi dapat dipengaruhi oleh interaksi pati dengan komponen lain yaitu lipida. Lipida memiliki kemampuan membentuk kompleks dengan amilosa, amilosa yang merupakan single helix dapat menjerat molekul lipida dan berada dibagian dalam helix cavity. Amilosa dan gugus metil lipida berada dalam posisi yang saling berhadapan (Putseys *et al.*, 2010). Keberadaan kompleks amilosa-lipida akan mengurangi proses hidrolisis pati. Pati secara alami dapat membentuk amilosa-lipida dan dapat terbentuk pada saat pati digeletinisasi dengan lipida.

## **2.9 Metode Analisis Retrogradasi**

Sifat birefrinjen adalah sifat granula pati yang mampu merefleksikan cahaya terpolarisasi sehingga terlihat kontras gelap terang yang tampak sebagai warna biru-kuning. Sifat ini akan terlihat jika pati diamati di bawah mikroskop polarisasi (Hoseney 1998). Warna biru-kuning pada permukaan granula pati disebabkan adanya perbedaan indeks refraksi dalam granula pati. Indeks refraksi dipengaruhi oleh struktur amilosa dalam granula pati. Bentuk heliks dari amilosa dapat menyerap sebagian cahaya yang melewati granula pati. Jika arah getar dari gelombang cahaya paralel terhadap sumbu heliks amilosa, terjadi penyerapan cahaya secara intensif. Intensitas birefrinjen sangat tergantung pada derajat dan orientasi kristal (French 1984).

Sifat birefrinjen (Wirakartakusumah 1981) Perubahan sifat birefrinjen granula pati diamati menggunakan mikroskop polarisasi yang dilengkapi kamera. Sampel yang dilihat sifat birefrinjenya dicampur dengan akuades, kemudian suspensi tersebut diteteskan di atas gelas objek dan ditutup dengan gelas penutup. Objek diuji dengan meneruskan cahaya melalui alat polarisator dan selama pengamatan alat analisator diputar sehingga cahaya terpolarisasi sempurna yang ditunjukkan oleh butir-butir pati yang belum mengalami gelatinisasi dengan sifat birefrinjen. Bila pengamatan dilakukan tanpa menggunakan polarisator dan alat penganalisa (analisator) maka disebut mikroskop cahaya. Gambar akan dipotret menggunakan film berwarna (Fuji Film ASA 200, 35, Japan).

Diffraksi sinar-X (Manual Siemens D 5005) Pada prinsipnya difraksi sinar-X yaitu pembelokan sinar yang dipancarkan terhadap sampel, dimana makin intensif kristal sampel

makin terjadi pembelokan sinar yang dihasilkan. Difraksi sinar-X ini menunjukkan pengulangan keadaan yang teratur pada struktur molekul double helix, tapi tidak mendeteksi ketidak-teraturan struktur yang padat. Metode analisa dengan difraksi sinar-X menggunakan Siemens D 5005 dengan kondisi operasi pada 45 kV dan 40 mA. Alat dihidupkan, sampel diletakkan pada suatu wadah, setelah itu bagian tersebut akan mendapat sinar yang dipancarkan dari alat yang bergerak. Pola difraksi sinar-X ini diproses dengan perangkat lunak yang ada dalam recorder dan keluarannya berupa grafik.