



UNIVERSITAS INDONESIA

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI EKSIPIEN KOPROSES
KARAGENAN DAN PRAGELATINISASI PATI SINGKONG
MENGUNAKAN ASAM PROPIONAT ANHIDRIDA**

SKRIPSI

**MELISA
0806364643**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI EKSTENSI FARMASI
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI EKSIPIEN KOPROSES
KARAGENAN DAN PRAGELATINISASI PATI SINGKONG
MENGUNAKAN ASAM PROPIONAT ANHIDRIDA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Farmasi**

**MELISA
0806364643**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI EKSTENSI FARMASI
DEPOK
JULI 2012**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini dengan sebenarnya menyatakan bahwa skripsi ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Indonesia

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang dijatuhkan oleh Universitas Indonesia kepada saya.

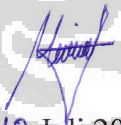
Depok, 10 Juli 2012



Melisa

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua
Sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya
nyatakan dengan benar.

Nama : Melisa
NPM : 0806364643
Tanda Tangan : 
Tanggal : 10 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Melisa
NPM : 0806364643
Program Studi : Ekstensi Farmasi
Judul Skripsi : Preparasi dan Karakterisasi Ekspien Koproces Karagenan dan Pragelatinisasi Pati Singkong Menggunakan Asam Propionat Anhidrida

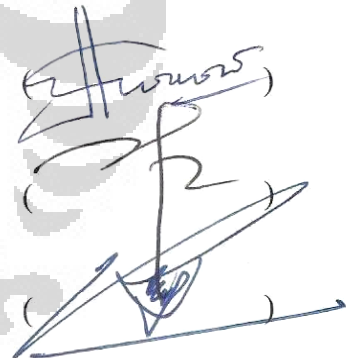
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi pada Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Effionora Anwar, MS., Apt.

Penguji I : Dr. Mahdi Jufri, M.Si., Apt.

Penguji II : Dra. Rosmaladewi, Apt.



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 10 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Farmasi di Departemen Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Yahdiana Harahap, MS., Apt. selaku Ketua Departemen Farmasi FMIPA UI.
- (2) Dra. Azizahawti, M.S, Apt. selaku Ketua Program Sarjana Ekstensi Farmasi FMIPA UI.
- (3) Prof. Dr. Effionora Anwar, MS., Apt. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, bantuan, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
- (4) Dr. Silvia Surini, M.Pharm.Sc., Apt. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan selama penulis menempuh pendidikan di program S1 Ekstensi Farmasi UI.
- (5) Seluruh dosen, laboran, dan staf karyawan di Departemen Farmasi FMIPA UI, atas segala ilmu, dukungan, dan saran kepada penulis selama masa pendidikan di Departemen Farmasi FMIPA UI.
- (6) Ayah, Ibu, abang Erwin, abang Tian dan kakak Monalisa yang senantiasa memberikan kasih sayang, semangat, dan doa demi kelancaran studi penulis;
- (7) Orang-orang terdekat Amel, Siska, Nori terima kasih karena sudah selalu memberikan dukungan penuh.
- (8) Teman-teman Ekstensi Farmasi angkatan 2008, rekan-rekan penelitian di Laboratorium Departemen Farmasi FMIPA UI terima kasih untuk segala

dukungan, bantuan, kerjasama, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis.

- (9) Seluruh teman-teman Farmasi UI yang telah membantu penulis dalam berbagai hal terutama selama masa penelitian dan penyusunan tugas akhir.
- (10) Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang farmasi.

Penulis
2012



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Melisa
NPM : 0806364643
Program Studi : Ekstensi Farmasi
Departemen : Farmasi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Preparasi dan Karakterisasi Eksipien Koproses Karagenan dan Prigelatinisasi Pati Singkong Menggunakan Asam Propionat Anhidrida

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 10 Juli 2012

Yang menyatakan


(Melisa)

ABSTRAK

Nama : Melisa
Program Studi : Ekstensi Farmasi
Judul : Preparasi dan Karakterisasi Eksipien Koproses Karagenan dan Prigelatinisasi Pati Singkong Menggunakan Asam Propionat Anhidrida

Pregelatinisasi pati singkong propionat (PPSP) merupakan hasil modifikasi fisika dan kimia pati singkong, yang diperoleh dengan mereaksikan pregelatinisasi pati singkong dengan asam propionat anhidrida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik eksipien koproses yang dihasilkan dari kombinasi PPSP dengan campuran kappa dan iota karagenan (1:1) dapat digunakan sebagai eksipien dalam sediaan farmasi. Karakteristik yang dilakukan adalah karakteristik fisika, kimia dan fungsional. Koproses PPSP dengan karagenan dibuat dari campuran kappa dan iota karagenan (1:1) dengan tiga perbandingan yaitu koproses A (1:1), B (2:1), dan C (3:1) kemudian dikarakterisasi. Berdasarkan evaluasi, koproses C (PPSP: [karagenan kappa: iota karagenan = 1:1] (3:1)) dapat digunakan sebagai eksipien sediaan lepas terkendali.

Kata kunci : Prigelatinisasi pati singkong propionat, kappa karagenan, iota karagenan, koproses

xvii + 103 halaman : 19 gambar; 9 tabel; 55 lampiran

Daftar acuan : 38 (1985-2011)

ABSTRACT

Name : Melisa
Program Study : Pharmacy Extension Program
Title : Preparation and Characterization of Excipient Coprocessed Carrageenan and Pregelatinized Cassava Starch using Propionic Anhydride Acid

Pregelatinized cassava starch propionic (PPSP) is a result of physical and chemical modification of cassava starch, which is obtained by reacting cassava starch with propionic anhydride acid. The aimed of this study is to know the characteristics of coprocessed excipient which is produced from combining pregelatinized cassava starch propionic with carrageenan (kappa:iota (1:1)) can be used as an excipient in pharmaceutical dosage forms. The characteristics of being done is characteristic of physical, chemical and functional. Coprocess ppSP with carrageenan (kappa:iota (1:1)) was made with three ratio A (1:1), B (2:1), and C (3:1), after that coprocessed is characteristics. Based on the evaluation, coprocess C (PPSP: [carrageenan kappa:iota carrageenan = 1:1] (3:1)) can be used as a controlled release dosage excipient.

Keywords : Pregelatinized cassava starch propionic; kappa carrageenan; iota carrageenan; coprocess

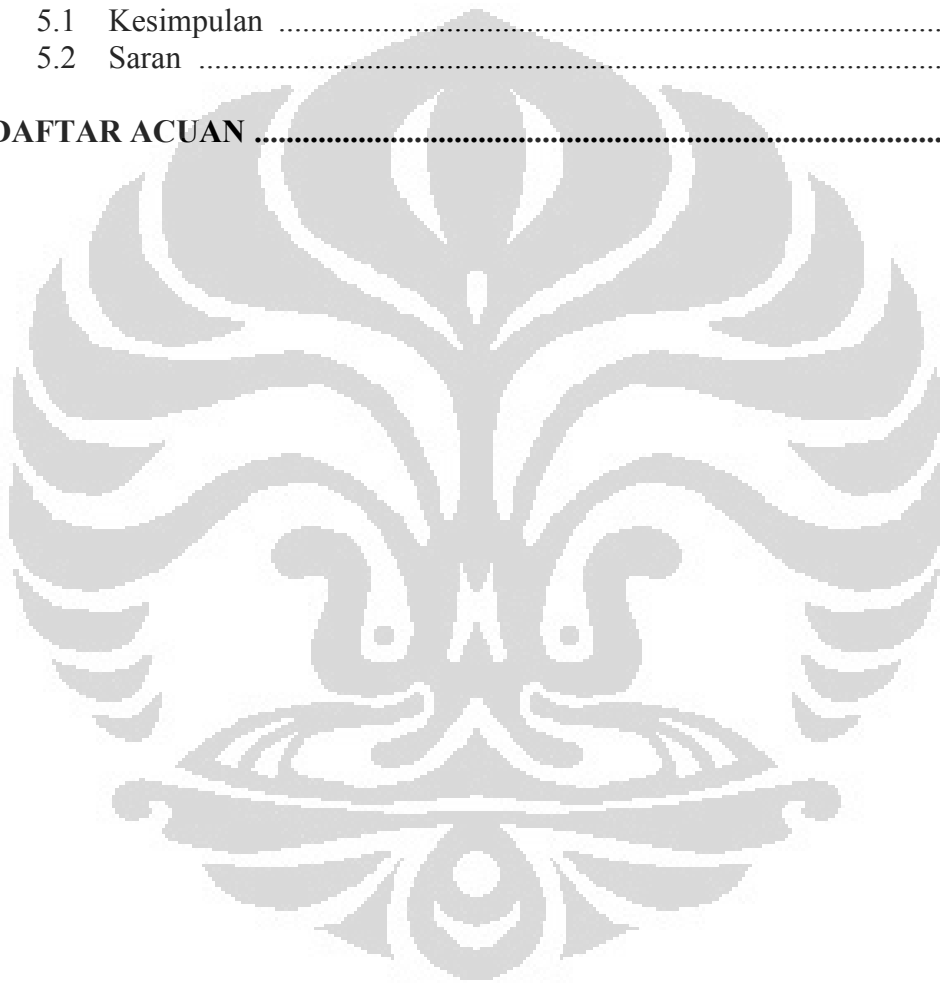
xvii + 103 pages; 19 picture; 9 table; 55 appendices

Bibliography :38 (1985-2011)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Koproses.....	3
2.2. Pati singkong.....	4
2.3. Modifikasi Pati singkong	5
2.3.1 Modifikasi Fisik	5
2.3.2 Modifikasi Kimia	6
2.4. Karagenan	7
2.4.1 Karagenan kappa.....	8
2.4.2 Karagenan Iota	8
2.4.3 Karagenan Lamda	9
2.5. Eksipien.....	9
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	11
3.1. Tempat dan Waktu	11
3.2. Alat	11
3.3. Bahan.....	11
3.4. Cara Kerja	11
3.4.1 Pembuatan Pregelatinisasi Pati Singkong Propionat (PPSP)...	11
3.4.2 Pembuatan Eksipien Koproses Pregelatinisasi Pati Singkong Propionat (PPSP)-Karagenan	12
3.4.3 Karakterisasi Eksipien Koproses PPSP-Karagenan.....	13
3.4.3.1 Karakterisasi Fisik.....	13
3.4.3.2 Karakterisasi Kimia.....	15
3.4.3.3 Karakterisasi Fungsional.....	16

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Pembuatan Pregelatinisasi Pati Singkong Propionat Anhidrida	21
4.2 Pembuatan Eksipien Koproces Pregelatinisasi Pati Singkong Propionat (PPSP)-Karagenan	22
4.3 Karakterisasi Eksipien Koproces PPSP-Karagenan	23
4.3.1 Karakterisasi Fisik.....	23
4.3.2 Karakterisasi Kimia.....	31
4.3.3 Karakterisasi Fungsional.....	36
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR ACUAN	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur Molekul Amilosa dan Amilopektin.....	4
Gambar 2.2.	Reaksi Esterifikasi Antara Pati dengan Anhidrida Propionat Menghasilkan PPSP.....	7
Gambar 2.3.	Struktur Kimia Karagenan Kappa	8
Gambar 2.4.	Struktur Kimia Karagenan Iota	9
Gambar 2.5.	Struktur Kimia Karagenan Lamda.....	9
Gambar 4.1.	Bentuk Partikel Dilihat dari Mikroskop Cahaya Terpolarisasi dengan Perbesaran 400x Pati Singkong, PPSP.....	23
Gambar 4.2.	Mikrograf SEM Kappa Karaginan, Iota Karaginan, Kappa - Iota (1:1), PPSP, Koproses A, Koproses B, Koproses C dengan Perbesaran 500 X.....	25
Gambar 4.3.	Diagram Batang Distribusi Ukuran Partikel PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C	26
Gambar 4.4.	Diagram Batang Higroskopis PPSP, Kappa Karagenan, Iota Karagenan, dan Koproses A, B dan C.....	28
Gambar 4.5.	Termogram (a) Pati singkong, (b) PPSP, (c) Kappa Karaginan, (d) Iota Karaginan, (e) Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1), (f)Koproses A, (g) Koproses B, (h)Koproses C dengan <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC).....	30
Gambar 4.6.	Spektrum Inframerah Pati Singkong dan PPSP.....	32
Gambar 4.7.	Spektrum Inframerah Karagenan Kappa dan Karagenan Iota..	33
Gambar 4.8.	Spektrum Inframerah Koproses A, Koproses B, dan Koproses C	34
Gambar 4.9.	Kurva Sifat Alir pada Konsentrasi 10 % PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan, Kappa : Iota (1:1).....	40
Gambar 4.10.	Kurva Sifat Alir pada Konsentrasi 10 % Koproses A, Koproses B, Koproses C.....	40
Gambar 4.11.	Nilai Indeks Mengembang PPSP, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1), Koproses A, B, C dalam Medium HCl pH 1,2, Aquadest pH 6 dan Dapar Fosfat pH 7,4 pada Suhu Kamar Selama 8 jam	42
Gambar 4.12.	Diagram Batang Kekuatan Gel PPSP, Karagenan Kappa, Iota Campuran Kappa-Iota (1:1) dan Koproses A, B dan C.....	43
Gambar 4.13.	Diagram Batang Daya Bioadhesif pada Mukosa Lambung	44
Gambar 4.14.	Diagram Batang Daya Bioadhesif pada Mukosa Usus.....	44

DAFTAR TABEL

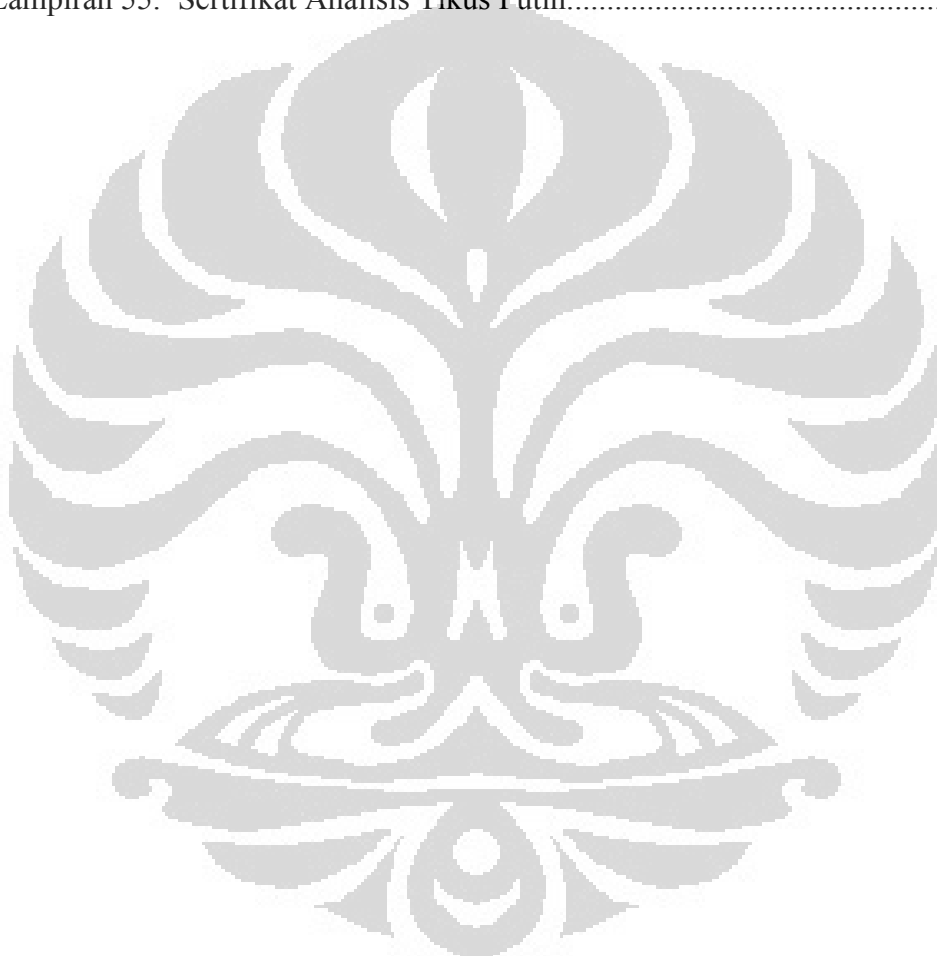
Tabel 3.1	Perbandingan PPSP, Kappa, dan Iota	12
Tabel 3.2	Indeks Kompresibilitas, sudut Istirahat, rasio hausner dan kategorinya.....	17
Tabel 4.1	Data kadar air PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C	28
Tabel 4.2	Data pH Pati Singkong, PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C.....	35
Tabel 4.3	Data Rata-rata Laju Alir PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C.....	36
Tabel 4.4	Data Densitas Bulk, Densitas Mampat, Indeks Kompresibilitas dan Rasio Hausner dari PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C.....	37
Tabel 4.5	Data Viskositas Rata-rata PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1) dan Koproses A, B, C	39
Tabel 4.6	Data Daya Elongasi, Tensile Strength dan Young's Modulus PPSP, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1) dan Koproses A, B, C	46
Tabel 4.7	Data Uji Sineresis PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1) dan Koproses A, B, dan C pada Suhu Kamar dan Suhu 4°C Selama 12 Jam.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Serbuk Pati Singkong, PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C	53
Lampiran 2.	Identifikasi warna air cucian PPSP.....	54
Lampiran 3.	Bentuk Pati Singkong Dilihat dari Mikroskop Cahaya Terpolarisasi dengan Beberapa Perbesaran.....	55
Lampiran 4.	Bentuk PPSP Dilihat dari Mikroskop Cahaya Terpolarisasi dengan Beberapa Perbesaran.....	56
Lampiran 5.	Mikrograf PPSP dengan Beberapa Perbesaran.....	57
Lampiran 6.	Mikrograf Kappa Karaginan dengan Beberapa Perbesaran	58
Lampiran 7.	Mikrograf Iota Karaginan dengan Beberapa Perbesaran.....	59
Lampiran 8.	Mikrograf Kappa : Iota Karaginan (1:1) dengan Beberapa Perbesaran.....	60
Lampiran 9.	Mikrograf Koproses A (1:1) dengan Beberapa Perbesaran.....	61
Lampiran 10.	Mikrograf Koproses B (2:1) dengan Beberapa Perbesaran.....	62
Lampiran 11.	Mikrograf Koproses C (3:1) dengan Beberapa Perbesaran.....	63
Lampiran 12.	Uji Sineresis PPSP pada Suhu Kamar (kiri) dan Suhu 4°C (kanan) dalam Beberapa Konsentrasi.....	64
Lampiran 13.	Uji Sineresis Kappa Karaginan pada Suhu Kamar (kiri) dan Suhu 4°C (kanan) dalam Beberapa Konsentrasi.....	64
Lampiran 14.	Uji Sineresis Iota Karaginan pada Suhu Kamar (kiri) dan Suhu 4°C (kanan) dalam Beberapa Konsentrasi.....	65
Lampiran 15.	Uji Sineresis Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1) pada Suhu Kamar (kiri) dan Suhu 4°C (kanan) dalam Beberapa Konsentrasi.....	65
Lampiran 16.	Uji Sineresis Koproses A pada Suhu Kamar (kiri) dan Suhu 4°C (kanan) dalam Beberapa Konsentrasi.....	66
Lampiran 17.	Uji Sineresis Koproses B pada Suhu Kamar (kiri) dan Suhu 4°C (kanan) dalam Beberapa Konsentrasi.....	66
Lampiran 18.	Uji Sineresis Koproses C pada Suhu Kamar (kiri) dan Suhu 4°C (kanan) dalam Beberapa Konsentrasi.....	67
Lampiran 19.	<i>Scanning Electron Microscope</i> (LEO 420i, Inggris).....	68
Lampiran 20.	<i>Mikroskop Olympus Polarisasi</i> Tipe BH-2, Kamera :Olympus PM. CBSP.....	68
Lampiran 21.	<i>Texture Analyzer TA-XT2i</i> (Rheoner 3305, Jerman).....	69
Lampiran 22.	<i>Tensile Strength</i> (Comten, AS).....	69
Lampiran 23.	Rangkaian Alat <i>Fourrier Transformation Infra Red</i> Tipe 8400S (Shimadzu, Jepang).....	70
Lampiran 24.	Data Distribusi Ukuran Partikel PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C pada Kecepatan 15 rpm selama 20 Menit.....	71
Lampiran 25.	Data Uji Higroskopisitas PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C Selama 4 Minggu pada Suhu Kamar RH 70%.....	72
Lampiran 26.	Data Pengukuran Derajat Substitusi PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C	73

Lampiran 27. Data Laju Alir PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C	74
Lampiran 28. Data Densitas Bulk, Densitas Mampat, Indeks Kompresibilitas, dan Rasio Hausner dari PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan dan Koproses A, B, C	75
Lampiran 29. Data Uji Daya Mengembang PPSP, Karaginan (1:1), dan Koproses A, B, C pada Suhu Kamar Selama 8 Jam	76
Lampiran 30. Data Kekuatan Gel PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1) dan Koproses A, B, C	77
Lampiran 31. Data Uji Kekuatan Pelekatan Eksipien Koproses Bioadhesif pada Lambung Tikus Menggunakan <i>Texture Analyzer</i> PPSP, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1), dan Koproses A, B, C	78
Lampiran 32. Data Uji Kekuatan Pelekatan Eksipien Koproses Bioadhesif pada Usus Tikus Menggunakan <i>Texture Analyzer</i> PPSP, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1), dan Koproses A, B, C	79
Lampiran 33. Data Pengukuran Viskositas PPSP pada Konsentrasi 10% dalam Aquadest	80
Lampiran 34. Data Pengukuran Viskositas Kappa Karaginan pada Konsentrasi 10% dalam Aquadest	81
Lampiran 35. Data Pengukuran Viskositas Iota Karaginan pada Konsentrasi 10% dalam Aquadest	82
Lampiran 36. Data Pengukuran Viskositas Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1) pada Konsentrasi 10% dalam Aquadest	83
Lampiran 37. Data Pengukuran Viskositas Koproses A pada Konsentrasi 10% dalam Aquadest	84
Lampiran 38. Data Pengukuran Viskositas Koproses B pada Konsentrasi 10% dalam Aquadest	85
Lampiran 39. Data Pengukuran Viskositas Koproses C pada Konsentrasi 10% dalam Aquadest	86
Lampiran 40. Data Daya Elongasi PPSP, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1) dan Koproses A, B, C	87
Lampiran 41. Data <i>Tensile Strength</i> PPSP, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1) dan Koproses A, B, C	88
Lampiran 42. Data <i>Young's Modulus</i> PPSP, Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1) dan Koproses A, B, dan C	89
Lampiran 43. Ringkasan Data Hasil Karakterisasi Sifat Fisik, Kimia dan Fungsional PPSP, Karaginan, Koproses A, B, C	90
Lampiran 44. Termogram <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) dari Pati Singkong	92
Lampiran 45. Termogram <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) dari PPSP	93
Lampiran 46. Termogram <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) dari Kappa Karaginan	94
Lampiran 47. Termogram <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) dari Iota Karaginan	95

Lampiran 48. Termogram <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) dari Campuran Kappa-Iota Karaginan (1:1).....	96
Lampiran 49. Termogram <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) dari Eksipien Koproses A.....	97
Lampiran 50. Termogram <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) dari Eksipien Koproses B.....	98
Lampiran 51. Termogram <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) dari Eksipien Koproses C.....	99
Lampiran 52. Sertifikat Analisis Propionat Anhidride.....	100
Lampiran 53. Sertifikat Analisis Karagenan Kappa.....	101
Lampiran 54. Sertifikat Analisis Karagenan Iota.....	102
Lampiran 55. Sertifikat Analisis Tikus Putih.....	103



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pati singkong berasal dari tanaman ubi kayu (*Manihot utilisima*), sering digunakan sebagai salah satu eksipien yang telah banyak digunakan dalam sediaan farmasi terutama sebagai pengisi, penghancur, pengikat (Sriroth, K., Piyachomwan, K., & Sangseethong, O.C., 2002). Pati merupakan eksipien yang murah dan mudah didapat tetapi terbatas fungsinya (Suprihati, 1999). Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya untuk mengubah sifat pati tersebut antara lain dengan memodifikasi pati menjadi pragelatinisasi pati singkong propionat (PPSP).

Koproses dilakukan untuk meningkatkan fungsi pati sebagai eksipien dalam industri farmasi. Koproses merupakan suatu konsep baru dari dua atau lebih eksipien yang berinteraksi pada tingkatan partikel. Tujuannya adalah meningkatkan fungsionalitas secara sinergis dan menutupi sifat yang tidak diinginkan dari masing-masing eksipien. Eksipien koproses merupakan kombinasi dari dua atau lebih eksipien. Koproses memiliki beberapa keuntungan yaitu menghasilkan eksipien baru dengan karakter yang diinginkan dan mengembangkan formula yang sulit diproduksi. Pada koproses tidak terjadi perubahan kimiawi selama proses berlangsung dan perubahan yang terjadi hanya perubahan sifat fisik dari partikel eksipien (Nachagari, S. K. & Arvind K. B., 2004). Eksipien yang akan mengalami koproses adalah pregelatinisasi pati singkong propionat (PPSP) dan karagenan.

Karagenan merupakan getah rumput laut yang diperoleh dari hasil ekstraksi rumput laut merah (*rhodophyceae*) dengan menggunakan air panas atau larutan alkali pada temperatur tinggi. Spesies rumput laut penghasil karagenan seperti *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum* dapat diperoleh dari perairan Indonesia. Karagenan bisa digunakan sebagai bahan pengental, pembuatan gel, penstabil, pengikat bahan (*film former*) dan pencegah terjadinya pelepasan air

(*syneresis inhibitor*) (Wade, A dan P.J. Weller., 2006; Glicksman, M., 1982). Karagenan dapat membentuk gel secara reversibel artinya dapat membentuk gel pada saat pendinginan dan kembali cair pada saat dipanaskan. Pembentukan gel disebabkan karena terbentuknya struktur heliks rangkap yang tidak terjadi pada suhu tinggi (Glicksman, M., 1982).

Penggunaan kappa karaginan dan iota karaginan 1:1 dapat meningkatkan elastisitas gel. Karagenan jenis kappa dapat membentuk kekuatan gel besar sedangkan jenis iota dapat membentuk gel yang elastis. Campuran karaginan kappa dan iota (1:1) dapat menghasilkan kekuatan gel yang baik dan tidak sineresis (Guisley, K.B., Stanley N.F, & Whitehouse P. A., 1980).

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan karakterisasi koproses karagenan dengan pregelatinisasi pati singkong propionat hasil modifikasi pati singkong secara fisika dan kimia. Modifikasi kombinasi ini dilakukan dengan membuat pregelatinisasi pati singkong (PPS) yang dilanjutkan dengan esterifikasi menggunakan asam propionat, namun modifikasi ini mempunyai derajat substitusi yang rendah (Bangun, E.N.C., 2011). Oleh sebab itu pada penelitian ini dilakukan perubahan metode pembuatan PPSP yaitu dengan cara mereaksikan terlebih dahulu asam propionat anhidrida selanjutnya baru dipanaskan untuk menghasilkan pregelatinisasi pati singkong propionat (PPSP). Dalam hal ini pereaksi yang digunakan adalah propionat anhidrida, selanjutnya PPSP yang dihasilkan ini dikoproses dengan karagenan (kappa:iota 1:1) kemudian dikarakteristik secara fisika, kimia dan fungsional. Diharapkan dari koproses antara PPSP dengan karaginan kappa dan iota ini, dapat menghasilkan suatu eksipien baru yang memiliki sifat kekuatan gel yang baik tetapi memiliki harga yang ekonomis.

1.2 Tujuan Penelitian

Membuat dan mengkarakterisasi eksipien koproses karagenan dan pragelatinisasi pati singkong menggunakan asam propionat anhidrida.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Koproses

Koproses merupakan suatu konsep baru yang melibatkan interaksi antara dua atau lebih eksipien pada tingkat subpartikel. Tujuan koproses adalah meningkatkan fungsionalitas secara sinergis dan menutupi sifat yang tidak diinginkan dari masing-masing eksipien. Eksipien yang mengalami koproses dibuat dengan menggabungkan satu eksipien ke dalam struktur partikel eksipien lain menggunakan proses tertentu seperti pengeringan bersama (*co-drying*). Produk koproses yang mengandung dua polimer yang berbeda sifat fungsional, setelah terjadi proses pengeringan, menghasilkan karakteristik baru yang berbeda dari polimer asalnya, seperti meningkatkan viskositas atau meningkatkan kekuatan gel, tetapi tidak terjadi reaksi secara kimiawi (Nachegaeri, Satish K. dan Arvind K. B., 2004).

Eksipien yang telah mengalami koproses memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan campuran fisik komponen atau masing-masing komponen. Koproses juga menawarkan beberapa keuntungan, yaitu menghasilkan eksipien baru dengan karakteristik yang diinginkan, dan membantu pengembangan formula yang sulit diproduksi (Nachegaeri, 2004).

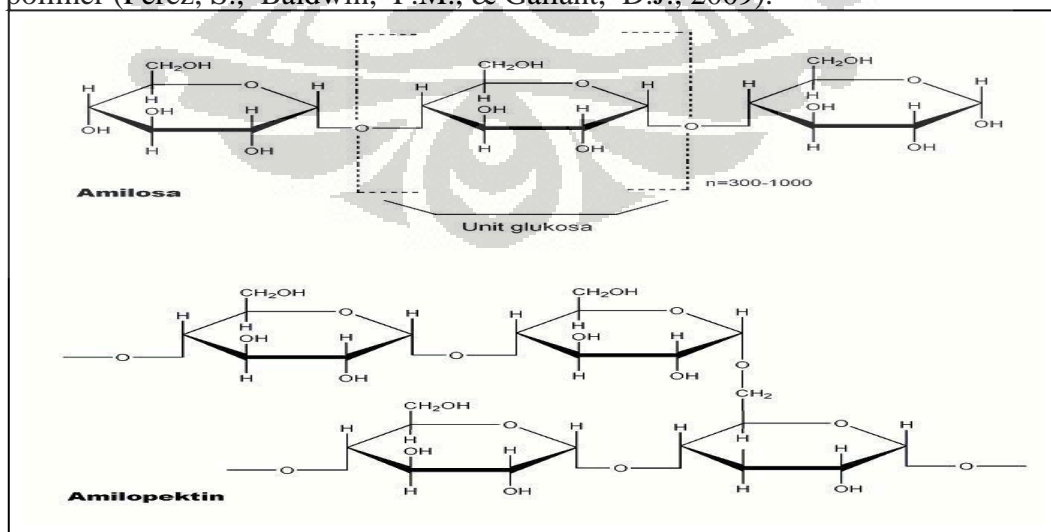
Tahapan-tahapan yang terdapat dalam proses pembuatan eksipien koproses terdiri dari (Nachegaeri, Satish K. dan Arvind K. B., 2004):

1. Mengidentifikasi eksipien yang akan dimodifikasi secara koproses, yaitu dengan mempelajari karakteristik bahan dan sifat fungsional yang diinginkan.
2. Menentukan jumlah atau macam eksipien yang akan dikombinasikan.
3. Memperkirakan ukuran partikel yang dibutuhkan untuk koproses, karena hal tersebut sangat penting ketika salah satu komponen bahan di proses pada fase terdispersi.
4. Memilih proses pengeringan yang sesuai, seperti *spray drying* atau *flash drying*.
5. Optimasi proses untuk kualitas dan fungsionalitas yang diinginkan.

2.2 Pati Singkong

Pati singkong adalah pati yang diperoleh dari umbi akar *Manihot utilissima* Pohl (Familia *Euphorbiaceae*) yang diperoleh melalui proses pengupasan kulit, pencucian, pamarutan, pemerasan atau ekstraksi dan pengeringan. Pati singkong merupakan polisakarida berbentuk butir tunggal, agak bulat atau bersegi banyak. Hilus ditengah berupa titik, garis lurus atau bercabang tiga. Lamela tidak jelas, konsentris, butir majemuk sedikit, terdiri dari 2 atau 3 butir tunggal yang tidak sama bentuknya. Pemerian berupa serbuk halus putih. Praktis tidak larut dalam air dingin dan etanol. Komponen utamanya ialah pati 73,3–84,9% (amilosa 14% dan amilopektin 86%), lemak 0,7%, protein 0,2%, abu 0,2% dan fosfor (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1995).

Pati merupakan cadangan karbohidrat dalam bentuk granul pada tanaman yang diisolasi dari umbi tumbuhan dan endosperma biji-bijian. Granul pati terdiri atas 2 struktur polimer glukosa, yaitu amilosa (normalnya 20-30%) dan amilopektin (normalnya 70-80%), lipid, protein, dan ion mineral. Amilosa merupakan komponen pati yang memiliki rantai lurus. Amilosa terdiri dari satuan glukosa yang bergabung melalui ikatan α -(1,4)-D-glukosa. Amilopektin merupakan komponen pati yang mempunyai rantai cabang. Amilopektin terdiri dari satuan glukosa yang bergabung melalui ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan α -(1,6)-D-glukosa. Pada amilopektin cabang terikat di posisi 1,6 pada rantai utama polimer (Pérez, S., Baldwin, P.M., & Gallant, D.J., 2009).



Gambar 2.1. Struktur molekul amilosa dan amilopektin (Rowe, R.C., Sheskey, P.J., & Owen, S.C., 2006)

2.3 Modifikasi Pati Singkong

Modifikasi pati dilakukan untuk mengatasi satu atau lebih kekurangan pada pati, sehingga dapat diaplikasikan untuk berbagai macam industri dengan mengubah struktur pati secara fisik, kimia, maupun enzimatik. Salah satu modifikasi fisik yang umum dilakukan adalah prigelatinisasi pati. Modifikasi kimia meliputi esterifikasi, eterifikasi, hidrolisis, ikatan silang, dan oksidasi, sedangkan modifikasi enzimatik dilakukan dengan bantuan enzim, misalnya dengan enzim α -amilase (Wurzburg, O.B., 1989).

2.3.1 Modifikasi Fisik

Modifikasi pati singkong secara fisik meliputi kekuatan pengadukan, pencampuran dan pemanasan. Salah satu modifikasi fisik yang umum dilakukan adalah prigelatinisasi pati (Breuninger, Piyachomkwan, & Sriroth, 2009). Prigelatinisasi pati adalah pati yang telah mengalami proses gelatinasi dan pengeringan secara cepat. Proses ini melibatkan air dan pemanasan sehingga mengakibatkan pecahnya sebagian atau seluruh granula pati.

Berdasarkan metode pembuatan dan rusaknya granula pati, pati terprigelatinisasi terbagi dua golongan yaitu prigelatinisasi sempurna dan prigelatinisasi parsial. Prigelatinisasi sempurna diperoleh dengan memasak pati di atas suhu gelatinasinya lalu dengan cepat dikeringkan dengan cara penyemprotan (*spray dried*), sedangkan prigelatinisasi parsial dilakukan dengan mengalirkan campuran air dan pati melalui drum panas sehingga massa mengering (Paziri, A., 2008). Suhu pada saat granula pati mengembang dan pecah disebut suhu gelatinisasi, berkisar antara 66-75°C, sehingga prigelatinisasi pati singkong dapat menggunakan suhu sekitar 80°C (Anwar, E., Khotimah, K., & Yanuar, A., 2006).

Pada pati prigelatinisasi sempurna sifat *birefringence* benar-benar hilang. Hal ini bisa diamati dengan menggunakan mikroskop terpolarisasi, dimana tidak ada satu pun granula yang masih berbentuk Kristal, sedangkan pada pati prigelatinisasi parsial, masih ada granul-granul pati yang utuh yang memiliki sifat *birefringence*, sehingga terlihat kristal yang berwarna (Wade, A dan P.J. Weller., 2006).

Ada tiga metode pengeringan pada pembuatan pregelatinisasi pati, yaitu menggunakan *spray dried*, *roll dried*, dan *drum dried*. Dengan *spray dried* dihasilkan pregelatinisasi pati berbentuk sferis. Cara pembuatannya mula-mula pati dimasak dalam air kemudian pasta panas disemprotkan kedalam ruang pengering (*chamber*). Dengan *Roll dried* dihasilkan partikel yang tampak transparan, tipis, platelet yang tidak teratur, sebagian mirip pecahan kaca. Produk ini dimasak dan dikeringkan diatas roll yang panas. Dengan *extruded or drum dried* dihasilkan partikel yang lebih tebal dan tidak beraturan dibandingkan hasil dari *roll-dried*. Suspensi pati dituangkan pada celah diantara drum dan kedua drum tersebut akan mengeringkan serpihan-serpihan. Massa yang sudah dikeringkan kemudian digiling dan diayak untuk menghasilkan ukuran partikel yang diinginkan (Paziri, A., 2008).

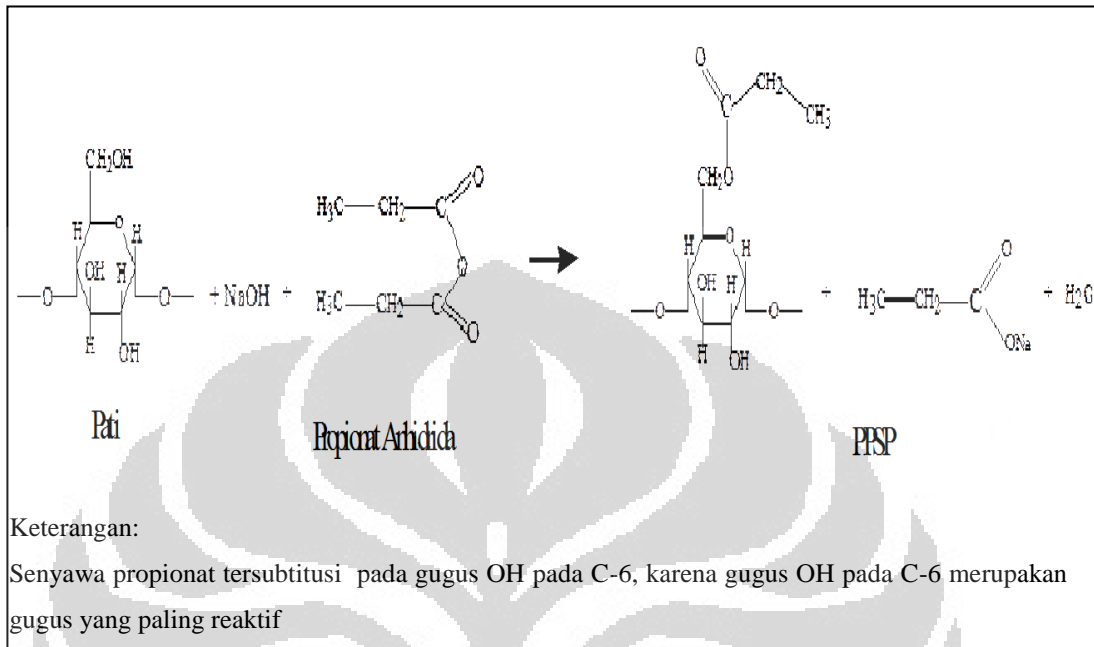
2.3.2 Modifikasi Kimia

Modifikasi kimia pada pati dapat dilakukan dengan cara esterifikasi yaitu mereaksikan pati dengan asam karboksilat atau turunannya. Proses esterifikasi pati ada yang secara langsung dengan menggunakan asam-asam karboksilat, contohnya asam stearat, asam suksinat, asam asetat, asam formiat, asam maleat, dan asam ftalat. Namun ada juga yang secara tidak langsung dengan menggunakan turunan asam karboksilat, misalnya dengan menggunakan anhidrida atau asil hidrida (Jarowenko, W., 1989)

Metode yang digunakan pada esterifikasi pati tergantung pada sifat patinya. Ada dua metode yaitu anhidrat (*nonaqueous*) media untuk pati yang memiliki derajat substitusi tinggi yaitu 2-3 dengan kriteria gugus propionat yang terikat pada 2-3 gugus oksigen dalam satu glukosa anhidrida dan *aqueous* media untuk pati yang memiliki derajat substitusi rendah yaitu dibawah 1 dengan kriteria gugus propionat yang terikat maksimal pada salah satu gugus oksigennya (Jarowenko, W., 1989)

Pada penelitian kali ini akan digunakan media *aqueous* untuk memodifikasi pati singkong dengan propionat anhidrida. Esterifikasi dilakukan dengan cara mensubstitusi gugus kimia (propionat anhidrida) pada molekul pati. Gugus hidroksil (OH) pati akan tersubstitusi oleh gugus propionat dari anhidrida

propionat. Tujuan dilakukannya modifikasi tersebut adalah untuk meningkatkan kelarutan dalam air, laju alir, dan kompresibilitas pati singkong (Jarowenko, W., 1989).



Gambar 2.2. Reaksi esterifikasi antara pati dengan anhidrida propionat menghasilkan PPSP

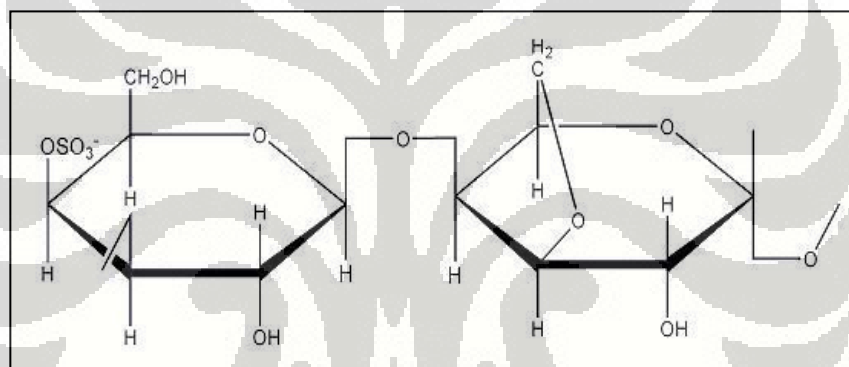
2.4 KARAGENAN

Karagenan merupakan getah rumput laut yang didapat dari hasil ekstraksi rumput laut (*Rhodophyceae*) atau alga merah. Karagenan terdapat dalam dinding sel rumput laut. Karagenan merupakan bagian penyusun yang besar dari berat kering rumput laut dibandingkan dengan komponen yang lain. Jumlah dan posisi sulfat membedakan macam-macam polisakarida *Rhodophyceae*. Polisakarida tersebut harus mengandung 20% sulfat berdasarkan berat kering untuk diklasifikasikan sebagai karagenan. Karagenan tidak memiliki nilai gizi, tapi bisa digunakan sebagai bahan pengental, pembuatan gel, penstabil, pengikat bahan (*film former*) dan pencegah terjadinya pelepasan air (*syneresis inhibitor*) (Wade, A dan P.J. Weller., 2006; Glicksman, M., 1982). Karagenan berupa serbuk kasar berserat hingga halus, berwarna kuning-coklat, tidak berasa dan tidak berbau. Karagenan adalah suatu bentuk polisakarida linear dengan berat molekul di atas 100 kDa (WHO, 1999). Karagenan tersusun dari perulangan unit-unit

galaktosa dan 3,6-anhidro galaktosa. Jenis-jenis karagenan antara lain adalah karagena kappa, iota, dan lamda.

2.4.1 Karagenan kappa

Karagenan kappa dihasilkan dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*. Kappa karaginan merupakan polimer yang dapat membentuk gel dengan kuat, persentase kandungan ester sulfatnya 25-30%. Karagenan kappa tersusun dari $\alpha(1,3)$ -D-galaktosa-4-sulfat dan $\beta(1,4)$ -3,6-anhidro-D-galaktosa. Kappa karaginan membentuk gel yang kuat dengan garam kalium. Kalium kappa karaginan murni membentuk suatu gel yang cukup elastis, tetapi pada kenyataannya selalu terdapat ion kalsium yang membuat gel menjadi kaku dan mudah mengalami sineresis (Glicksman, 1982).

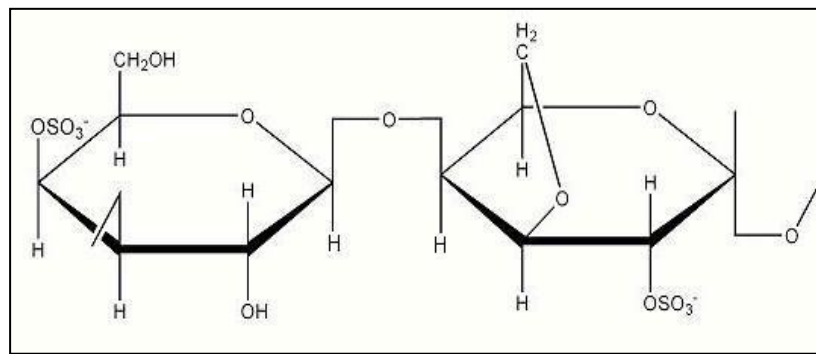


Gambar 2.3 Struktur kimia karagenan kappa (Glicksman, M., 1982)

2.4.2 Karagenan Iota

Karagenan iota dihasilkan dari *Eucheuma spinosum*. Iota karaginan merupakan polimer yang dapat membentuk gel, persentase kandungan ester sulfatnya 28-35 %. karaginan Iota terdiri atas α -1,3-D-galaktosa-4-sulfat dan β -1,4-3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat. (Glicksman, M., 1982)

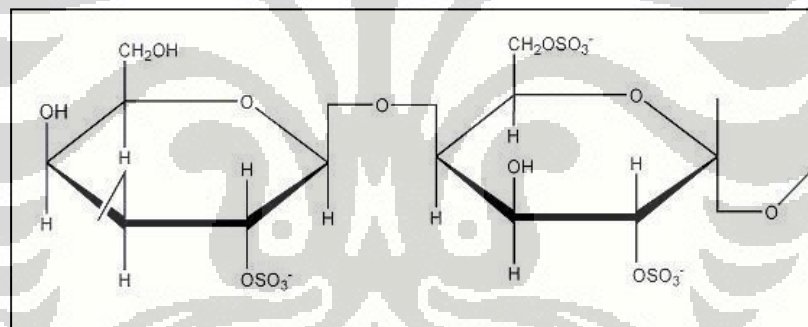
Iota karaginan bereaksi kuat dengan adanya ion kalsium membentuk gel yang elastis, lembut, dan tidak mengalami sineresis. Iota karaginan juga dapat membentuk gel dengan ion kalium atau ammonium tetapi gel yang terbentuk tidak sekuat dengan ion kalsium (Glicksman, 1982).



Gambar 2.4 Struktur kimia karagenan iota (Glicksman, M., 1982)

2.4.3 Karagenan Lamda

Karagenan lamda dihasilkan dari *Chondrus crispus*. Lamda karagenin tersusun atas D-galaktosa-2-sulfat dan D-galaktosa-2,6-disulfat. Persentase kandungan ester sulfatnya 32-39%. Karagenin Lambda tidak dapat membentuk struktur heliks sehingga tidak dapat membentuk gel (Velde & De Ruiter, 2005).



Gambar 2.5 Struktur kimia karagenan lamda (Glicksman, M., 1982)

2.5 Eksiipien

Eksiipien merupakan bahan pembantu dalam sediaan farmasi yang tidak memiliki efek farmakologis. Melalui penggunaan selektif eksiipien, berbagai jenis sediaan farmasi dapat diperoleh. Contoh jenis-jenis eksiipien adalah pengental, pengemulsi, pewarna, penstabil, pengawet, dan lain-lain. Eksiipien berfungsi membantu zat aktif dalam proses produksi sehingga dihasilkan suatu bentuk sediaan tablet, kapsul, emulsi, suspensi dan lain-lain.(Ansel, Allen & Popovich, 1999).

Pati merupakan eksipien yang sudah banyak digunakan dan telah mengalami banyak inovasi dan modifikasi. Dalam formula suspensi, pati biasanya digunakan untuk meningkatkan viskositas sediaan sedangkan dalam formulasi tablet dan kapsul, dapat digunakan sebagai pengisi, pengikat dan disintegan.

Salah satu sifat yang penting dalam pembuatan tablet adalah laju alir. Karena dapat mempengaruhi keseragaman bobot tablet. Laju alir dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti ukuran partikel, bentuk partikel, porositas, densitas, tekstur permukaan partikel dan kadar air (Martin, Bustamante & Chun, 1993). Sifat laju alir suatu serbuk atau granul dapat dikategorikan berdasarkan pengukuran sudut istirahat, indeks kompresibilitas dan rasio Hausner (The United States Pharmacopoeia Convention, 2007).

Indeks kompresibilitas merupakan ukuran kecenderungan suatu serbuk untuk saling bergabung atau berinteraksi. Interaksi antar partikel dapat diukur dengan penentuan indeks kompresibilitas. Pada serbuk yang mudah mengalir, interaksi antar partikel tidak signifikan sehingga nilai indeks kompresibilitas akan semakin kecil. Rasio Hausner juga berkaitan dengan indeks kompresibilitas, semakin baik aliran suatu serbuk semakin rendah nilai rasio Hausner.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Farmasetika dan Laboratorium Formulasi Tablet Departemen Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, pada bulan Februari sampai bulan November 2011.

3.2 ALAT

Double drum drier (R. Simon Dryers, Inggris), *disc mill*, *Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red* (Shimadzu), pH meter (Eutech Instrument pH 510), *moisture analyzer* AMB 50 (Adam, Amerika), ayakan (Retsch Technology, Jerman), *bulk-tapped density* (pharmeq 245-2E, Indonesia), mikroskop cahaya polarisasi BH-2 Tipe PM 10A05 (Olympus, USA), *Scanning Electron Microscope* LEO 420i (Oxford, Inggris), *flowmeter* (Erweka GDT, Jerman), viskometer Brookfield (Brookfield Synchroelectric, USA), *texture analyzer* (Rheoner 3305, Jerman), *homogenizer*, timbangan analitik, oven, buret, magnetic stirrer, cawan petri, desikator, pot plastik dan alat-alat gelas.

3.3 BAHAN

Pati singkong (PT. Sungai Budi, Lampung), karagenan kappa semirefined ICNU 306 (PT. Galic Artha Bahari, Bekasi), karagenan iota semirefined ID1006 (PT. Galic Artha Bahari, Bekasi), asam propionat anhidrida, HCl (Merck, Jerman), NaOH, indikator metil merah, dapar fosfat, silika gel, aquadest.

3.4 CARA KERJA

3.4.1 Pembuatan Pregelatinasi Pati Singkong Propionat (PPSP)

Pati singkong kering didispersikan dalam air membentuk suspensi yang mengandung 50% pati singkong (w/w), kemudian larutan natrium hidroksida

1 N diteteskan sampai pH 8-9 sambil diaduk, lalu suhu diturunkan hingga 10°-15°C. Masukkan propionat anhidrida 50% (dihitung berdasarkan berat kering pati) ke dalam suspensi sedikit demi sedikit. Kondisi harus tetap dijaga pada pH 8-9 dengan penambahan natrium hidroksida 1 N sambil terus diaduk. Setelah penambahan propionat anhidrida, pengadukan terus dilakukan selama 3-4 jam sampai tidak ada penurunan pH yang signifikan. Suspensi dinetralkan dengan penambahan asam klorida encer sampai pH 6,5-7. Cuci dengan aquadest untuk menghilangkan sisa pereaksi. Tiap cucian dilakukan identifikasi warna dengan menggunakan KMnO_4 untuk melihat masih ada tidaknya sisa pereaksi. Keringkan suspensi pada suhu 85°C dengan *double drum dryer* dan haluskan dengan *disk mill* yang dilengkapi ayakan mesh 45. Untuk mengetahui terikatnya propionat anhidrida pada pati maka dilakukan pemeriksaan dengan spektrofotometer IR. Pita absorbs yang spesifik menunjukkan adanya ikatan ester pada bilangan gelombang 1730-1750 cm^{-1} . (Bilmers, et al, 1998)

3.4.2 Pembuatan Eksipien Koproses Pregelatinisasi Pati Singkong Propionat (PPSP)-Karagenan

Buat masing-masing larutan PPSP dan karagenan sebanyak 5% dengan air destilata suhu 70°C. Kemudian campur ke dua larutan tersebut dengan perbandingan seperti yang tercantum pada Tabel 3.1. Campuran diaduk dengan menggunakan *homogenizer* 1000 rpm sekitar 30 menit dan dilakukan pengeringan dengan alat *double drum drier*. Lapisan atau serpihan yang diperoleh dihaluskan dengan *disc mill* yang didalamnya terdapat pengayak dengan ukuran 60 mesh.

Tabel 3.1 Perbandingan PPSP, kappa, dan Iota

Sampel	A	B	C
PPSP	1	2	3
Kappa-iota (1:1)	1	1	1

3.4.3 Karakterisasi Eksipien Koproses PPSP-Karagenan

3.4.3.1 Karakterisasi Fisik

a. Penampilan Fisik

Pengamatan organoleptis dilakukan pada pati singkong, PPSP, kappa karagenan, iota karagenan dan koproses A, B, C. Pengamatan yang dilakukan meliputi pengamatan terhadap bentuk, warna, dan bau (Ansel, Allen & Popovich, 1999).

b. Bentuk dan Morfologi Partikel

Serbuk sampel PPSP, kappa karagenan, iota karagenan, campuran kappa-iota (1:1), koproses A, B dan C diperiksa menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Sampel ditempelkan pada plate dengan carbon tape lalu dimasukkan dalam chamber dan divakum. Setelah kondisi vakum tercapai, elektron ditembakkan pada sampel dan dilakukan pengamatan sampel pada beberapa pembesaran (The United States Pharmacopoeia Convention, 2007; Piyakulawat, P., Praphairaksit, N., Chantarasiri, N., & Muangsin, N., 2007).

c. Distribusi Ukuran Partikel

Penentuan distribusi ukuran partikel dilakukan dengan metoda mikromeritik (ayakan). Pengayak yang sudah ditimbang disusun mulai dari atas, yaitu ayakan dengan mesh terkecil (35 mesh) hingga yang terbesar (120 mesh). Sejumlah 50 gram serbuk sampel PPSP, kappa karagenan, iota karagenan, koproses A, B dan C dimasukkan pada pengayak dengan mesh terkecil kemudian alat dinyalakan selama 20 menit dengan kecepatan 15 rpm. Masing-masing pengayak berisi serbuk yang ditimbang. Setelah itu dicari persentase berat serbuk dan dibuat kurva distribusi ukuran partikelnya (Departemen Kesehatan Republik Indonesia., 1995).

$$\% \text{ Berat Serbuk} = \frac{b - a}{\text{Berat Sampel}} \times 100\%$$

Keterangan :

a : berat pengayak kosong

b : berat pengayak yang berisi serbuk

d. Higroskopisitas

Serbuk sampel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, koproses A, B dan C ditimbang sebanyak \pm satu gram. Sampel tersebut ditempatkan pada pot plastik dengan empat perlakuan yaitu

1. pot plastik tanpa tutup,
2. pot plastik dengan tutup,
3. pot plastik tanpa tutup dengan silika gel, dan
4. pot plastik dengan tutup dengan silika gel.

Masing-masing pot plastik ditempatkan dalam desikator pada suhu kamar dengan kelembaban (RH) 70 % yang telah diatur dengan larutan jenuh NaCl. Setiap minggu sampel diamati terhadap perubahan karakteristik fisiknya meliputi perubahan warna dan bobotnya selama 1 bulan (Cartensen, JT & Rhodes, CT., 2000).

e. Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan alat *moisture analyzer*. Alat tersebut dipanaskan terlebih dahulu selama kurang lebih 10 menit. Letakkan kurang lebih dua gram serbuk sampel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, koproses A, B dan C ke atas wadah aluminium secara merata dan temperatur diatur pada suhu 105°C lalu diukur dengan alat *moisture analyzer*. Catat nilai yang terbaca pada *moisture analyzer*.

f. Sifat *Birefringence*

Di atas kaca objek diletakkan sejumlah pati singkong dan PPSP ditambahkan beberapa tetes air destilata. Lalu perlahan-lahan ditutup dengan kaca penutup. Diamati dengan menggunakan mikroskop cahaya terpolarisasi pada perbesaran 200 dan 400 kali.

g. Analisis Termal

Analisis termal serbuk sampel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, koproses A, B dan C dapat diketahui dengan menggunakan *differential scanning calorimetry* (DSC). Timbang sebanyak \pm 5 mg sampel diletakkan pada silinder

aluminium berdiameter 5 mm. Silinder tersebut ditutup dengan lempeng aluminium lalu sampel dimasukkan ke alat DSC. Pengukuran dimulai pada suhu 30° sampai 350°C dimana peningkatan suhunya 10°C/menit. Proses endotermik dan eksotermik yang terjadi pada sampel tercatat pada alat perekam (The United States Pharmacopoeia Convention., 2007).

3.4.3.2 Karakterisasi Kimia

a. FTIR (*Fourrier Transformation Infrared*)

Serbuk sampel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, campuran kappa-iota (1:1), koproses A, B dan C dicampurkan dengan kristal KBr, yang sebelumnya sudah dikeringkan, sejumlah ± 2 mg sampel yang akan diuji, masing-masing ditimbang bersama dengan 98 mg KBr. Bahan-bahan tersebut kemudian digerus hingga homogen. Campuran ini dimasukkan dalam suatu wadah berbentuk cakram untuk membentuk pelet. Pelet ini dimasukkan kedalam *Fourrier Transformation Infra Red* (FTIR) untuk dibaca. Pemeriksaan dilakukan pada bilangan gelombang 500 sampai 4000 cm⁻¹. Pemeriksaan sampel dengan *Fourrier Transformation Infra Red* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui untuk mengetahui terikatnya propionat anhidrida pada pati yang spesifik menunjukkan adanya ikatan ester pada bilangan gelombang 1730-1750 cm⁻¹ (Piyakulawat, P., Praphairaksit, N., Chantarasiri, N., & Muangsin, N., 2007).

b. Penentuan Derajat Substitusi

PPSP diambil sebanyak 100mg. Kedalam bahan tersebut ditambahkan 10 ml NaOH 0,1 M. Campuran ini diaduk dengan stirrer selama 30 menit. ditambahkan indikator metil merah 1% sebanyak 2 tetes kelebihan NaOH dititrasi dengan 0,1 M HCl yang telah dibakukan sampai pH 7. Titik akhirnya terjadi perubahan warna dari kuning menjadi jingga. Lakukan juga terhadap blanko (Paziri, A., 2008).

Perhitungan derajat substitusi (DS) adalah :

$$DS = \frac{162 M(B-S)}{1000 W}$$

Dimana :

DS = jumlah gugus hidroksil yang terasilasi

162 = berat molekul anhidroglukosa

M = molaritas HCl (mol/liter)

B = volume HCL 0,1 M pada blanko (ml)

S = volume HCL 0,1 M pada sampel (ml)

W = berat sampel (gram)

c. Pengukuran pH

Kalibrasi pH meter dengan larutan dapar pH 4 dan pH 7. Timbang sampel kurang lebih dua gram, larutkan dalam 20 ml aquadest. Kemudian dicukupkan dengan aquadest hingga 100 ml dan dihomogenkan. Biarkan sampel selama 1 jam sampai sampel mengendap. Lakukan pengukuran pH dengan pH meter yang telah di kalibrasi (Departemen Kesehatan Republik Indonesia., 1995).

3.4.3.3 Karakterisasi Fungsional

a. Laju Alir

Laju alir ditetapkan dengan menggunakan alat *flowmeter*. Sejumlah bahan ditimbang dan dimasukkan ke dalam corong lalu diratakan. Massa granul yang mengalir ditampung, kemudian ditimbang beratnya. Waktu yang diperlukan untuk massa mengalir dicatat dan laju alir dihitung dengan satuan gram per detik (Lachman L., Herbert A.L., & Joseph L.K., 1994).

b. Sudut Istirahat (Marshall, K., 1989)

Sejumlah serbuk sampel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, koproses A, B dan C di tuang perlahan-lahan sampai ke ujung corong, biarkan mengalir dan ukur sudut istirahatnya dengan menggunakan persamaan :

$$\alpha = \text{Arc Tan } \frac{H}{R}$$

Dimana : α = sudut istirahat

H = tinggi maksimum kerucut

R = jari – jari serbuk

Kategori sudut istirahat dapat dilihat pada tabel 3.2

c. Indeks Kompresibilitas

Berat jenis bulk diukur dengan menimbang sejumlah massa (m) sampel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, koproses A, B dan C sebanyak 20 gram dimasukkan kedalam gelas ukur 100 ml, lalu diukur volumenya (V_1).

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{m}{V_1}$$

Berat jenis mampat diukur dengan melanjutkan sampel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, koproses A, B dan C pada pengukuran berat jenis bulk, lalu gelas ukur yang berisi sampel tadi diketuk-ketukkan sebanyak 300 kali. Percobaan diulangi dengan 300 ketukan kedua untuk memastikan sampelnya tidak mengalami penurunan volume, kemudian diukur volumenya (V_2) (Lachman L., Herbert A.L., & Joseph L.K., 1994)

$$\text{Berat jenis mampat} = \frac{m}{V_2}$$

$$\text{Indeks kompresibilitas} = \frac{\text{BJ Mampat} - \text{BJ Bulk}}{\text{BJ Mampat}} \times 100\%$$

Indeks kompresibilitas dan kategorinya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.2 Indeks Kompresibilitas, sudut Istirahat, rasio hausner dan kategorinya

Sudut Istirahat ($^{\circ}$)	Indeks Kompresibilitas (%)	Rasio Hausner	Kategori
25 $^{\circ}$ -30 $^{\circ}$	<10	1,00-1,11	Istimewa
31 $^{\circ}$ -35 $^{\circ}$	11-15	1,12-1,18	Baik
36 $^{\circ}$ -40 $^{\circ}$	16-20	1,19-1,25	Cukup baik
41 $^{\circ}$ -45 $^{\circ}$	21-25	1,26-1,34	Agak baik
46 $^{\circ}$ -55 $^{\circ}$	26-31	1,35-1,45	Buruk
56 $^{\circ}$ -65 $^{\circ}$	32-37	1,46-1,59	Sangat buruk
>66 $^{\circ}$	>38	>1,60	Sangat buruk sekali

[Sumber: The United States Pharmacopoeia Convention, 2007]

d. Viskositas

Serbuk PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, campuran kappa-iota (1:1), koproses A, B dan C didispersikan dalam dalam air destilata dengan konsentrasi 10 (b/v) hingga membentuk suspensi. Pemeriksaan dilakukan dengan

menggunakan alat *viskometer Brookfield*. Sediaan suspensi dimasukkan kedalam gelas piala 250 ml kemudian celupkan spindel viskometer hingga mencapai garis tanda yang ada pada spindel. Kemudian nyalakan alat hingga spindel berputar. Spindel diatur kecepatannya mulai dari 0,5 rpm, 1 rpm, 2 rpm, 2,5 rpm, 5 rpm, 10 rpm, dan 20 rpm, kemudian kembali ke 10 rpm, 5 rpm, 2,5 rpm, 2 rpm, 1 rpm, dan 0,5 rpm. Hasil pembacaan skala dicatat untuk menghitung viskositas dan membuat kurva sifat aliran (Martin, A., Bustamante, P., & Chun, A., 1993).

e. Kekuatan Mengembang

Sampel PPSP, campuran kappa-iota karaginan (1:1), koproses A, B dan C ditimbang sebanyak 100 mg kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur 10 ml. Pada sampel tersebut ditambahkan HCl pH 1,2; aquadest pH 6,0; dan dapar fosfat pH 7,4 masing-masing sebanyak 5 ml pada wadah yang berbeda (V_0). Setiap satu jam, volume sampel diamati (V_t). Prosedur yang sama juga dilakukan pengamatan selama 8 jam (Tur, K.M., & Hung Seng Ch'ng., 1998). Persentase kekuatan mengembang dihitung dengan formula dibawah ini:

$$\% \text{ Daya Mengembang} = \frac{V_t - V_0}{V_0} \times 100\%$$

f. Kekuatan Gel

Sampel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, campuran kappa-iota (1:1), koproses A, B dan C didispersikan dalam air dengan konsentrasi tertentu hingga membentuk gel. Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan *texture analyzer*. Sediaan gel dimasukkan dalam wadah sampel kemudian alat penetrasi diturunkan sampai permukaan gel. Kekuatan gel diukur pada saat gel pecah (Lieberman, H.A., Martin, M.R., dan Gilbert, S.B., 1988).

g. Uji daya lekat (bioadhesif)

Uji daya lekat sampel PPSP, campuran kappa-iota (1:1), koproses A, B dan C dilakukan dengan menggunakan alat *Texture Analyzer* (TA.XT2) yang dihubungkan dengan komputer dan dijalankan dengan XTRA Dimension Software. Bagian dari jaringan usus dan lambung dibuka dan dibersihkan dengan

NaCl fisiologis. Sejumlah tertentu PPSP, campuran kappa-iota (1:1) dan eksipien koproses ditempelkan di atas jaringan tersebut dan dibiarkan kontak selama 20 menit, kemudian direndam dalam medium yang akan digunakan pada suhu $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Jaringan dilekatkan pada lempeng yang tersedia pada alat dengan posisi mukosa dan eksipien koproses menghadap ke luar. Alat dinyalakan dan probe diatur agar memberikan tekanan terhadap eksipien koproses dengan kekuatan 2 gram selama 1 menit. Setelah itu probe diangkat dengan kecepatan 0,1 mm/detik. Kurva antara waktu dengan besar gaya yang diperlukan akan terekam pada alat hingga PPSP, campuran kappa-iota (1:1) dan eksipien koproses terlepas dari permukaan jaringan (Tur, K.M., & Hung Seng Ch'ng., 1998).

h. Daya Elongasi, *Tensile Strength* dan *Young's Modulus*

Sifat mekanis dari film sampel PPSP, campuran kappa-iota (1:1), koproses A, B dan C diukur dengan alat *Tensile Strength*. Sampel didispersikan dalam aquadest dengan konsentrasi tertentu. Larutan tersebut lalu diletakkan pada plat plastik dan didiamkan pada suhu kamar selama 48 jam hingga film terbentuk. Kekuatan (gaya) dan perpanjangan maksimal film diukur saat film menjelang putus (Lafargue, D., Lourdin, D., & Doublier, J., 2007). Daya Elongasi, *Tensile Strength* dan *Young's Modulus* dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{ Elongasi } (\varepsilon) = \frac{\text{Pertambahan panjang}}{\text{Panjang awal}} \times 100\%$$

$$\text{Tensile Strength } (\sigma) = \frac{F}{A}$$

Keterangan : F = Gaya maksimum (N)

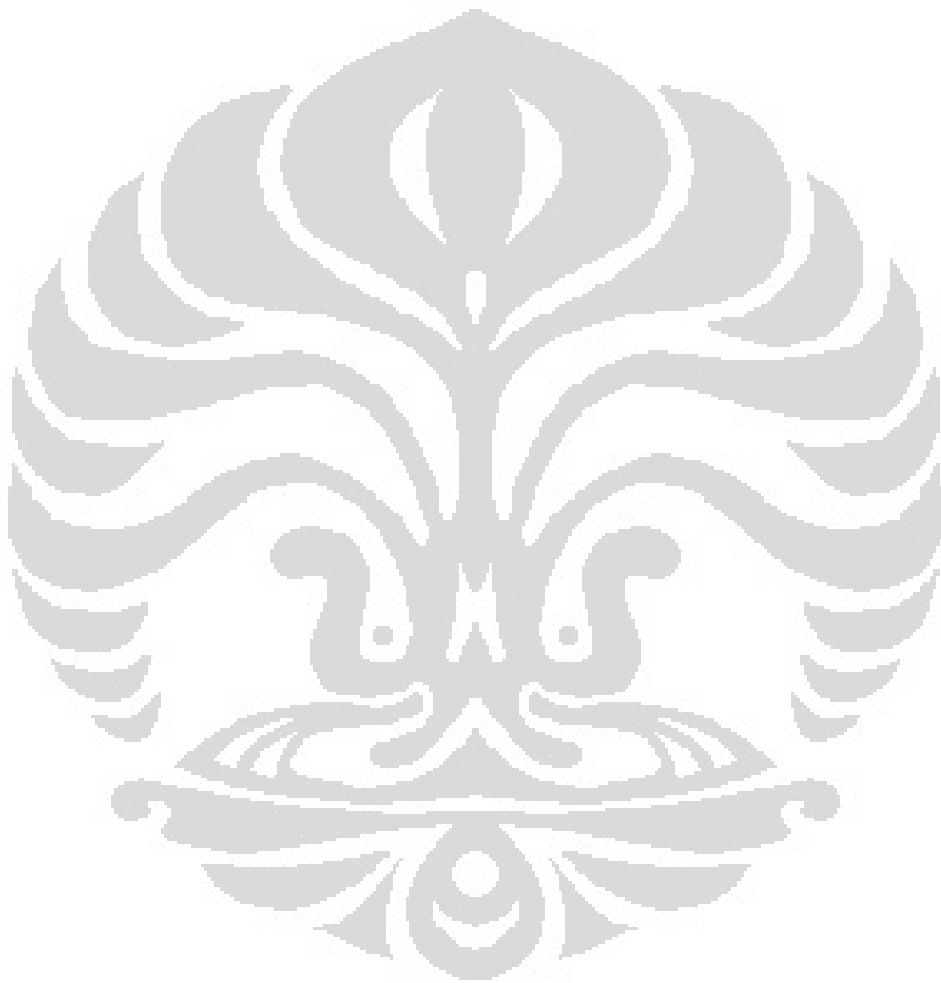
A = Luas Permukaan (m^2)

$$\text{Young's Modulus} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

i. Uji Sineresis

Sineresis merupakan peristiwa keluarnya cairan dari sediaan gel. Sampel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, campuran kappa-iota (1:1), koproses A, B dan C didispersikan dalam aquadest dengan konsentrasi 5%, 10% dan 15% (b/v)

hingga menjadi gel. Sediaan gel didiamkan selama 12 jam pada suhu 10°C dan suhu kamar. Setelah 12 jam dilihat apakah terjadi sineresis atau tidak (Panjaitan, C., 2007).



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Pregelatinisasi Pati Singkong Propionat Anhidrida

Pemasukan gugus propionat merupakan proses esterifikasi. Esterifikasi dipengaruhi oleh pH, media pendispersi dan penambahan katalis. (Fleche,1986). Pada pembuatan pregelatinisasi pati singkong propionat gugus karboksilat dari asam propionat bereaksi dengan gugus hidroksil dari pati singkong (reaksi esterifikasi).

Dalam air, propionat anhidrida mudah terhidrolisis menjadi asam propionat yang memiliki dua gugus asam karboksilat. Gugus ini akan melepaskan H^+ sehingga akan terjadi penurunan pH secara drastis pada saat mereaksikan propionat anhidrida dengan suspensi pati. Pada pH yang rendah juga dapat terjadi peningkatan hidrolisis pati. Oleh karena itu, diperlukan larutan NaOH untuk menjaga suasana tetap basa (pH 8-9) sehingga dapat menghambat laju hidrolisis propionat dan pati. Larutan NaOH dengan konsentrasi 1N dapat digunakan untuk mengontrol pH dengan baik. NaOH juga berperan sebagai katalis.

Pada pemasukan gugus propionat dilakukan pada suhu dibawah 10-15°C dengan air dingin atau batu es, tujuan untuk menghindari panas yang dihasilkan selama reaksi berlangsung. Pemasukan propionat anhidrida dilakukan sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan stirer, tujuannya agar propionat anhidrida tidak begitu banyak yang berikatan dengan uap air diudara dan langsung bereaksi, karena bentuknya cair dan sifat yang reaktif dari propionat anhidrida.

Reaksi ini berlangsung cukup lama karena propionat anhidrida sukar larut dalam air. Oleh karena itu, diperlukan pengadukan terus-menerus untuk membantu kelarutan propionat anhidrida dan menghomogenkan suspensi. Reaksi dinyatakan telah selesai bila tidak ada penurunan pH yang signifikan. Bila reaksi telah selesai, suspensi dinetralkan dengan penambahan asam klorida encer sampai pH 6,5-7, setelah itu dicuci dengan aquadest sebanyak lima kali dan masing-masing disaring, air cucian diidentifikasi warna dengan menggunakan kalium permanganat ($KMnO_4$) hasilnya air cucian ke lima warnanya sudah sama dengan

blanko negatif berwarna ungu menandakan sudah tidak ada lagi propionat didalam air cucian, tujuan dilakukan identifikasi warna adalah untuk mengetahui masih ada tidaknya asam propionat. Identifikasi warna air cucian PPSP dapat dilihat pada Lampiran 2. Supernatan dikeringkan dengan menggunakan *double drum drier*.

Pada pembuatan pregelatinasi pati singkong propionat dihasilkan serbuk ringan, berwarna putih, dan tidak berbau. Rendemen pregel pati singkong propionat yang dihasilkan adalah sebesar 84,4%. Kehilangan massa yang terjadi disebabkan proses pengeringan, lengketnya lembaran PPSP pada drum drier, dan tertinggal pada wadah penampungan atau sewaktu proses penggilingan (*disc mill*).

4.2 Pembuatan eksipien koproses PPSP dengan Karagenan Kappa dan Iota

Pada pembuatan koproses dilakukan dengan menggunakan PPSP dengan karagenan. Karagenan yang digunakan adalah karagenan *semirefined*, campuran antara kappa dan iota (1:1). Kappa memiliki sifat gel yang kuat dan kaku, sedangkan iota memiliki sifat gel yang elastis, campuran kappa dan iota dengan perbandingan (1:1) diharapkan dapat menghasilkan gel yang kuat dan elastis.

Pembuatan koproses PPSP dengan Karagenan kappa dan iota dihasilkan serbuk kasar dan ringan serta memiliki keberagaman warna dari kuning muda hingga putih gading, warna kuning muda diperoleh pada koproses A, dan B. Pada koproses C menghasilkan serbuk yang berwarna putih gading, mendekati warna PPSP. Rendemen koproses yang dihasilkan koproses A 66,16 %, koproses B 74,16%, koproses C 90%. Pengurangan massa terjadi pada saat proses homogenisasi, pengeringan, penggilingan dan pengayakan. Pada saat pencampuran PPSP dengan karagenan dalam homogenizer, banyak massa kental yang melekat pada masing-masing wadah ketika massa kental dipindahkan dari wadah ke dalam wadah homogenizer. Kemudian saat pengeringan pada *double drum drier*, banyak massa yang menggumpal disudut-sudut pisau pengerok, sehingga terjadi penumpukan lapisan tipis yang dihasilkan dan sukar untuk dihaluskan. Pada saat penggilingan dengan *disc mill*, ada beberapa eksipien yang tertinggal dalam alat, begitu pula pada saat pengayakan. Beberapa hal tersebut

menyebabkan berkurangnya massa eksipien koproses. Penampilan fisik serbuk koproses A, B, C dapat dilihat pada Lampiran 1. Setelah didapatkan hasil dari pembuatan koproses selanjutnya akan dikarakterisasi fisik, kimia dan fungsional sebagai eksipien dalam sediaan farmasi.

4.3 Karakterisasi eksipien PPSP, Karagenan dan Koproses PPSP-Karagenan

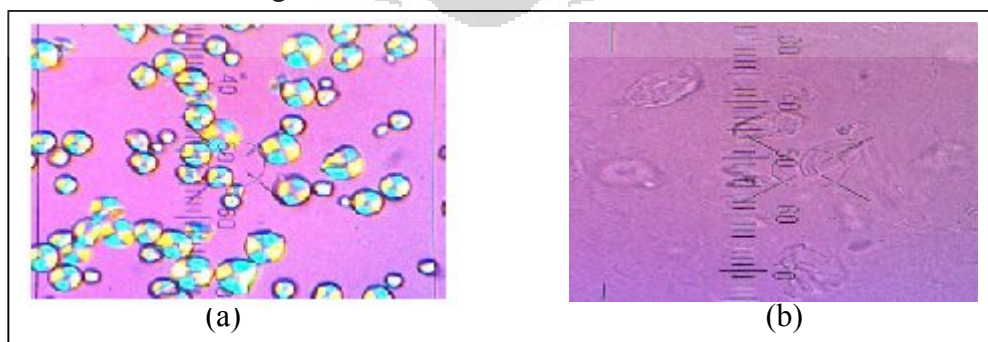
4.3.1 Karakterisasi Fisika

4.3.1.1 Penampilan Fisik

Penampilan fisik serbuk PPSP, kappa karagenan, iota karagenan, dan koproses koproses A, B, C memiliki beberapa perbedaan. PPSP merupakan serbuk ringan, berwarna putih, tidak berbau, dan tidak berasa. Kappa dan iota karagenan merupakan serbuk hablur yang berwarna kuning muda berbau khas karagenan. Koproses A, B, C merupakan serbuk ringan pada koproses A dan B diperoleh warna kuning muda sedangkan koproses C menghasilkan serbuk yang berwarna putih gading mendekati warna PPSP. Koproses juga memiliki bau khas seperti karagenan.

Proses pengeringan pada PPSP dan koproses A, B, C sama-sama dilakukan dengan menggunakan alat *double drum drier*. Hasilnya berupa serpihan film tipis, meskipun serpihan tersebut telah dihaluskan, serbuk yang dihasilkan tetap berbentuk tipis dan ringan. Penampilan fisik serbuk PPSP, kappa karagenan, iota karagenan, dan koproses A, B, C dapat dilihat pada Lampiran 1. Sebaiknya pengeringan dilakukan dengan menggunakan *spray drier* agar diperoleh bentuk partikel bahan yang sferis.

4.3.1.2 Sifat Birefringence



Gambar 4.1 Bentuk partikel dilihat dari mikroskop cahaya terpolarisasi dengan perbesaran 400x (a) Pati Singkong (b) PPSP

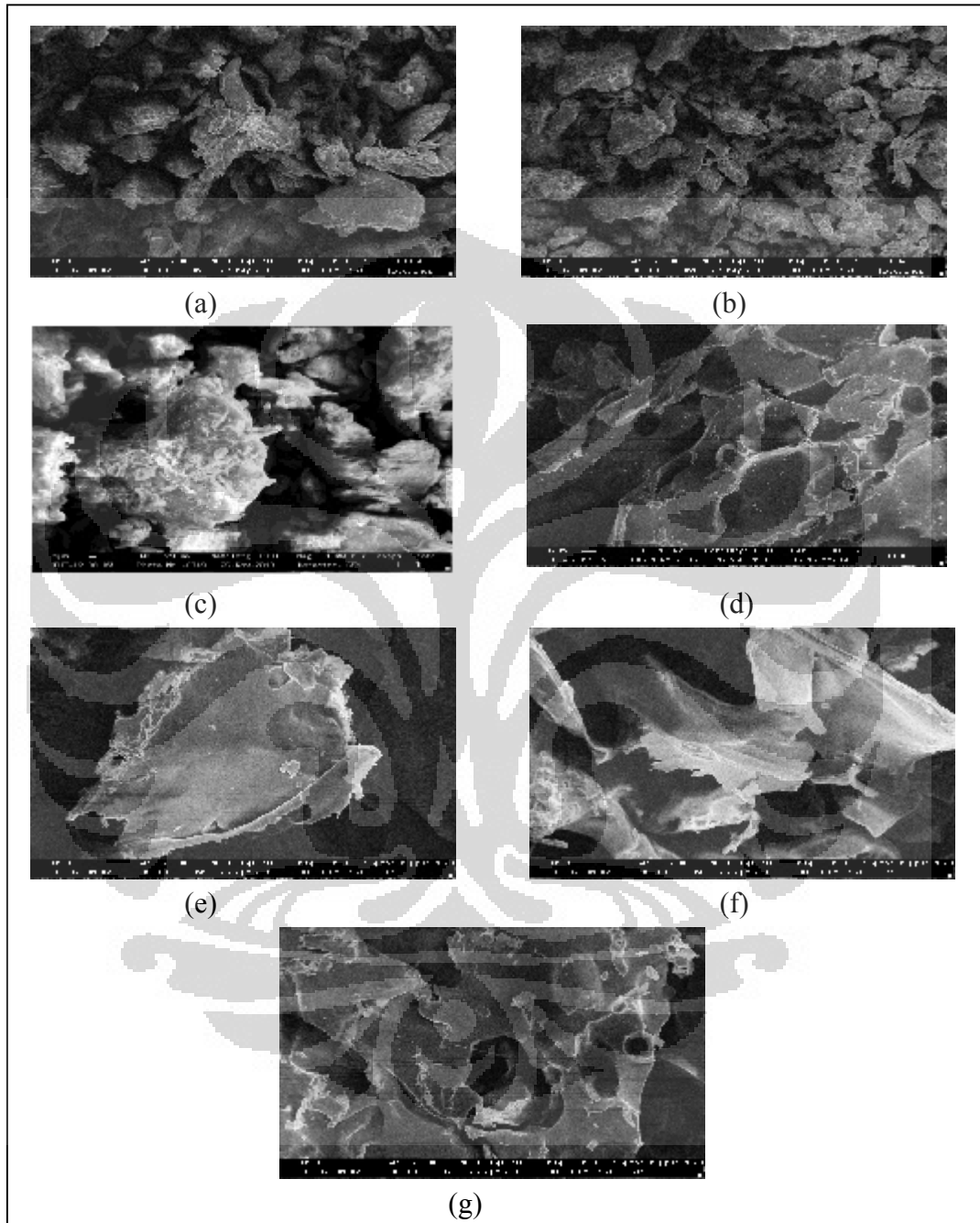
Sifat *birefringence* adalah kemampuan granula pati untuk memantulkan cahaya terpolarisasi. Adanya sifat ini ditunjukkan oleh munculnya warna pada granul pati jika diamati melalui mikroskop cahaya terpolarisasi. Warna tersebut merupakan warna yang dipantulkan oleh kristalin dalam pati. Sifat birefringence ini dapat menjadi ukuran apakah suatu granula pati sudah mengalami gelatinisasi atau belum. Gelatinisasi dapat menyebabkan granula pati kehilangan sifat polarisasinya, sehingga bila diamati dibawah mikroskop cahaya terpolarisasi warnanya tidak tampak. Pati singkong masing memiliki sifat birefringence karena belum mengalami gelatinisasi (Gambar 4.4). Proses pembuatan PPSP mengalami pemanasan pada suhu 80°C hampir semua granula pati terdegradasi. Dengan demikian pada proses ini mengakibatkan terbentuknya pregelatinasi pati singkong propionat. Hal ini ditampilkan dalam Gambar 4.1 dan Lampiran 4 dimana tidak lagi terlihat granula pati yang dapat memantulkan cahaya terpolarisasi.

4.3.1.3 Bentuk dan Morfologi Partikel

Pengamatan bentuk partikel pati singkong, PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, dan koproses A, B dan C dapat diamati melalui hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada berbagai perbesaran masing-masing ditampilkan pada Gambar 4.2 dan Lampiran 5 -11. Pengamatan bentuk partikel dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan fisika yang terjadi selama mengalami proses prigelatinisasi dan koproses.

Hasil pengamatan menggunakan SEM menunjukkan bentuk partikel karagenan kappa, iota maupun campuran kappa-iota berbentuk seperti bongkahan batu kerikil yang padat, sedangkan PPSP berbentuk seperti serpihan tipis. Bentuk partikel koproses A, B dan C memiliki bentuk partikel yang tidak beraturan dan juga memiliki teksur permukaan yang halus. Bentuk partikel hasil koproses lebih mirip dengan PPSP, hal ini dikarenakan proses pengeringan pada pembuatan PPSP dan ekspien koproses sama yaitu dengan menggunakan *drum drier*. Hasil pengeringan dengan menggunakan *drum drier* ini umumnya berupa serpihan tipis

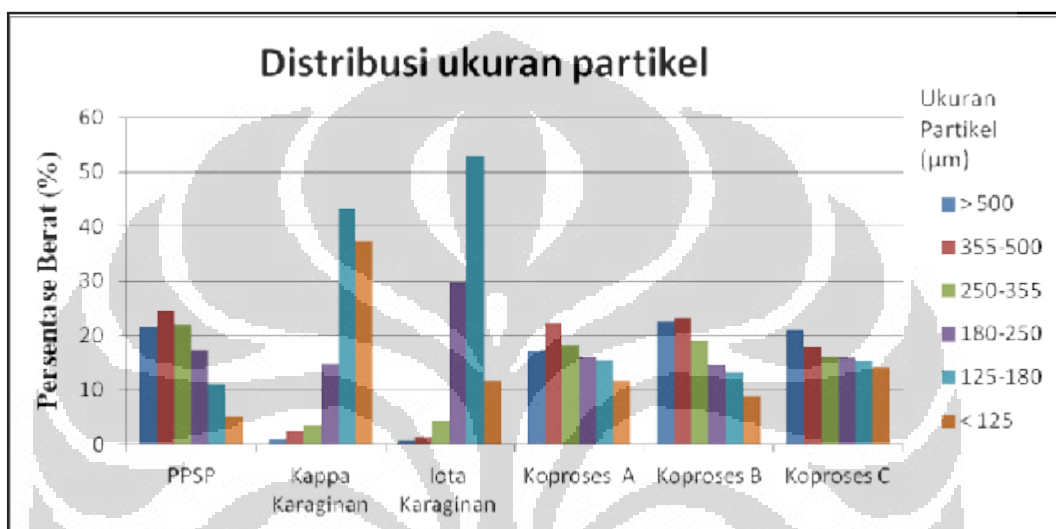
yang kemudian dihaluskan dengan discmill untuk memperoleh serbuk dengan ukuran partikel yang diinginkan.



Gambar 4.2 Mikrograf SEM dengan perbesaran 500x (a) Kappa Karaginan, (b) Iota Karaginan, (c) Kappa : Iota (1:1), (d) PPSP, (e) Koproses A, (f) koproses B, (g) Koproses C

4.3.1.4 Distribusi Ukuran Partikel

Pengukuran distribusi ukuran partikel dilakukan dengan cara pengayakan menggunakan ayakan Retsch ukuran 35 mesh, 45 mesh, 60 mesh, 80 mesh, dan 120 mesh, pada kecepatan 15 rpm selama 20 menit. Diagram batang distribusi ukuran partikel ditampilkan dalam Gambar 4.3 dan data hasil evaluasinya terdapat pada Lampiran 24.



Gambar 4.3 Diagram batang distribusi ukuran partikel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan dan koproses A, B, C

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa PPSP paling banyak terdistribusi pada ukuran 355-500 µm dengan konsentrasi 24,6%, kappa karaginan pada ukuran 125-180µm dengan konsentrasi 43,2%, dan iota karaginan pada ukuran 125-180µm dengan konsentrasi 53%. Sedangkan pada eksipien koproses, untuk koproses A paling banyak terdistribusi pada ukuran partikel 355-500 µm dengan konsentrasi 22,2%, koproses B pada ukuran partikel 355-500 µm dengan konsentrasi 23,2% dan koproses C pada ukuran partikel > 500 µm dengan konsentrasi 21%.

Kappa dan iota karaginan diproduksi dalam skala besar dengan mesin sehingga memiliki ukuran partikel yang kecil dan seragam. Berbeda dengan PPSP dan eksipien koproses memiliki ukuran partikel yang lebih besar dan

cenderung tidak seragam. Hal ini dapat disebabkan oleh pembuatan PPSP dan koproses dihasilkan serpihan tipis yang kemudian digiling lalu diayak.

Penggilingan dan pengayakan yang kurang sempurna dapat mempengaruhi besarnya ukuran partikel yang terbentuk. Keragaman ukuran partikel juga bisa disebabkan karena perbedaan kekuatan dan lama penghalusan pada saat pembuatan. Untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam, bagian kasar yang tertahan pada pengayakan seharusnya digiling kembali dan diayak lagi, sehingga didapatkan ukuran partikel yang seragam. Ukuran partikel PPSP dan koproses dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan karena hasil pengeringan keduanya merupakan serpihan-serpihan berukuran besar yang dapat dihaluskan dan diayak dengan sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

4.3.1.5 Higroskopisitas

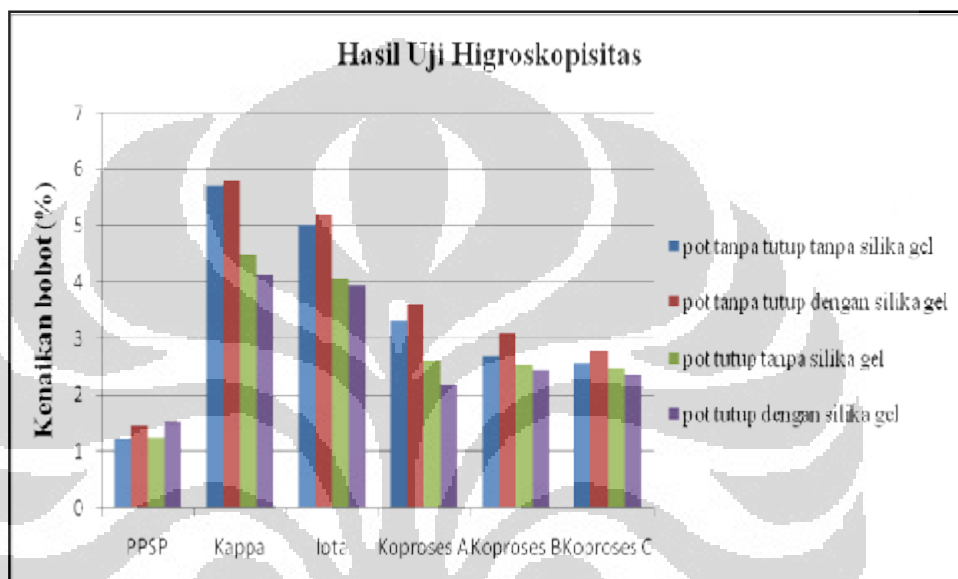
Higroskopisitas bahan diukur dengan menghitung penambahan bobot tiap minggunya selama satu bulan pada empat perlakuan, yaitu dalam pot tidak diberi tutup, dalam pot tidak diberi tutup tetapi diberi silika gel, dalam pot diberi tutup tetapi tidak diberi silika gel, dan dalam pot diberi tutup dan silika gel. Data higroskopisitas dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Lampiran 25.

Pengujian higroskopisitas dilakukan untuk mengukur besarnya penyerapan uap air yang ada di udara oleh suatu zat. Tujuannya untuk memperkirakan pengemasan yang digunakan agar bahan tidak cepat lembab. Higroskopisitas adalah kemampuan untuk menyerap lembab oleh bahan padat pada kondisi dan lama penyimpanan. Selain itu juga dapat digunakan untuk memperkirakan perpindahan lembab dalam sediaan padat setelah proses pembuatan.

Kenaikan rata-rata bobot tertinggi pada PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, dan koproses A, B, C terjadi pada pot tanpa tutup dengan silika gel yaitu 2,76 %, 5,82%, 5,19%, 3,61%, 3,09% dan 2,79%. Pada seluruh sampel yang disimpan pada wadah pot tertutup dengan silika gel, peningkatan bobot memiliki persentase terendah. Hal ini menunjukkan penyimpanan sampel sebaiknya dilakukan dalam wadah tertutup rapat dan diberikan silika gel.

Persentase kenaikan bobot tertinggi pada PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, dan koproses A, B, C terjadi pada minggu pertama pengukuran. Pada

minggu kedua, ketiga, dan keempat terjadi penurunan persentase kenaikan bobot. Persentase kenaikan bobot kappa karaginan lebih tinggi dibandingkan sampel lainnya. Hal ini menunjukkan kappa karaginan merupakan zat yang paling higroskopis diantara keenam sampel. Persentase kenaikan bobot terendah dimiliki oleh koproses C. Hal ini menunjukkan pembuatan koproses dapat menghasilkan eksipien dengan sifat higroskopisitas yang lebih rendah.



Gambar 4.4. Diagram batang Higroskopis PPSP, kappa karagenan, iota karagenan, dan koproses A, B dan C

4.3.1.6 Kadar Air

Tabel 4.1 Data kadar air PPSP, kappa karaginan, iota karaginan dan koproses A, B, C

Sampel	Kadar Air (%)
PPSP	10,15
Kappa	8,6
Iota	8,28
Koproses A	10,62
Koproses B	9,67
Koproses C	8,81

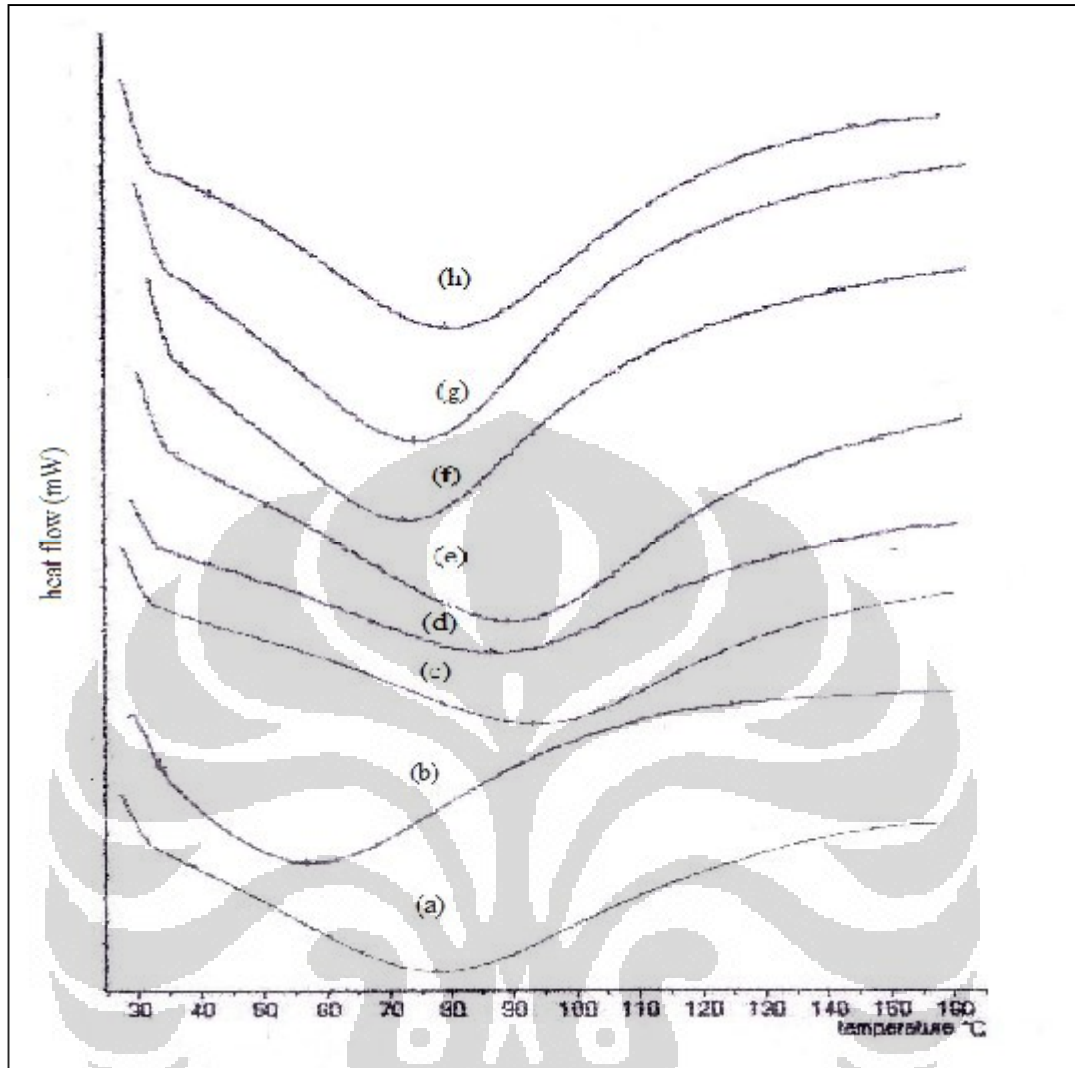
Kadar air dalam suatu eksipien perlu diketahui dengan tujuan untuk mengetahui berapa banyak bagian zat yang mudah menguap, yang dalam hal ini adalah air. Berapa banyak kadar air yang terdapat dalam suatu bahan perlu diketahui karena dapat mempengaruhi laju alir serta kompresibilitas yang berperan dalam kekerasan dan proses pembuatan tablet. Kadar air ditetapkan dengan cara pengeringan pada suhu 105°C .

Koproses A, B, C menghasilkan kadar air lebih tinggi dibandingkan kadar air PPSP, kappa dan iota karaginan. Hal ini dapat disebabkan oleh penyimpanan koproses yang kurang baik atau proses pengeringan sampel masih belum terlalu kering, sehingga berdampak pada meningkatnya kadar air dari masing-masing sampel koproses.

Berdasarkan Farmakope Indonesia edisi IV, susut pengeringan pati tidak lebih dari 15 %. Kadar air yang lebih rendah akan lebih menguntungkan karena bahan akan lebih tahan dalam penyimpanan. Selain itu dapat membuat suatu bahan akan lebih mudah mengalir karena kohesivitas antar partikel serbuk kecil dan adhesivitas terhadap mesin pencetak tablet yang kecil. Hal tersebut berpengaruh pada daya alir eksipien koproses pada mesin pembuat tablet, apabila mudah mengalir maka kadarnya dalam suatu tablet akan seragam tiap batch. (Nokodochi, A., 2005). Data pengukuran kadar air dapat dilihat pada Tabel 4.1.

4.3.1.7 Analisis Termal

Analisis termal koproses A, B, C diamati dengan *differential scanning calorimetry* (DSC). Prinsip dasar DSC adalah pengukuran terhadap respon sampel yang mendapat panas, respon diukur merupakan energi dan suhu dari peristiwa termal yang berlangsung selama rentang suhu atau interval waktu yang diteliti (Craig, D. Q. M. & Reading, M, 2007). Hasil karakterisasi menggunakan DSC ditampilkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Termogram (a) Pati singkong, (b) PPSP, (c) kappa karaginan, (d) iota karaginan, (e) campuran kappa-iota karaginan (1:1), (f)koproses A, (g) koproses B, (h)koproses C dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)

Rentang peleburan pati singkong terletak antara suhu $39,4^{\circ}\text{C}$ - $138,8^{\circ}\text{C}$. sedangkan rentang peleburan PPSP terletak antara suhu $33,1^{\circ}\text{C}$ - $110,7^{\circ}\text{C}$ dan suhu puncak peleburan pati singkong terletak pada suhu $78,4^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada PPSP memiliki puncak endotermik pada suhu $55,5^{\circ}\text{C}$. Dari hasil analisis terlihat perbedaan suhu puncak peleburan antara PPSP dengan bahan asalnya yaitu pati singkong, PPSP mengalami penurunan suhu lebur dibanding pati singkong. Namun rentang peleburan kappa karaginan terletak antara suhu $40,9^{\circ}\text{C}$ - 153°C ,

rentang peleburan iota karaginan terletak antara suhu $40,0^{\circ}\text{C}$ - $142,1^{\circ}\text{C}$, rentang peleburan campuran kappa-iota karaginan terletak antara suhu $41,2^{\circ}\text{C}$ - $147,6^{\circ}\text{C}$. dan suhu puncak peleburan kappa karaginan terletak pada suhu $92,4^{\circ}\text{C}$, pada iota karaginan memiliki puncak endotermik pada suhu $85,5^{\circ}\text{C}$, sedangkan campuran kappa:iota karaginan terletak antara suhu $87,1^{\circ}\text{C}$.

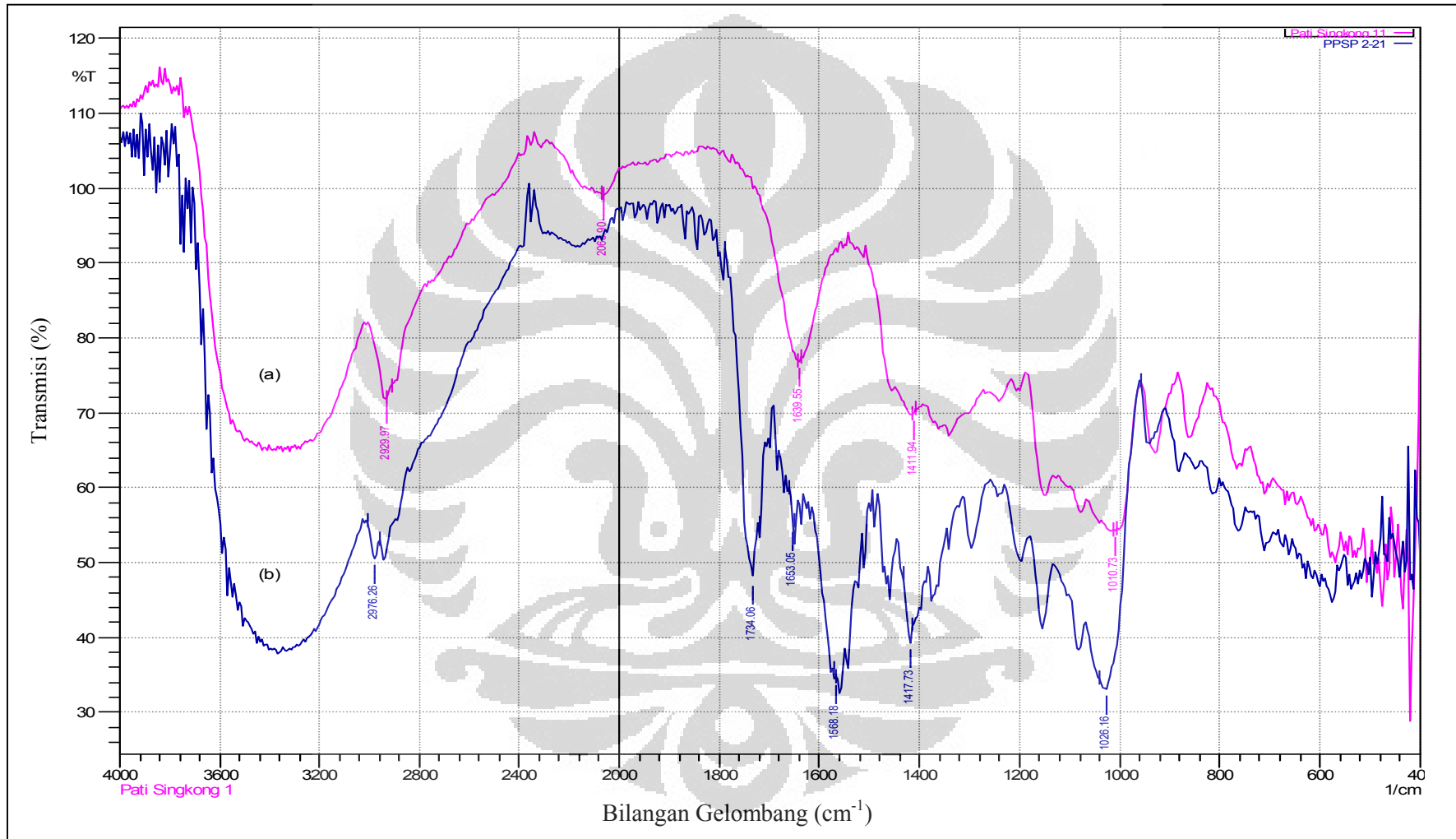
Koproses A memiliki rentang peleburan terletak antara suhu $39,4^{\circ}\text{C}$ - $128,4^{\circ}\text{C}$, rentang peleburan koproses B terletak antara suhu $39,9^{\circ}\text{C}$ - $118,5^{\circ}\text{C}$, sedangkan rentang peleburan koproses C terletak antara suhu $42,6^{\circ}\text{C}$ - $134,3^{\circ}\text{C}$. dan suhu puncak peleburan koproses A terletak pada suhu $70,1^{\circ}\text{C}$, pada koproses B memiliki suhu puncak peleburan pada suhu $72,9^{\circ}\text{C}$, sedangkan koproses C terletak antara suhu $79,7^{\circ}\text{C}$. Rentang peleburan koproses A, B, C berada diantara rentang peleburan PPSP dan karaginan sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat adanya perubahan kimia dalam koproses.

4.3.2 Karakterisasi Kimia

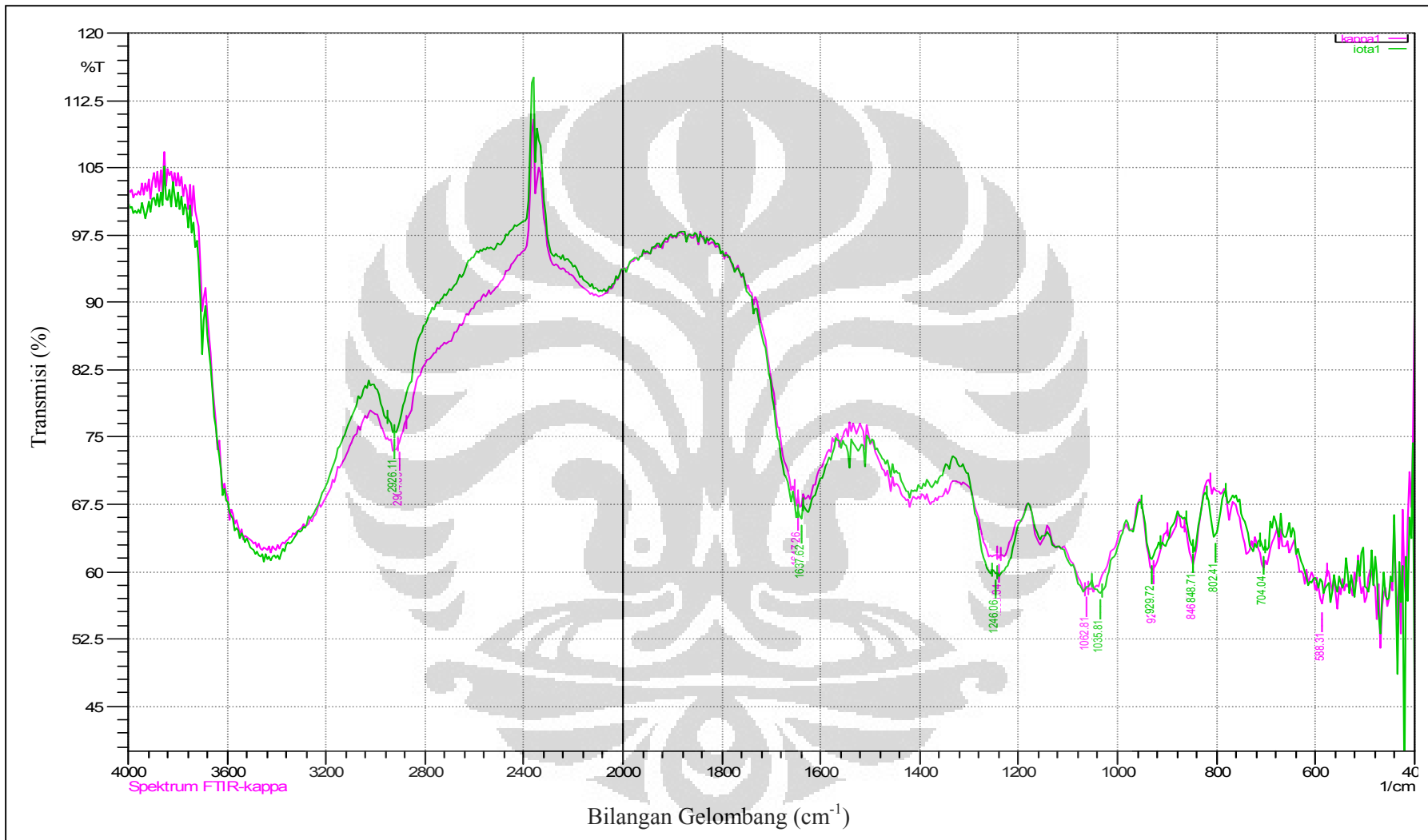
4.3.2.1 FTIR (Fourrier Transformation Inframerah)

Hasil modifikasi kimia antara pati singkong dengan asam propionat menghasilkan PPSP, yaitu masuknya gugus propionat pada senyawa pati singkong. Spektrum inframerah PPSP memiliki peak pada bilangan gelombang $1734,06\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya ikatan ester. (dapat dilihat pada Gambar 4.6).

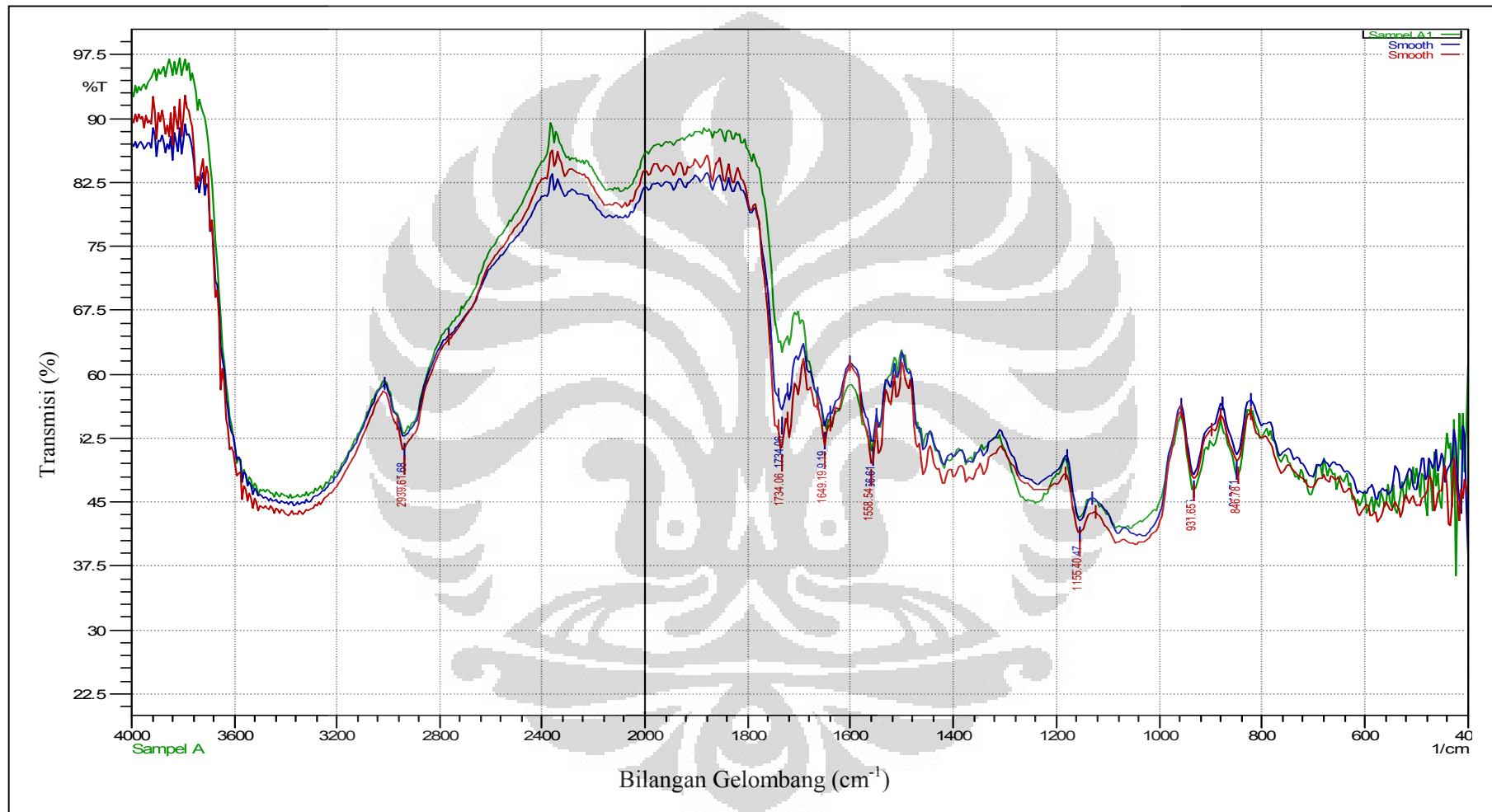
Setelah PPSP dikoproses dengan karagenan kappa dan iota, masing-masing sampel hasil koproses menunjukkan masih adanya peak dari PPSP dan peak dari karagenan kappa dan Iota. Hal ini menunjukkan bahwa hasil koproses tersebut tidak ada perubahan secara kimia pada proses pembuatan koproses, dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4.6 Spektrum Inframerah (a) Pati singkong dan (b) PPSP



Gambar 4.7 Spektrum Inframerah (a) karagenan kappa = █ dan (b) karagenan iota = █



Gambar 4.8 Spektrum Inframerah (a) koproses A = ■ , (b) koproses B = ■ dan (c) koproses C = ■

4.3.2.2 Penentuan Derajat Substitusi

Derajat substitusi adalah banyaknya jumlah gugus OH yang tersubstitusi oleh gugus karboksilat. Gugus hidroksil yang terdapat pada pati dapat disubstitusi oleh gugus karboksilat dari asam propionat untuk merubah sifat dari pati (modifikasi kimia). Gugus OH yang dapat disubstitusi pada pati adalah gugus OH dari glukosa pada ujung rantai pereduksi baik dari amilosa maupun amilopektin. Gugus OH pada C-6 merupakan gugus OH yang paling reaktif, selanjutnya adalah C-2 dan C-3 (Wurzburg, O.B., 1989)

Derajat substitusi diukur dengan cara titrasi asam basa secara tidak langsung menggunakan HCl sebagai titran dan indikator metil merah sebagai penentu titik akhir titrasi. Nilai derajat substitusi yang diperoleh sebesar 0,2. Nilai DS yang diperoleh lebih tinggi dari penelitian terdahulu (Bangun, E. N. C., 2011) dengan menggunakan asam propionat dan memperoleh nilai DS sebesar 0,03. Hal tersebut disebabkan penggunaan metode yang berbeda dan menghasilkan reaksi yang berbeda pula yaitu dengan menggunakan asam propionat anhidrida. Ini menunjukkan meminimalisasi polaritas dalam medium yang dapat meningkatkan derajat substitusi.

4.3.2.3 Pengukuran pH

Tabel 4.2 Data pH Pati singkong, PPSP, kappa karaginan, iota karaginan dan koproses A, B, C

Sampel	pH
Pati singkong	6,35
PPSP	6,40
Kappa karaginan	10,51
Iota karaginan	10,58
Koproses A	8,28
Koproses B	7,7
Koproses C	7,4

Pengukuran pH dilakukan untuk mengukur derajat keasaman PPSP, karagenan kappa dan iota, serta eksipien koproses dalam air. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter. Pati singkong memiliki pH sebesar 6,35 sedangkan PPSP memiliki pH sebesar 6,40. Hal ini menunjukkan proses pencucian pada ppsp mendekati sempurna. Pada eksipien koproses pH lebih tinggi dari pada pH PPSP karena ada pengaruh pH dari karaginan. Eksipien koproses menghasilkan pH terletak antara $\pm 7 - 8$.

4.3.3 Karakterisasi Fungsional

4.3.3.1 Laju Alir

Hasil evaluasi laju alir akan sangat menentukan apakah suatu bahan yang dibuat dapat mengalir dengan baik. Jika dapat mengalir dengan baik, maka bahan tersebut dapat digunakan untuk pembuatan tablet secara cetak langsung. Laju alir akan mempengaruhi keseragaman kandungan pada saat pengisian serbuk ke dalam cangkang kapsul atau pada pengaliran serbuk ke mesin cetak tablet. Data rata-rata laju alir dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Lampiran 27.

Tabel 4.3 Data rata-rata laju alir PPSP, kappa karaginan, iota karaginan dan koproses A, B, C

Sampel	Laju Alir (g/s)
PPSP	0,252
Kappa karaginan	2,665
Iota karaginan	5,910
Koproses A	0,05
Koproses B	0,062
Koproses C	0,065

Karagenan Iota memiliki laju alir yang cukup baik, yaitu 5,91 g/detik, sedangkan karagenan kappa memiliki laju alir yang buruk, yaitu 2,665 g/detik. Laju alir dari koproses yang dihasilkan sangat buruk yaitu rata-rata 0,05-0,06 gram/detik. Laju alir koproses yang rendah dapat disebabkan oleh *fines*. Laju alir yang rendah juga dapat disebabkan kadar air koproses yang cukup tinggi yang

dapat menyebabkan peningkatan gaya kohesi atau daya lekat antar partikel sehingga laju alir menjadi rendah. Tekstur permukaan partikel koproses yang kasar juga dapat meningkatkan gaya gesek antar partikel sehingga menurunkan laju alir (Martin, Bustamante & Chun, 1993).

4.3.3.2 Sudut Istirahat

Sudut istirahat dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran partikel, serta sifat kohesivitas serbuk, dimana makin tinggi kohesivitas maka partikel-partikel semakin mudah berlekatan. Partikel-partikel halus memiliki kohesivitas yang tinggi sehingga tidak dapat mengalir. Semakin halus ukuran partikel suatu massa atau bahan, maka massa tersebut akan sulit mengalir dan membentuk sudut dengan kemiringan yang tinggi. Semakin landai atau semakin datar sudut yang dihasilkan, artinya sudut kemiringan semakin kecil dan semakin baik sifat alir serbuk tersebut. Nilai sudut istirahat 20° - 30° menunjukkan sifat alir yang baik. (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1995).

PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, dan koproses A, B, C tidak dapat mengalir sama sekali pada corong alat uji sudut istirahat. Sudut istirahat serbuk-serbuk tersebut menjadi tidak dapat terukur. Hal ini dapat disebabkan oleh laju alir serbuk yang buruk

4.3.3.3 Indeks Kompresibilitas

Tabel 4.4. Data densitas bulk, densitas mampat, indeks kompresibilitas dan rasio Hausner dari PPSP, kappa karaginan, iota karaginan dan koproses A, B, C

Sampel	Density Bulk (g/ml)	Density Mampat (g/ml)	Indeks Kompresibilitas (%)	Rasio Hausner
PPSP	0,14	0,18	23,11	1,3
Kappa Karaginan	0,63	0,82	23,42	1,31
Iota Karaginan	0,64	0,85	25	1,33
Koproses A	0,11	0,16	29,98	1,43
Koproses B	0,12	0,19	36,87	1,58
Koproses C	0,12	0,19	34,99	1,54

Indeks kompresibilitas adalah nilai dari selisih antara densitas mampat dengan densitas bulk dari suatu bahan dibagi dengan densitas mampat. Maka faktor-faktor yang mempengaruhi densitas mampat dan densitas bulk juga mempengaruhi kompresibilitas dari suatu bahan. Suatu bahan yang memiliki nilai densitas mampat dan densitas bulk yang tinggi berarti memiliki nilai kompresibilitas yang baik, menandakan bahwa bahan tersebut mudah dicetak. Kompresibilitas bahan tersebut berhubungan erat dengan ukuran partikel dan distribusinya. Makin kecil ukuran partikel, luas permukaan partikel untuk melekat dengan partikel lain akan semakin bertambah sehingga kompresibilitasnya meningkat. Indeks kompresibilitas yang baik adalah $\leq 25\%$ (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1995). Data indeks kompresibilitas dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Lampiran 28.

PPSP, kappa karaginan, dan iota karaginan memiliki nilai indeks kompresibilitas berturut-turut: 23,11%, 23,42%, dan 25,00%. Nilai rasio Hausner berturut-turut adalah 1,30; 1,31; dan 1,33 Kategori aliran serbuk tersebut termasuk agak baik menurut kategori United States Pharmacopoeia 30th. Pada koproses A memiliki nilai indeks kompresibilitas sebesar 29,98% sedangkan nilai rasio Hausner adalah 1,43. Kategori aliran serbuk tersebut termasuk buruk menurut kategori United States Pharmacopoeia 30th, sedangkan koproses B dan C memiliki nilai indeks kompresibilitas berturut-turut: 36,87% dan 34,99%. Nilai rasio Hausner berturut-turut adalah 1,58 dan 1,54. Kategori aliran serbuk tersebut termasuk sangat buruk menurut kategori United States Pharmacopoeia 30th sehingga dapat disimpulkan bahwa koproses tersebut kurang baik untuk tablet cetak langsung karena dapat menurunkan keseragaman bobot tablet.

4.3.3.4 Viskositas

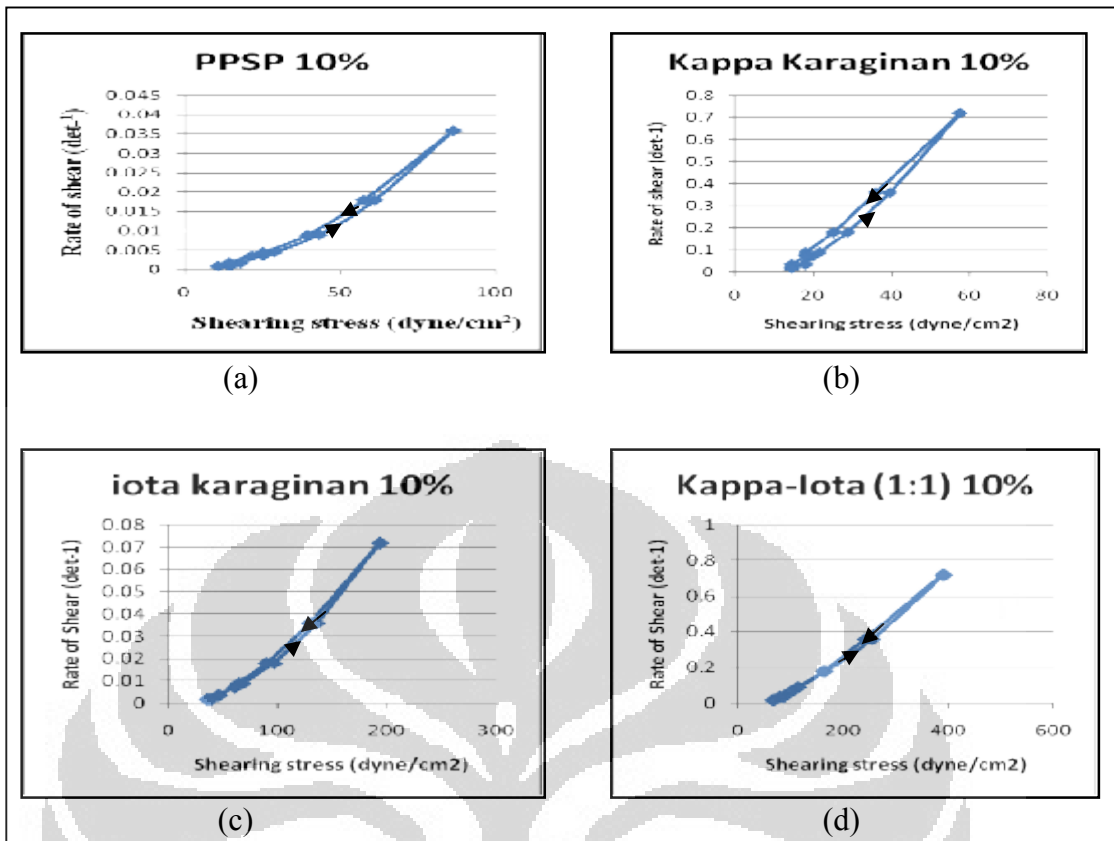
Viskositas menyatakan tahanan dari suatu cairan untuk mengalir, semakin tinggi viskositas akan semakin besar tahanannya. Besarnya viskositas rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan lampiran 33-39 serta kurva sifat alir dapat dilihat pada Gambar 4.9-4.10.

Tabel 4.5. Data viskositas rata-rata PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, campuran kappa-Iota karaginan (1:1) dan koproses A, B, C

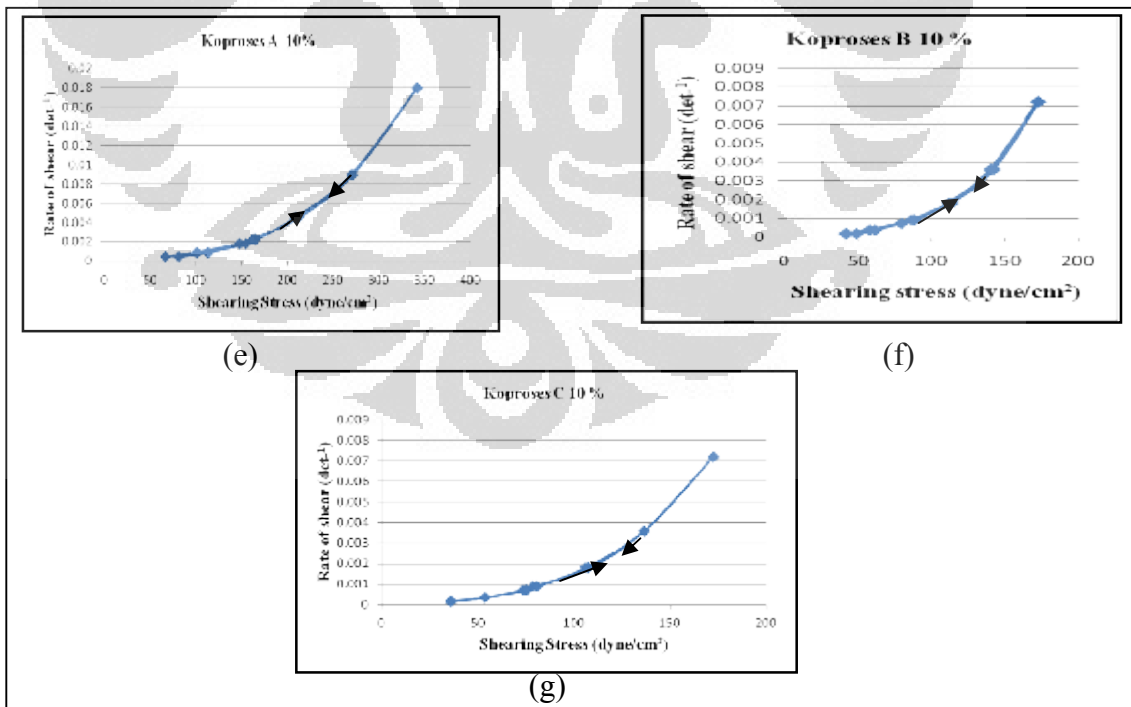
Sampel	Konsentrasi (%)	Viskositas Rata-rata (cps)
PPSP	10	6542,86
Kappa	10	295,36
Iota	10	7278,57
Kappa-Iota (1:1)	10	1546,79
Koproses A	10	76528,57
Koproses B	10	106821,43
Koproses C	10	94892,86

Uji viskositas dilakukan pada konsentrasi 10 % b/v. Viskositas PPSP dapat diukur pada konsentrasi 10% dengan viskositas rata-rata 6542.86 cps. Pada viskositas kappa dan iota karaginan dapat diukur pada konsentrasi 10% dengan viskositas rata-rata 295,36 cps dan 8785,71 cps. Kappa karaginan diukur dengan menggunakan spindel 1 karena konsistensinya encer sedangkan iota memiliki konsistensi yang kental sehingga diukur dengan menggunakan spindel 3. Campuran kappa-iota karaginan 1:1 memiliki viskositas rata-rata 1546,79 cps pada konsentrasi 10% dengan menggunakan spindel 1.

Viskositas koproses A, B, C diukur pada konsentrasi 10% dengan menggunakan spindel 5 dan 6 sehingga diperoleh viskositas rata-rata berturut-turut sebesar 76528,57 cps, 106821,43 cps dan 94892,86 cps. Hal ini menunjukan bahwa pembuatan koproses antara PPSP dengan kappa-iota karaginan dapat meningkatkan nilai viskositas dibandingkan dengan viskositas masing-masing komponen.



Gambar 4.9. kurva sifat alir pada konsentrasi 10 % (a) PPSP, (b) Kappa karaginan, (c) Iota karaginan, (d) Kappa : Iota (1:1)



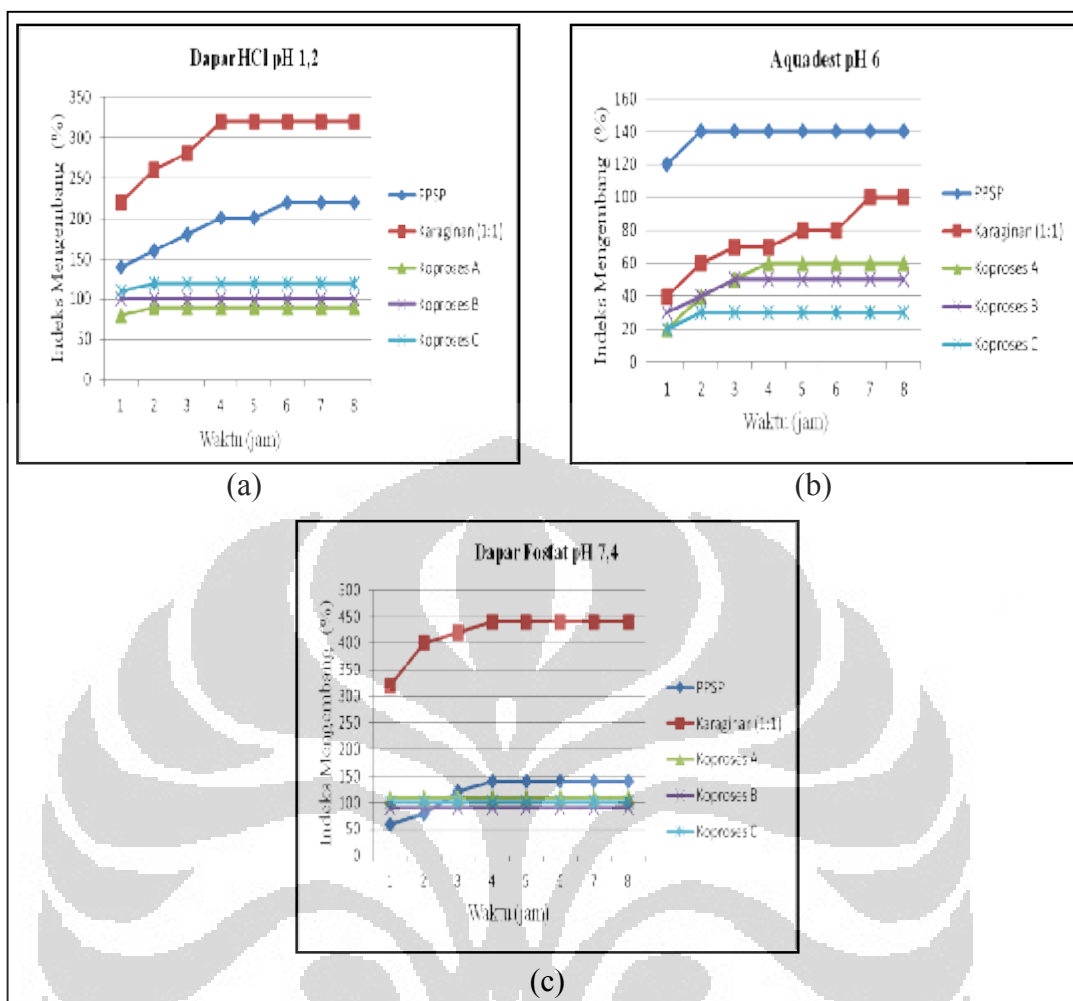
Gambar 4.10. kurva sifat alir pada konsentrasi 10 % (e) Koprores A, (f) Koprores B, (g) Koprores C

Dari hasil uji viskositas PPSP, kappa karaginan dan iota karaginan terlihat kurva sifat alir yang terbentuk cenderung mengarah ke aliran pseudoplastis, sedangkan koproses A, B, C memiliki sifat alir pseudoplastis tiksotropik. Sifat alir pseudoplastis umum dimiliki oleh larutan polimer. Viskositas suatu bahan pseudoplastis akan menurun dengan adanya peningkatan rate of shear. Kurva rheogram bahan pseudoplastis dihasilkan dari tekanan geser pada rantai molekul panjang seperti polimer linear. Dengan peningkatan shearing stress, molekul yang umumnya tidak tersusun beraturan mulai tersusun untuk mengalir (Martin, A., Bustamante, P., & Chun, A., 1993).

4.3.3.5 Kekuatan Mengembang

Kekuatan mengembang merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan suatu bahan untuk menjadi penghancur. Oleh karena itu semakin tinggi daya mengembang maka semakin cepat bahan tersebut hancur. Daya mengembang merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan suatu bahan untuk menjadi disintegran. Pengukuran daya mengembang dilakukan dalam medium pH 1,2; pH 6,0; dan pH 7,4. Pemilihan pH ini disimulasikan seperti pH dalam tubuh, dimana pH 1,2 adalah pH lambung, pH 6,0 adalah pH usus, dan pH 7,4 adalah pH kolon. Data masing-masing daya mengembang dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Lampiran 29.

Hasil pengamatan uji daya mengembang PPSP tertinggi terdapat pada medium HCl pH 1,2. Pengembangan volume dapat mencapai 220% dari volume awal. Daya mengembang PPSP pada dapar fosfat pH 7,4 dan aquadest pH 6 masing-masing hanya mencapai 140%. Hal tersebut disebabkan sifat PPSP yang hidrofilik sehingga lebih mudah terhidrasi oleh medium yang digunakan.



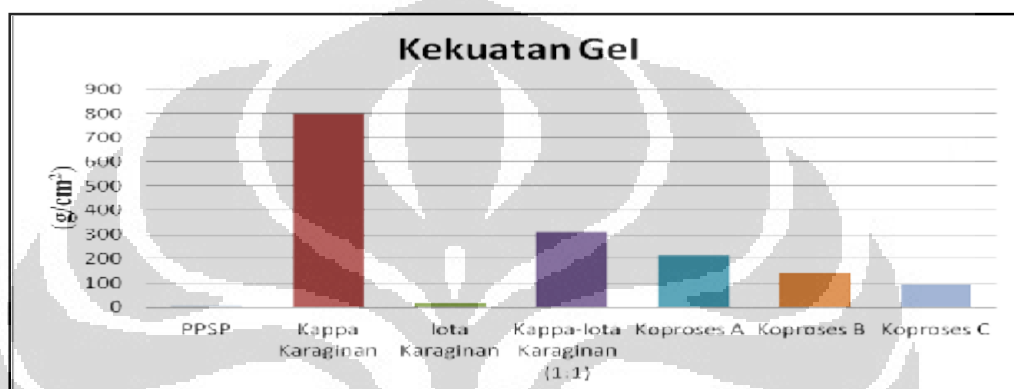
Gambar 4.11. Nilai indeks mengembang PPS, campuran kappa-iota karaginan (1:1), koproses A, B, C dalam medium HCl pH 1,2, Aquadest pH 6 dan dapar fosfat pH 7,4 pada suhu kamar selama 8 jam

Daya mengembang campuran kappa-iota tertinggi terdapat pada medium dapar fosfat pH 7,4. Pengembangan volume dapat mencapai 440% dari volume awal sedangkan daya mengembang koproses C tertinggi terdapat pada medium HCl pH 1,2. Pengembangan volume dapat mencapai 120% dari volume awal. Daya mengembang koproses C pada dapar fosfat pH 7,4 dan aquadest pH 6 hanya mencapai 100% dan 30%. Hal ini disebabkan sifat PPS yang hidrofilik sehingga lebih mudah terhidrasi oleh medium yang digunakan. Tetapi kemampuan mengembang pada medium HCl pH 1,2 terkecil dimiliki oleh koproses A yang bersifat hidrofobik. Daya mengembang eksipien koproses lebih besar pada suasana asam dapat disebabkan oleh sifat karaginan yang mudah terhidrolisis pada

suasana asam. Ikatan hidrogen antara rantai polimer yang berdekatan dapat mengalami hidrolisis sehingga pengembangan yang terjadi semakin besar.

4.3.3.6 Kekuatan Gel

Kekuatan gel menggambarkan daya tahan gel terhadap tekanan luar dan sifat kohesivitas gel dalam mempertahankan bentuknya. Kekuatan gel diukur menggunakan alat *Texture Analyzer*. Hasil pengukuran kekuatan gel dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan Lampiran 30.



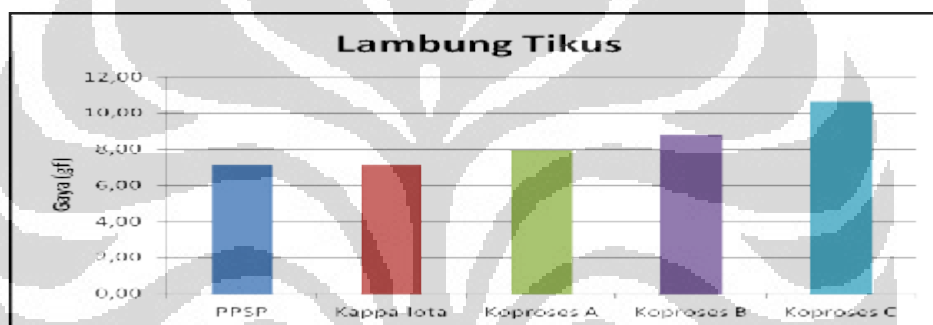
Gambar 4.12. Diagram batang kekuatan gel PPSP, karagenan kappa, iota campuran kappa-iota (1:1) dan koproses A, B dan C

Kekuatan gel pada kappa karagenan, iota karagenan dan campuran kappa-iota karaginan (1:1) diukur pada konsentrasi 5 % sedangkan PPSP dan koproses A, B, C diukur pada konsentrasi 10 %. Pengukuran kekuatan gel semua sampel tidak dapat disamakan dalam satu konsentrasi, karena perbedaan sifat kekuatan gel dari masing-masing bahan. Karagenan kappa memiliki sifat gel yang kaku, sehingga pada pengukuran lebih dari 5% akan mengakibatkan pengukuran menjadi tidak terbaca. Sebaliknya karagenan iota memiliki sifat gel yang lentur sehingga pada konsentrasi 5% menghasilkan kekuatan gel yang kecil bila dibandingkan dengan karagenan kappa.

Semua eksipien koproses menunjukkan nilai kekuatan gel yang lebih besar dari pada PPSP. Hal ini menunjukkan bahwa koproses memperbaiki sifat kekuatan gel dari PPSP. Kekuatan gel sangat berperan dalam suatu sediaan farmasi, apabila sediaan tersebut ingin diaplikasikan dalam sediaan lepas terkendali.

4.3.3.7 Uji Daya Lekat (Uji Bioadhesif)

Uji bioadhesif dilakukan pada koproses A, B, C dengan menggunakan alat *texture analyzer* untuk menentukan kekuatan pelekatan, dengan mengetahui gaya maksimum yang dibutuhkan untuk memisahkan eksipien koproses dari mukosa lambung dan usus setelah diberi tekanan. Semakin besar gaya yang diperlukan, semakin besar juga kekuatan pelekatnya. Pada uji ini, digunakan tekanan sebesar 2 gram agar tidak terjadi perubahan yang signifikan pada bentuk mukosa. Namun besarnya nilai tersebut masih dapat memberikan daerah kontak yang cukup antara partikel polimer yang terhidratasi dengan lapisan mukosa (Tur, K.M & Hung-Seng, C, 1998). Data masing-masing kekuatan bioadhesif pada mukosa lambung dan usus dapat dilihat pada Gambar 4.13-4.14 dan Lampiran 31-32.



Gambar 4.13. Diagram batang daya bioadhesif pada mukosa lambung



Gambar 4.14. Diagram batang daya bioadhesif pada mukosa usus

Hasil uji daya lekat pada masing-masing eksipien koproses menunjukkan hasil yang berbeda-beda pada mukosa lambung dan mukosa usus. Koproses A memberikan kekuatan pelekatan yang berbeda pada mukosa lambung dibandingkan dengan mukosa usus. Kekuatan pada mukosa lambung lebih besar yaitu 7,93 gF, sedangkan di usus 7,53 gF. Pada koproses B memberikan kekuatan pelekatan pada mukosa lambung lebih besar yaitu 8,77 gF, sedangkan di usus 7,07

gF. Koproses C memberikan kekuatan pelekatan pada mukosa lambung lebih besar yaitu 10,63 gF, sedangkan di usus 6,90 gF. Dari ketiga koproses tersebut yang memberikan kekuatan pelekatan pada mukosa lambung yang paling besar adalah koproses C sedangkan kekuatan pelekatan pada mukosa usus yang paling besar adalah koproses A, hal ini dikarenakan PPSP-Karagenan memiliki gugus ionik, yaitu gugus karboksil dan hidroksil yang mengalami disosiasi akibat pengaruh pH lingkungannya.

Umumnya kekuatan bioadhesi pada mukosa lambung lebih besar dibandingkan dengan kekuatan bioadhesi pada mukosa usus. Hal ini disebabkan karena sifat PPSP yang hidrofilik sehingga mudah terhidratasi dan mengembang dengan adanya air ketika kontak dengan lapisan mukus. PPSP juga mempunyai gugus hidroksil dan karboksil yang dapat berpotensi untuk membentuk ikatan hidrogen dengan asam sialat yang terdapat pada mukus. Selain itu adanya gugus sulfat pada karagenan dalam suasana asam akan menjadi bermuatan sehingga dapat berinteraksi dengan asam sialat pada mucus.

4.3.3.8 Daya Elongasi, *Tensile Strength* dan *Young's Modulus*

Sifat mekanis film ditentukan dengan pengukuran terhadap daya peregangan maksimum (elongasi), kekuatan tarik (*tensile strength*) dan modulus elastis (*Young's modulus*). Pemanjangan maksimal diukur saat film menjelang putus. Film dari PPSP, campuran kappa-iota karagenan (1:1) dan koproses A, B dan C dibuat pada konsentrasi 5% dalam aquadest. Untuk campuran kappa-iota karagenan, film dibuat dengan mendispersikannya dalam aquadest suhu 80°C agar karagenan dapat mengembang dan membentuk gel, lalu dicetak dan dikeringkan pada suhu kamar.

Film PPSP memiliki daya elongasi rata-rata yang lebih baik dibandingkan film koproses A, B, C tetapi *tensile strength* dan *Young's modulus* koproses lebih tinggi dibandingkan PPSP. Hal ini menunjukkan pembuatan koproses PPSP dengan karagenan dapat meningkatkan *tensile strength* dan *Young's modulus* dari PPSP, hal ini disebabkan oleh bobot molekul karagenan yang besar. Semakin besar bobot molekul suatu polimer, *tensile strength* dan *Young's modulus* dari film polimer tersebut juga semakin besar (Porter, S., Sackett, G. & Lirong Liu,

2009). Karaginan kappa dan iota merupakan bahan yang dapat membentuk gel yang kuat dan elastis sehingga dapat membentuk film dengan *tensile strength* dan *Young's modulus* yang tinggi.

Tabel 4.6. Data daya elongasi, *tensile strength* dan *Young's modulus* PPSP, campuran kappa-iota karaginan (1:1) dan Koproses A, B, C

Sampel	Elongasi (%)	<i>Tensile Strength</i> (MPa)	<i>Young's</i> <i>Modulus</i> (MPa)
PPSP	27,25	7,77	28,48
Kappa-iota karaginan (1:1)	28	33,33	118,34
Koproses A	20,25	8,00	39,63
Koproses B	19,25	9,16	47,15
Koproses C	18,75	9,67	50,85

Peningkatan *tensile strength* dan *Young's modulus* pada film koproses A, B, C dibandingkan PPSP mengindikasikan peningkatan kemampuan dalam aplikasinya dalam film penyalut tablet dan sediaan film. Elastisitas koproses dapat ditingkatkan dengan penambahan plasticizer dalam formulasi. Data masing-masing daya elongasi, *tensile strength* dan *Young's modulus* PPSP, campuran kappa-iota karaginan (1:1) dan Koproses A, B, C dapat dilihat pada Tabel 4.6. dan Lampiran 40-42.

4.3.3.9 Uji Sineresis

Sineresis merupakan peristiwa pemisahan atau pengeluaran air dari suatu gel. Sineresis menandakan ketidakstabilan suatu sediaan gel. Gel dibuat pada konsentrasi 5%, 10% dan 15% dalam aquadest suhu 80°C agar dapat mengembang dan membentuk gel. Berdasarkan pengamatan selama 12 jam pertama, gel koproses PPSP-karaginan pada ketiga konsentrasi tersebut tidak mengalami sineresis baik pada suhu kamar maupun pada suhu 10°C. Gel yang dibuat dari PPSP, kappa, iota dan campuran kappa-iota karaginan (1:1) juga tidak mengalami sineresis pada 12 jam pertama. Hal ini menunjukkan gel yang dibuat

cukup stabil, bahkan setelah diamati pada 12 jam berikutnya sineresis tetap tidak terjadi.

Pati memiliki kecenderungan untuk mengalami retrogradasi yang dapat mengakibatkan terjadinya sineresis. Modifikasi pati menjadi PPSP dapat menghindari terjadinya retrogradasi yang menyebabkan sineresis (Fleche, G., 1985). Kappa karaginan mudah mengalami sineresis tetapi pada konsentrasi 5% keatas sineresis ternyata sudah tidak terjadi. Iota karaginan membentuk gel yang tidak memiliki kecenderungan untuk mengalami sineresis. Koproses A, B, C juga memiliki kestabilan gel yang baik dan tidak mengalami sineresis pada pengujian diatas karena bahan penyusun koproses tersebut memang telah memiliki ketahanan terhadap sineresis. Data masing-masing Uji Sineresis PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, campuran kappa-iota karaginan (1:1) dan Koproses A, B, C dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Lampiran 12-18.

Tabel 4.7. Data uji sineresis PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, campuran kappa-iota karaginan (1:1) dan koproses A, B, dan C pada suhu kamar dan suhu 10°C selama 12 jam

Sampel	Perlakuan	Sineresis		
		5%	10%	15%
PPSP	Suhu Kamar	-	-	-
	Suhu 10°C	-	-	-
Kappa Karaginan	Suhu Kamar	-	-	-
	Suhu 10°C	-	-	-
Iota Karaginan	Suhu Kamar	-	-	-
	Suhu 10°C	-	-	-
Kappa-Iota (1:1)	Suhu Kamar	-	-	-
	Suhu 10°C	-	-	-
Koproses A	Suhu Kamar	-	-	-
	Suhu 10°C	-	-	-
Koproses B	Suhu Kamar	-	-	-
	Suhu 10°C	-	-	-
Koproses C	Suhu Kamar	-	-	-
	Suhu 10°C	-	-	-

Keterangan: (+) = Terjadi sineresis

(-) = Tidak terjadi sineresis

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Eksipien koproses PPSP-Karaginan (3:1) yang diperoleh memiliki karakteristik sebagai berikut dengan nilai rata-rata sebagai berikut: pH 7,4; kadar air 8,81%; distribusi ukuran partikel 21% pada ukuran partikel $>500 \mu\text{m}$; densitas bulk 0,12 g/ml; densitas mampat 0,19 g/ml; indeks kompresibilitas 34,99%; rasio Hausner 1,54; indeks mengembang tertinggi 120% pada pH 1,2 selama 8 jam; laju alir 0,065 g/s; viskositas pada konsentrasi 10% sebesar 94892,86 cps; kekuatan gel pada konsentrasi 10 % sebesar 93,21 g/mm; rentang peleburan (DSC) koproses PPSP-karaginan (3:1) terletak antara suhu $42,6^{\circ}\text{C}$ – $134,3^{\circ}\text{C}$ dan puncak peleburan $79,7^{\circ}\text{C}$; uji daya lekat (uji bioadhesif) pada mukosa lambung 10,63 gF sedangkan di usus 6,90 gF; koproses PPSP-karaginan (3:1) tidak mengalami sineresis; daya elongasi film 18,75%; *tensile strength* 9,67 MPa dan *Young's Modulus* 50,85 MPa.

Secara keseluruhan eksipien koproses PPSP-Karaginan (3:1) berpotensi untuk digunakan sebagai matriks sediaan lepas terkendali dan sebagai film penyalut tablet.

5.2 SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membuktikan sifat fungsional koproses PPSP-karaginan sebagai matriks sediaan lepas terkendali dan sebagai film penyalut tablet.

DAFTAR ACUAN

- Anonim. (2004). *Food Chemical Codex Fifth Edition*. Washington D.C: The National Academies Press.
- Ansel, H.C., Allen Jr. L.V. & Popovich, N.G. (1999). *Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins. 60-62.
- Anwar, E., Khotimah, K., & Yanuar, A. (2006). An Approach on Pregelatinized Cassava Starch Phosphat Esters as Hydrophylic Polymer Excipient for Controlled Release Tablet. *J. Med Sci.*, 6 (6), 923-929.
- Bangun, E.N.C. (2011). *Preparasi dan Karakterisasi Koproces Karagenan (Kapa dan Iota) dengan Pregelatinisasi Pati Singkong Propionat sebagai Eksipien Sediaan Lepas Terkendali*. Depok: Skripsi Sarjana Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia
- Bilmers., Stockon., Robert, L., Tessler., Edison., Martin, M. (1998). *Method of preparing intermediate degree of substitution starch esters in aqueous solution*. European Patent EP 0603837 B1
- Bolhius, G.K., & Chowhan, Z.T. (1996). *Materials for direct compaction*. In: Alderborn G, Nystrom C, eds. *Pharmaceutical Powder Compaction Technology*. New York: Marcel Dekker, Inc, 419–500.
- Breuninger, W., Piyachomkwan, K., & Sriroth, K. (2009). *Tapioca/cassava starch: Production and use*. In J. BeMiller & R. Whistler. *Starch chemistry and technology* (3rd ed.). New York: Academic Press, Elsevier Inc.
- Cartensen, J.T., & Rhodes, C.T. (2000). *Drug Stability Principles and Practices 3rd Edition*. Marcell Dekker Inc. New York, 215-229.
- Chaudemanche, C., & Budtova, T. 2005. *Properties of Pregelatinized Starch and Kappa-Carrageenan Mixtures: Flow, Gelation, and Compatibility*. Dalam *Proceeding of 8th Polymers for Advanced Technologies International Symposium*. Hungary, 1-3.

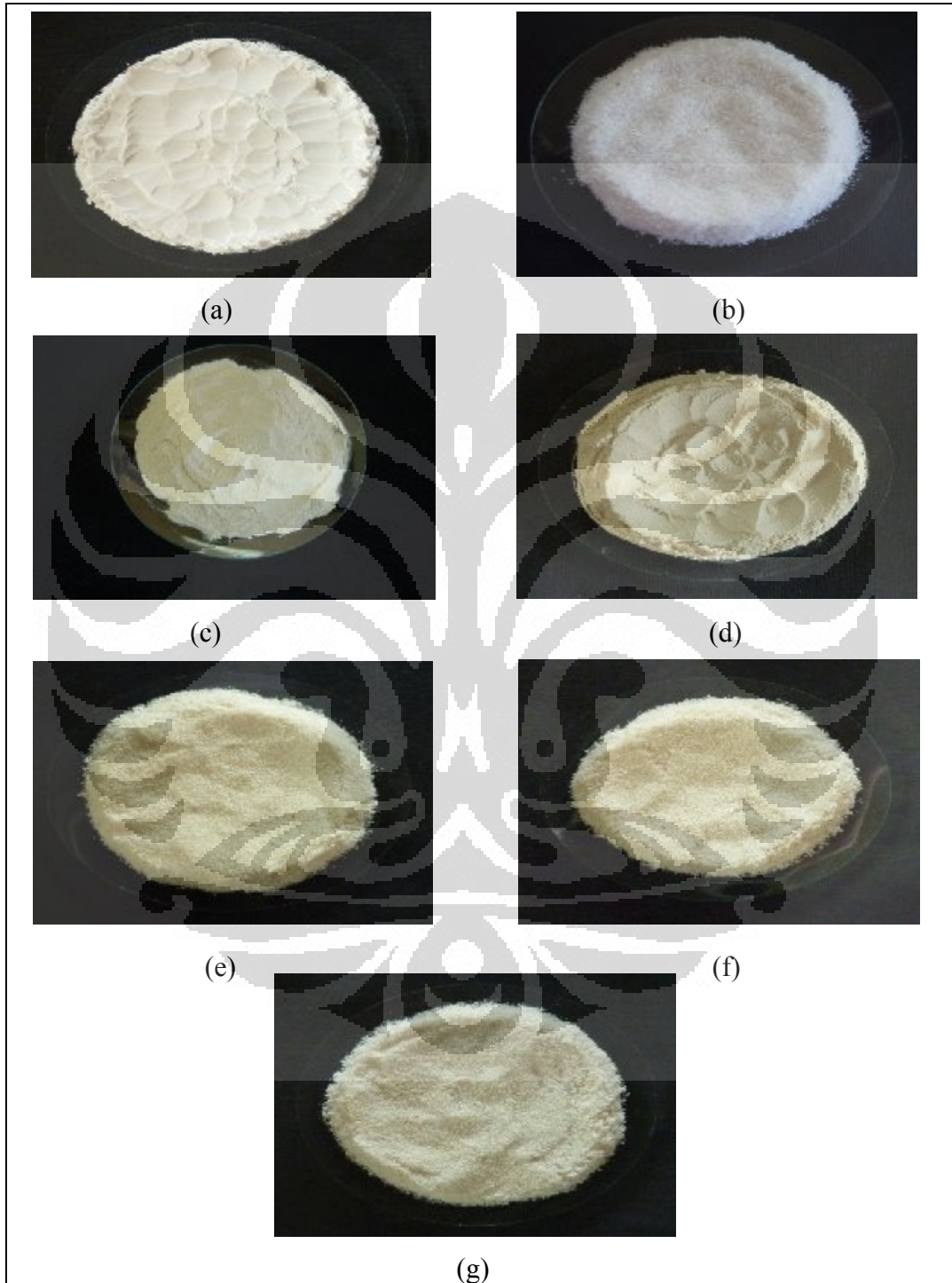
- Craig, D.Q.M., & Reading, M. (2007). *Thermal analysis of Pharmaceuticals*. Boca Raton: CRC Press, 1-20.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (1995). *Farmakope Indonesia edisi IV*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Fleche, G. (1985). Chemical modification and degradation of starch. In G. M. A. Van Beynum & J. A. Roles. *Starch conversion technology*. New York: Marcell Dekker Inc, 73-92.
- Glicksman, M. (1982). *Carrageenan. Dalam Food Hydrocolloids*. CRC Press Inc. Florida, 83-97.
- Guisley, K.B., Stanley N.F, & Whitehouse P. A. (1980). Carrageenan. In *Handbook of Water Soluble Gums and Resin*. New York: Mc. Graw Hill Book Company.
- Jarowenko, W. (1989). *Acetylated Starch and Miscellaneous Organic Esters*. Dalam: Wurzburg, O. B. *Modified Starch Properties and Uses*. CRC Press Inc, Florida, 57-73.
- Jerachaimongkol, S., Chonhenchob, V., Naivikul, O., & Poovardom, N. (2006). *Modification of Cassava Starch by Esterification and Properties of Cassava Starch Ester Film*. Dalam *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 40, 148–151.
- Juang, D. (2007). *Pemanfaatan PPSP sebagai Pengikat pada Tablet*. Depok: Skripsi Sarjana Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia
- Lachman L., Herbert A.L., & Joseph L.K. (1994). *Teori dan Praktek Farmasi Industri*. Alih Bahasa Siti Suyatmi. Edisi 3, Jilid 2. UI Press, Jakarta : 643-730.
- Lafargue, D., Lourdin, D., & Doublier, J. (2007). Film-forming properties of a modified starch/ κ -carrageenan mixture in relation to its rheological behavior. *Carbohydrate Polymers* 70, 101–111.
- Lieberman, H.A., Martin, M.R., dan Gilbert, S.B. (1988). *Pharmaceutical Dosage Form: Disperse System*. (Vol. I. 2nd ed.). New York: Marcel Dekker Inc, 403-426.
- Marshall, K. (1989). *Kompresi dan Konsolidasi Serbuk Bahan Padat*. Dalam: Lachman, L., Lieberman, H.A., dan Kanig, J.L, (eds). *Teori dan Praktek*

- Farmasi Industri. (Ed. Ke-3). Diterjemahkan oleh Siti Suyatmi. Jakarta: UI Press, 140-141.
- Martin, A., Bustamante, P., & Chun, A. (1993). *Physical pharmacy: Physical chemical principles in the pharmaceutical science*. (4th ed.). Philadelphia: Lea & Febiger, 497-452.
- Martin, A., Swarbrick, J., Cammarata, A., & Chun, A. (1973). *Physical pharmacy: Physical chemical principles in the pharmaceutical science*. (2nd ed.). Philadelphia: Lea & Febiger, 467-514.
- Nachaevari, S.K., & Arvind K. B. (2004). *Coprocessed excipients for Solid Dosage Forms*. *Pharmaceutical Technology*, 52-64.
- Nokodochi, A. (2005). *An Overview of the Effect of Moisture on Compaction and Compression*. *Pharmaceutical Technology*. London, 46-62.
- Panjaitan, C. (2007). Karakterisasi pati singkong terpregelatinisasi propionat sebagai eksipien dalam sediaan farmasi. Depok: Skripsi Sarjana Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia.
- Paziri, A. (2008). *Uji Karakter Prigelatinisasi Pati Singkong Propionat Sebagai Eksipien Dalam Sediaan Farmasi*. Depok: Skripsi Sarjana Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia.
- Piyakulawat, P., Praphairaksit, N., Chantarasiri, N., & Muangsin, N. (2007). *Preparation and Evaluation of Chitosan/Carrageenan Beads for Controlled release of Sodium Diclofenac*. *AAPS PharmSciTech* 8 (4) Article 97, E1-E11.
- Pérez, S., Baldwin, P.M., & Gallant, D.J. (2009). Structural features of starch granules I. In J. BeMiller & R. Whistler. *Starch chemistry and technology* (3rd ed.). New York: Academic Press, Elsevier Inc. 149-192.
- Porter, S., Sackett, G., & Lirong Liu. (2009). Development, Optimization, and Scale-up of Process Parameters: Pan Coating. In Yihong Qiu, Yisheng Chen, Zhang, G. G. Z., Lirong Liu, & Porter, W. R (Ed.). *Developing solid oral dosage form pharmaceutical theory and practice*. New York: Elsevier Inc, 753-797.
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J., & Owen, S.C. (2006). *Handbook of pharmaceutical excipients* (5th ed.). London: Pharmaceutical Press. 124-127, 725-733.

- Sriroth, K., Piyachomwan, K., Sangseethong, O.C. (2002). *Modification of Cassava Starch*. <http://www.cassava.org/Poland/Modification.pdf>. 22 Januari 2011, pukul 10.00.
- Suprihati. (1999). *Karakteristik Pati Singkong Terpregelatinisasi sebagai Bahan Penolong Tablet Cetak Langsung*. Depok: Skripsi Sarjana Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia.
- Tur, K.M. dan Hung Seng Ch'ng. (1998). *Evaluation of Possible Mechanism(s) of Bioadhesion*. International Journal of Pharmaceutics 160, 61-74.
- The United States Pharmacopoeia Convention. (2007). *United States Pharmacopoeia 30th and National Formulary 25th* (CD-ROM). Rockville: The United States Pharmacopoeia Convention, Inc.
- Wade, A dan P.J. Weller. (2006). *Handbook of Pharmaceutical Excipients, 5th Edition*. London: The pharmaceutical Press, 485,491.
- WHO. (1999). *Safety Evaluation of Certain Food Additives*. WHO Food Additives Series, 42. Geneva.
- Wurzburg, O.B. (1989). *Introduction of modified starch*. Dalam Modified Starches : Properties and uses. CRC Press Inc. Florida, 4-15.

Lampiran 1.

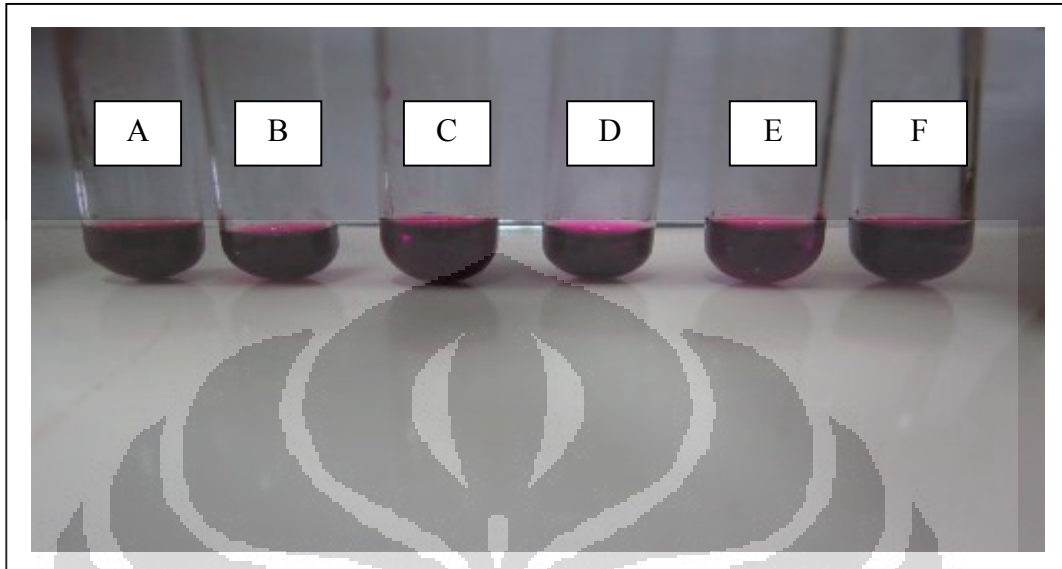
Serbuk Pati Singkong PPSP, Kappa Karaginan, Iota Karaginan
dan Koprosoes A, B, C



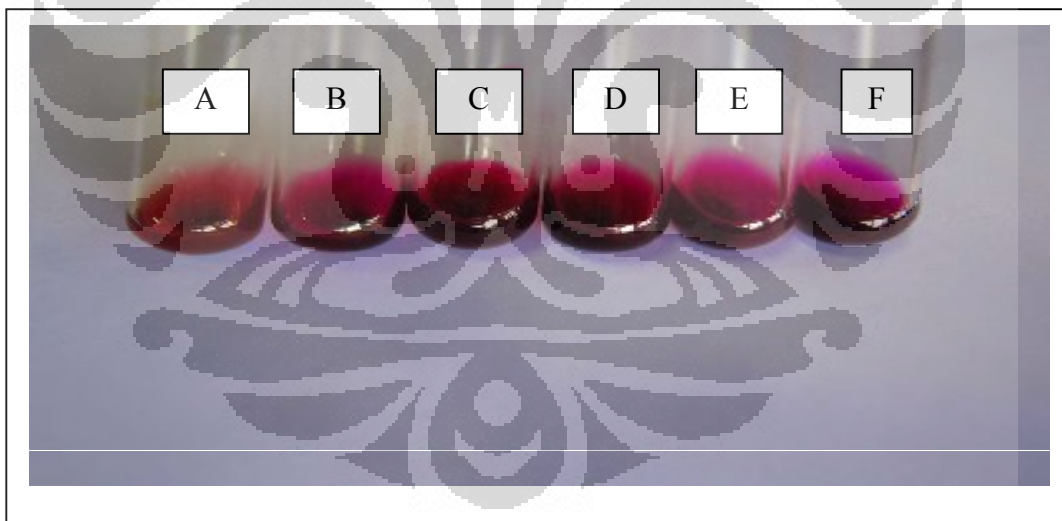
Keterangan: (a) Pati singkong (d) Iota Karaginan (g) Koprosoes C
(b) PPSP (e) Koprosoes A
(c) Kappa Karaginan (f) Koprosoes B

Lampiran 2.

Identifikasi warna air cucian PPSP



Keterangan: Identifikasi warna air cucian PPSP + KMnO_4 awal berwarna ungu: A. air cucian 1, B. air cucian 2, C. air cucian 3, D. air cucian 4, E. air cucian 5, F. blanko (-)



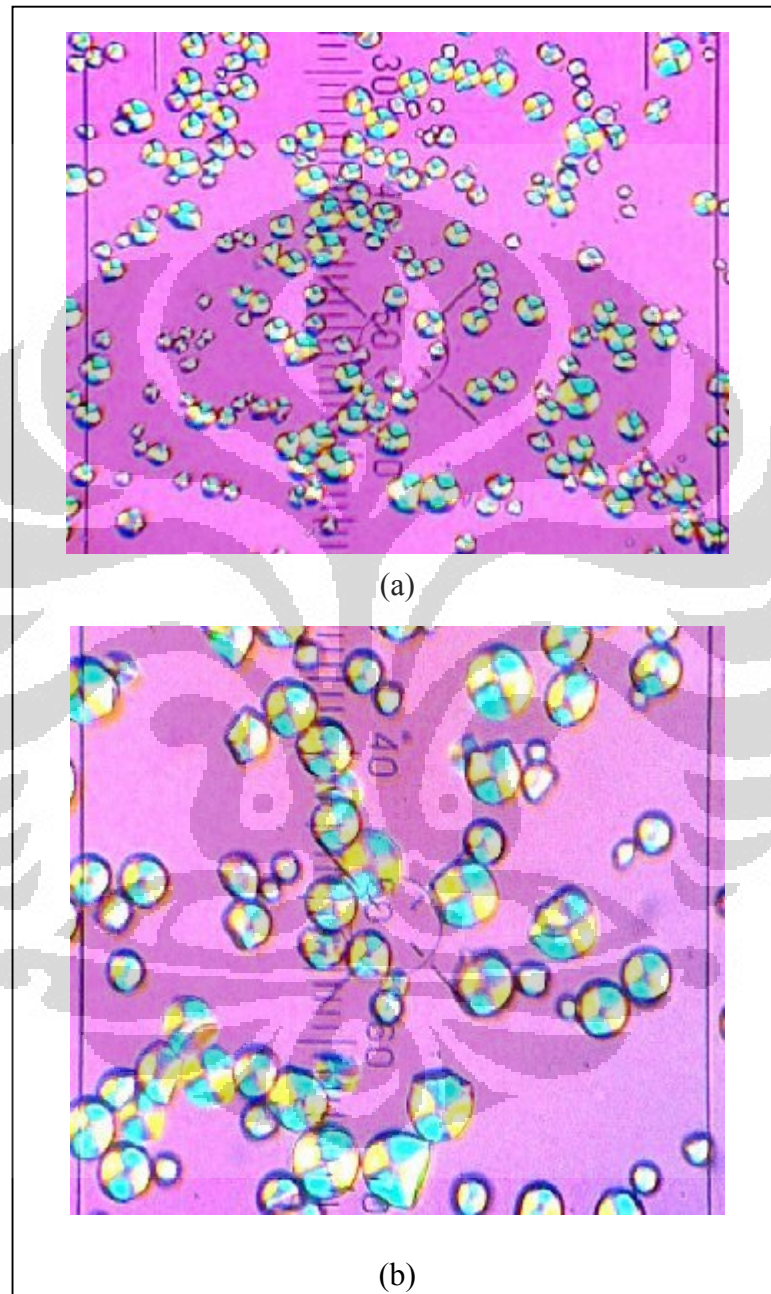
Keterangan: Identifikasi warna air cucian PPSP + KMnO_4 setelah dipanaskan: A. air cucian 1(+), B. air cucian 2 (+), C. air cucian 3(+), D. air cucian 4(+), E. air cucian 5(-), F. blanko (-).

(+) = masih terdapat propionat, endapan merah kecoklatan

(-) = tidak ada propionat, ungu

Lampiran 3.

Bentuk pati singkong dilihat dari mikroskop cahaya terpolarisasi dengan beberapa perbesaran

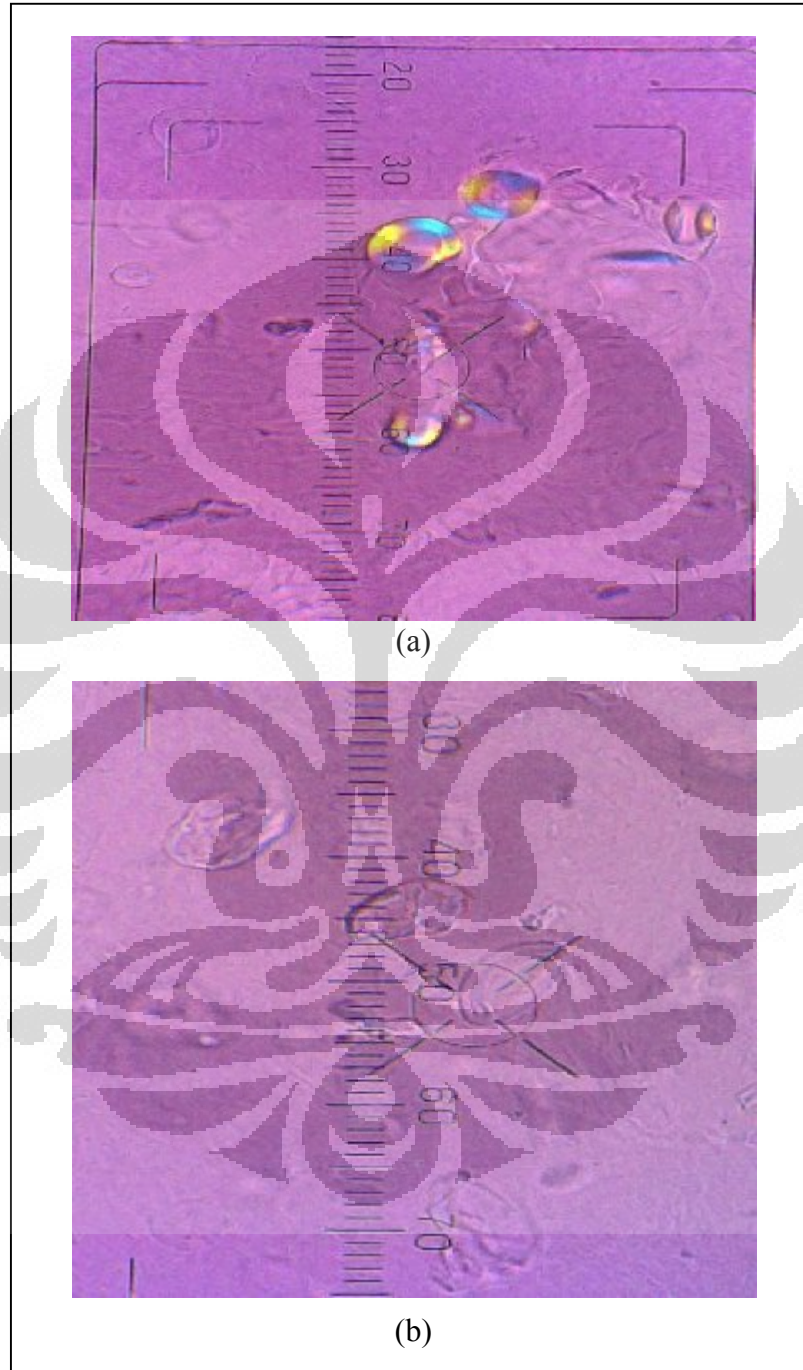


Keterangan: (a) 200X

(b) 400X

Lampiran 4.

Bentuk PPSP dilihat dari mikroskop cahaya terpolarisasi dengan beberapa perbesaran

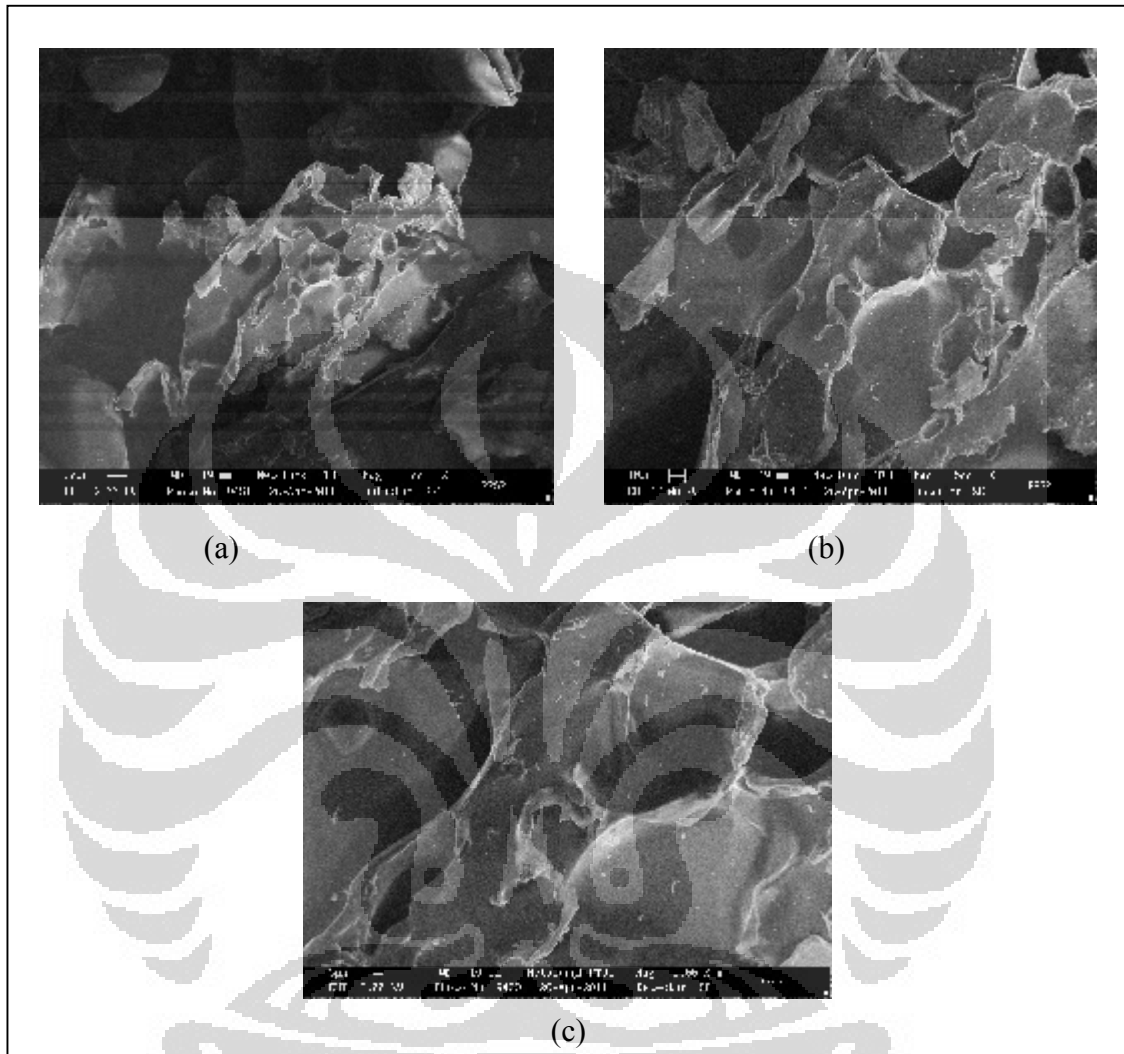


Keterangan: (a) 200X

(b) 400X

Lampiran 5.

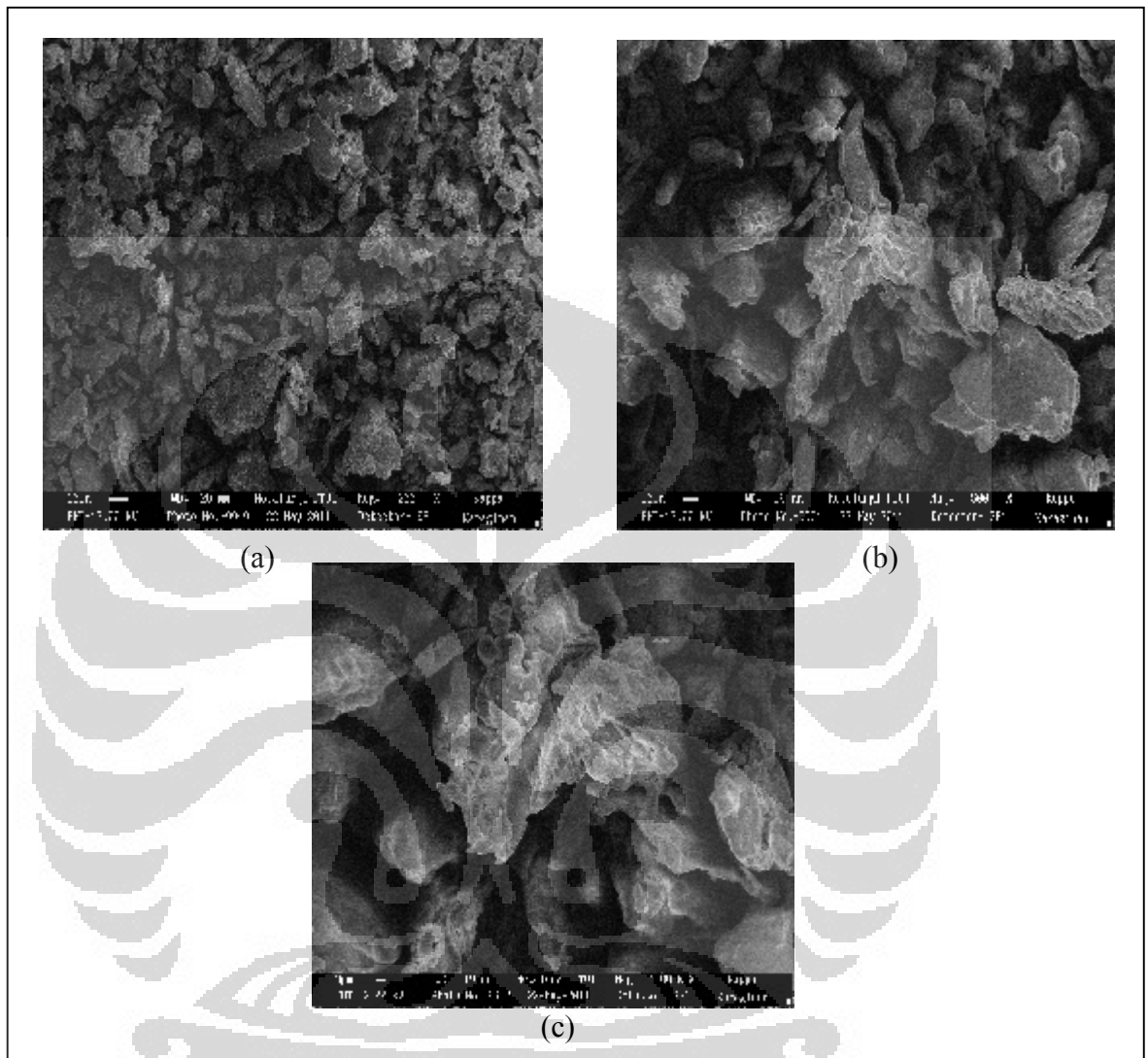
Mikrograf PPSP dengan beberapa perbesaran



Keterangan: (a) 200X
(b) 500X
(c) 1000X

Lampiran 6.

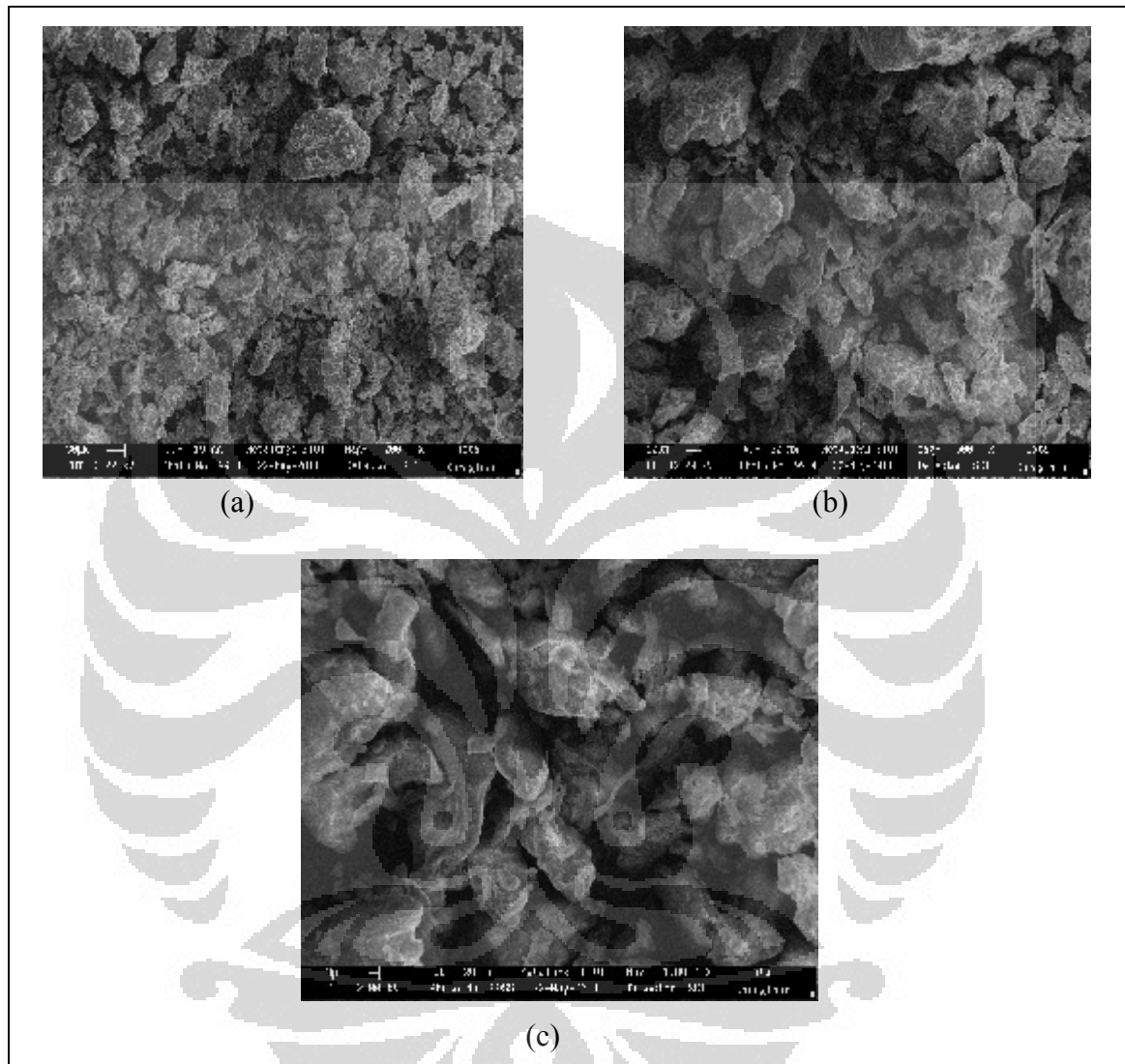
Mikrograf Kappa Karaginan dengan beberapa perbesaran



Keterangan: (a) 200X
(b) 500X
(c) 1000X

Lampiran 7.

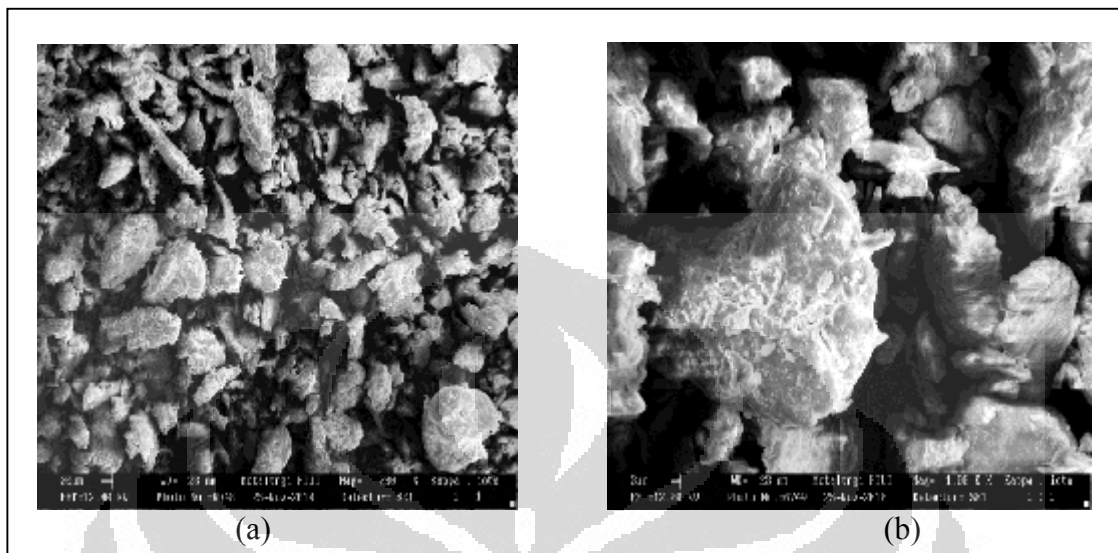
Mikrograf Iota Karaginan dengan beberapa perbesaran



Keterangan: (a) 200X
(b) 500X
(c) 1000X

Lampiran 8.

Mikrograf Kappa : Iota (1:1) dengan beberapa perbesaran

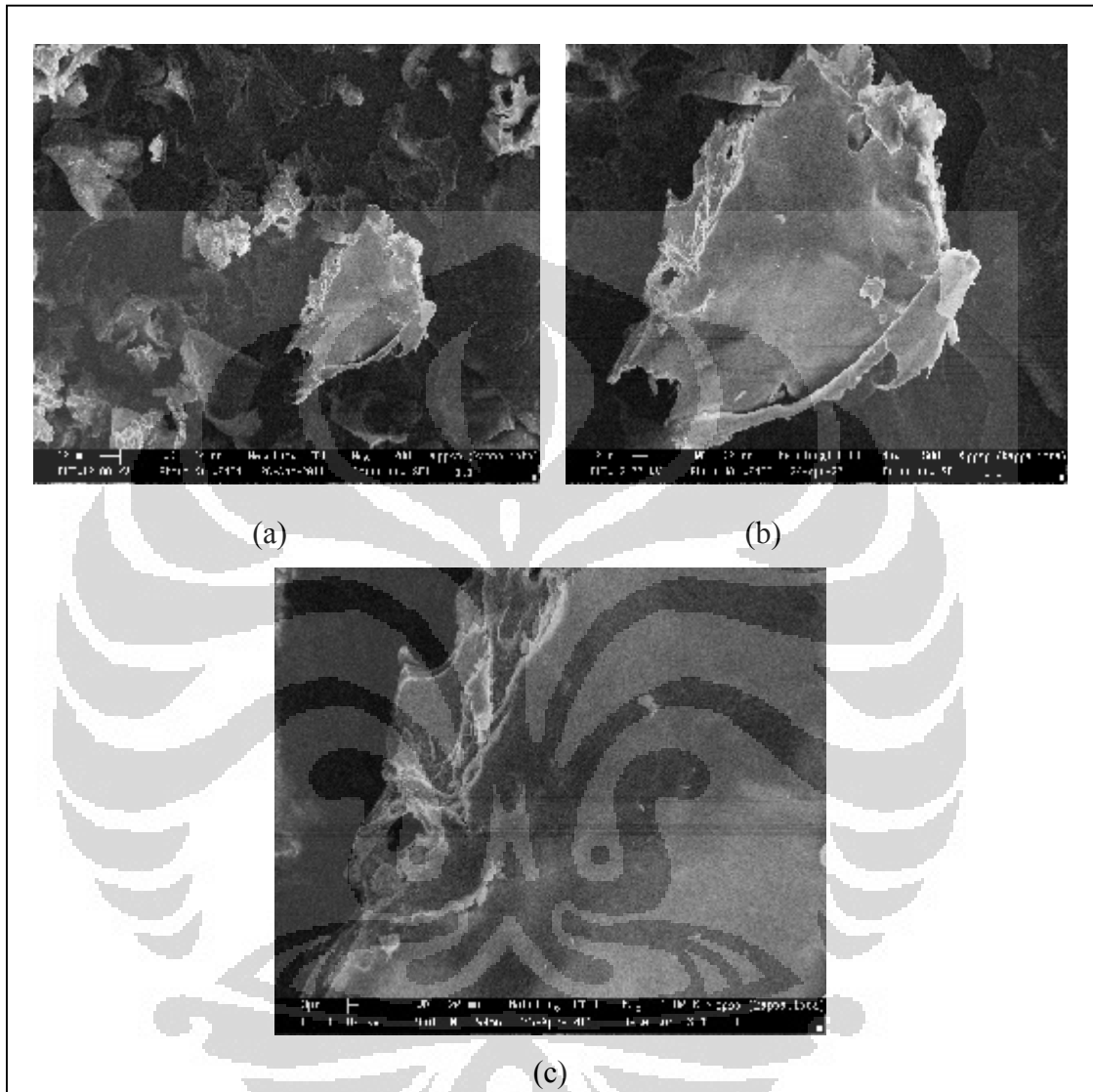


Keterangan: (a) 200X

(b) 1000X

Lampiran 9.

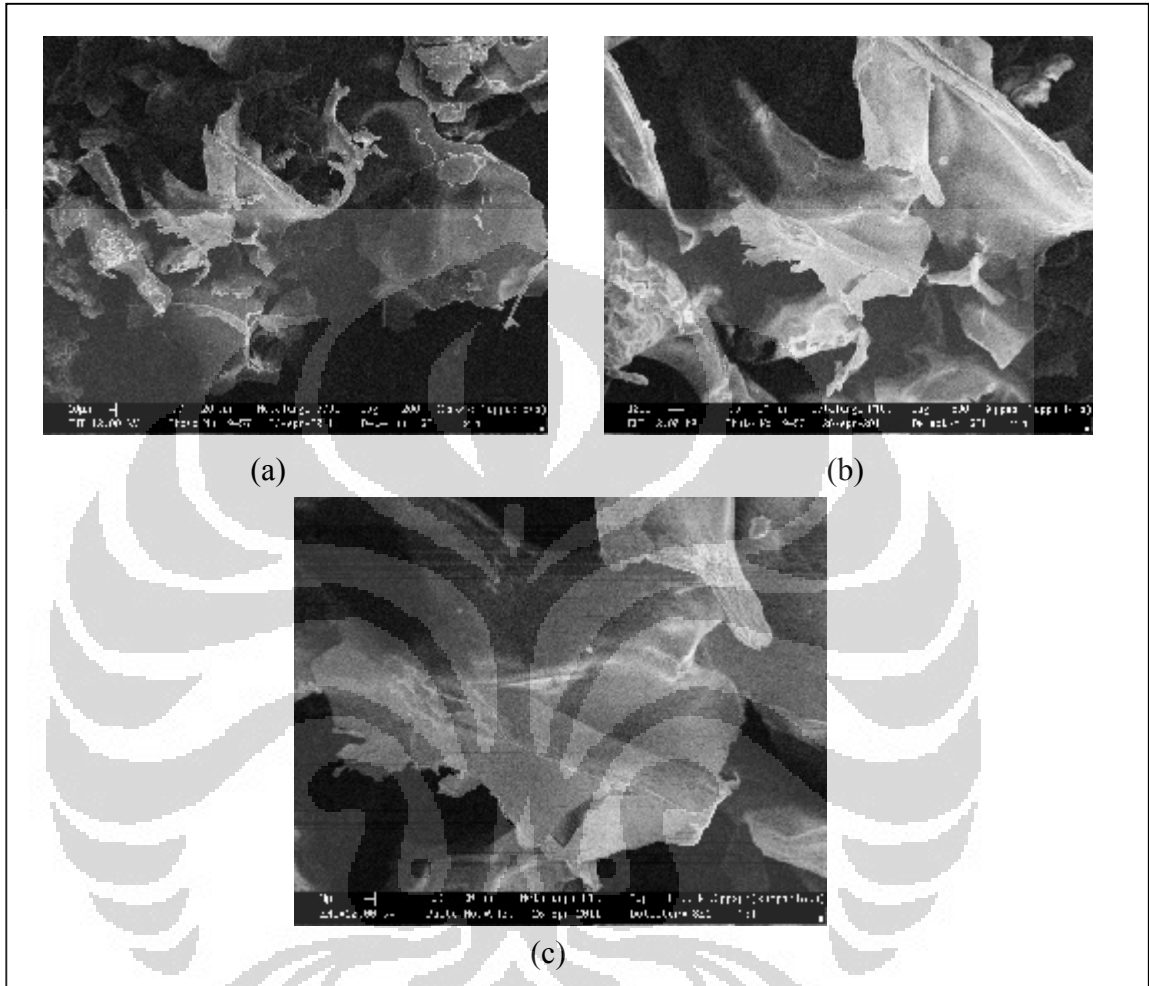
Mikrograf koproses A dengan beberapa perbesaran



Keterangan: (a) 200X
(b) 500X
(c) 1000X

Lampiran 10.

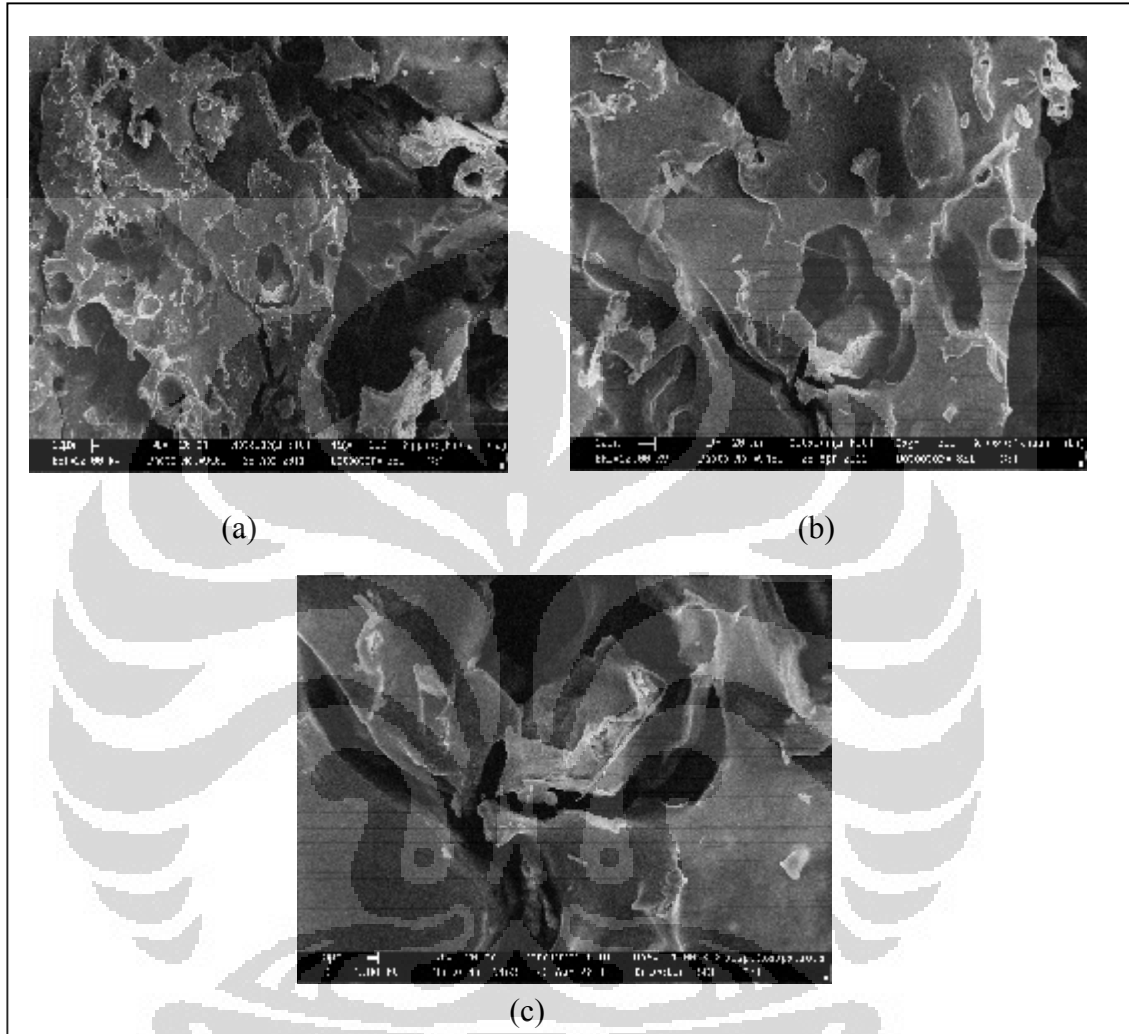
Mikrograf koproses B dengan beberapa perbesaran



Keterangan: (a) 200X
(b) 500X
(c) 1000X

Lampiran 11.

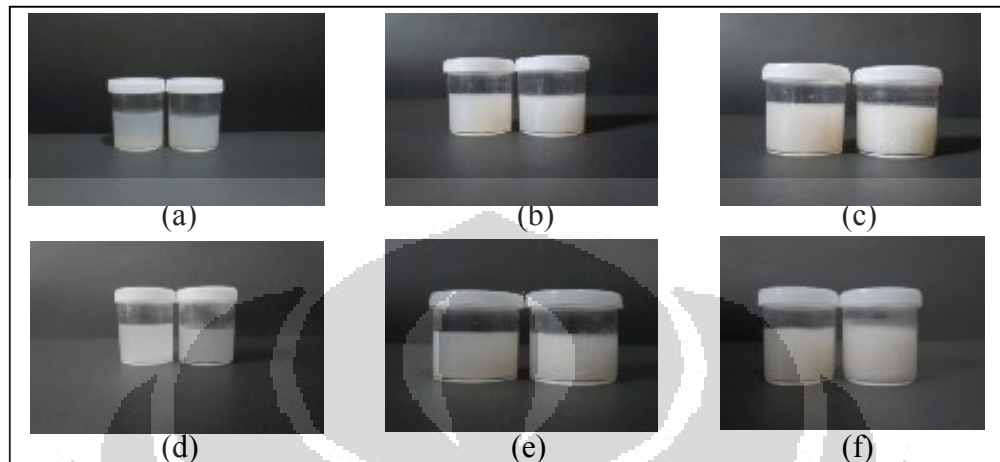
Mikrograf koproses C dengan beberapa perbesaran



- Keterangan:
- (a) 200X
 - (b) 500X
 - (c) 1000X

Lampiran 12.

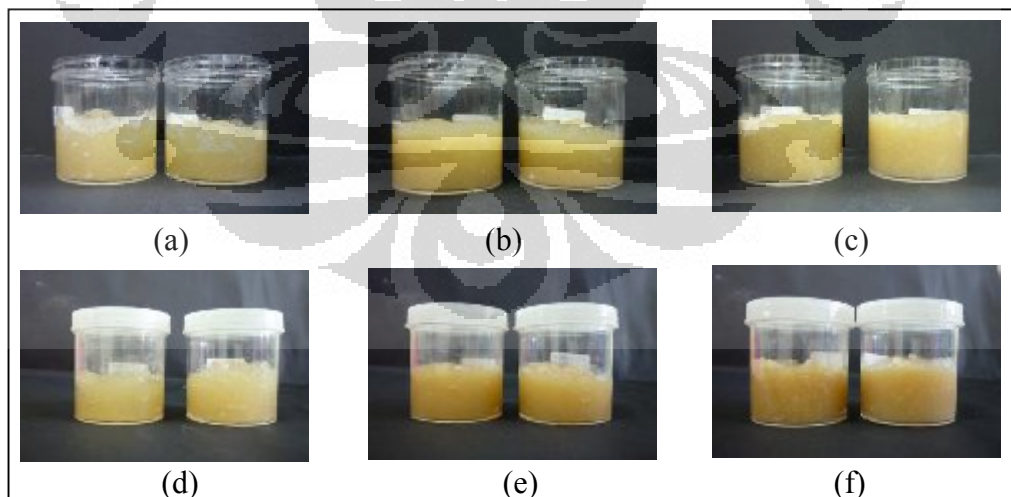
Uji sineresis PPSP pada suhu kamar (kiri) dan suhu 10°C (kanan) dalam beberapa Konsentrasi



Keterangan: (a) 5% awal (d) 5% jam ke-12
 (b) 10% awal (e) 10% jam ke-12
 (c) 15% awal (f) 15% jam ke-12

Lampiran 13.

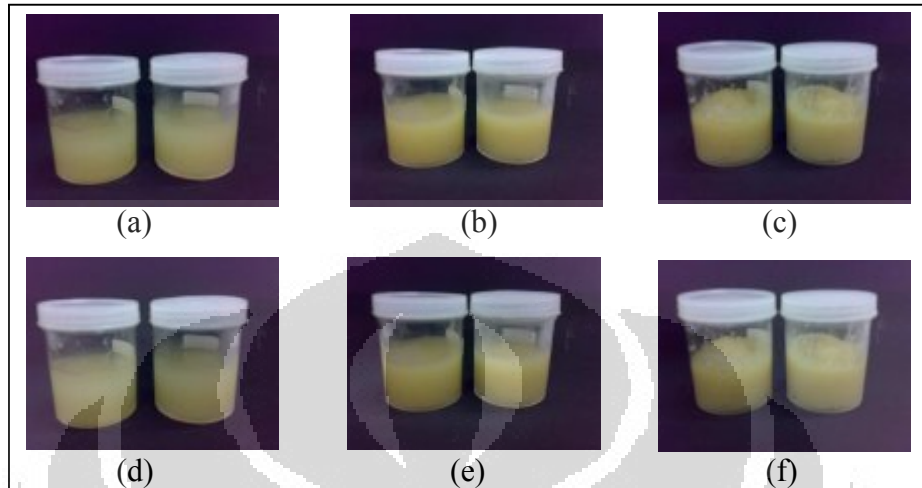
Uji sineresis kappa karaginan pada suhu kamar (kiri) dan suhu 10°C (kanan) dalam beberapa konsentrasi



Keterangan: (a) 5% awal (d) 5% jam ke-12
 (b) 10% awal (e) 10% jam ke-12
 (c) 15% awal (f) 15% jam ke-12

Lampiran 14.

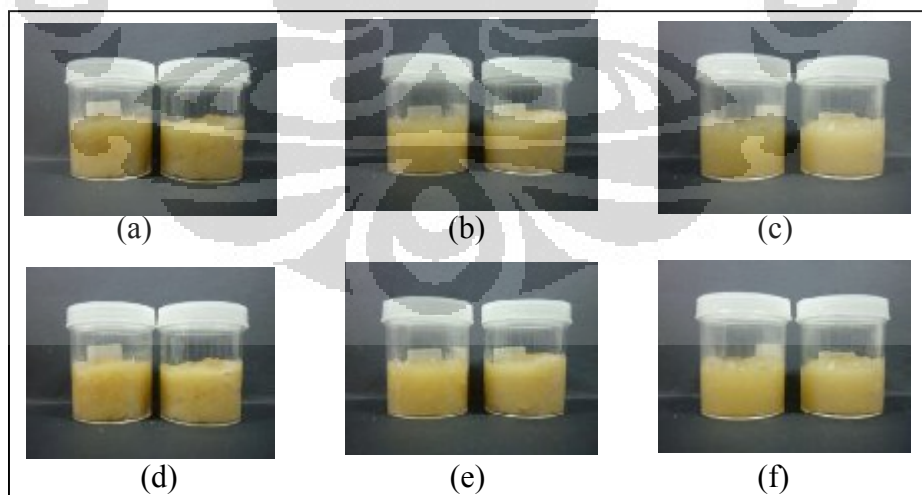
Uji sineresis iota karaginan pada suhu kamar (kiri) dan suhu 10°C (kanan) dalam beberapa konsentrasi



Keterangan: (a) 5% awal (d) 5% jam ke-12
 (b) 10% awal (e) 10% jam ke-12
 (c) 15% awal (f) 15% jam ke-12

Lampiran 15.

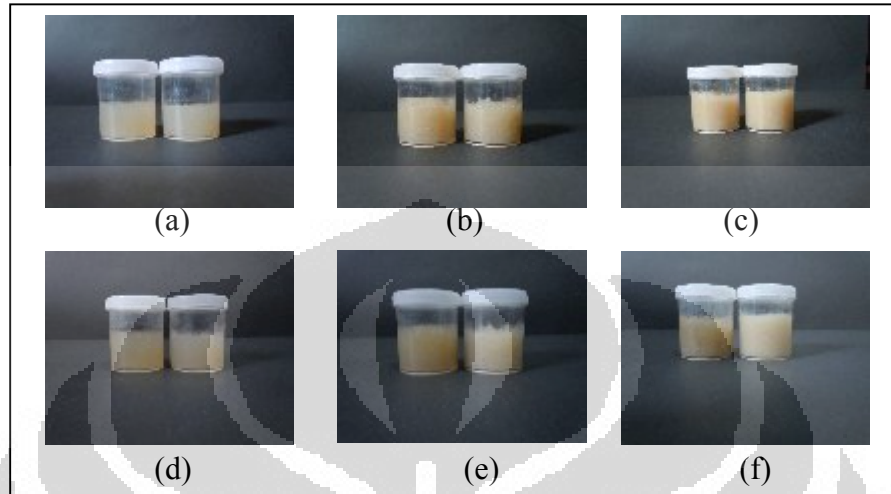
Uji sineresis campuran kappa-iota karaginan (1:1) pada suhu kamar (kiri) dan suhu 10°C (kanan) dalam beberapa konsentrasi



Keterangan: (a) 5% awal (d) 5% jam ke-12
 (b) 10% awal (e) 10% jam ke-12
 (c) 15% awal (f) 15% jam ke-12

Lampiran 16.

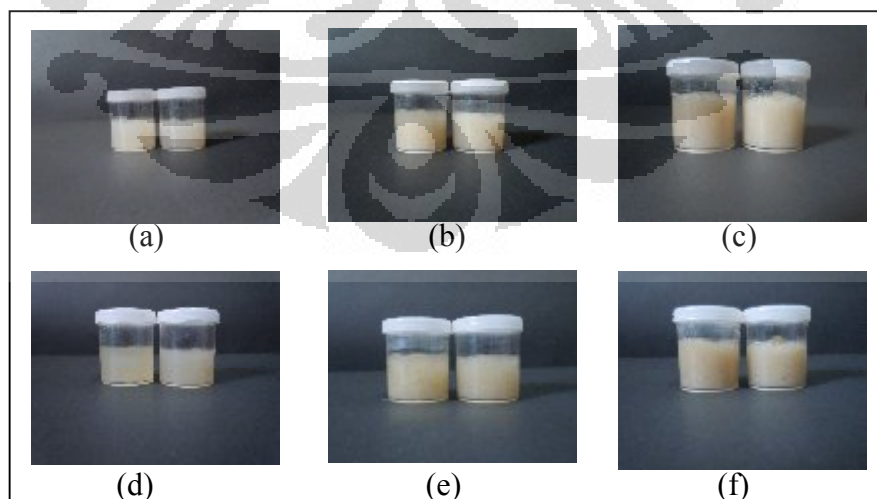
Uji sineresis koproses A pada suhu kamar (kiri) dan suhu 10°C
(kanan) dalam beberapa konsentrasi



Keterangan: (a) 5% awal (d) 5% jam ke-12
(b) 10% awal (e) 10% jam ke-12
(c) 15% awal (f) 15% jam ke-12

Lampiran 17.

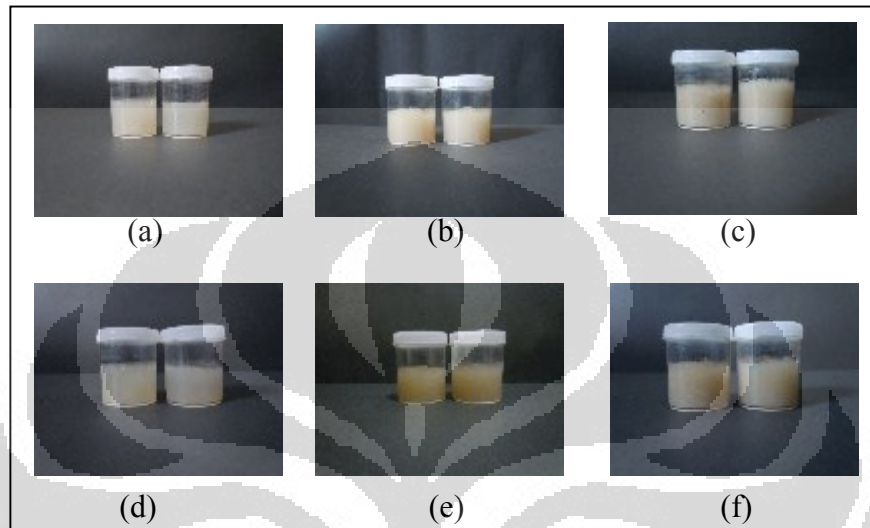
Uji sineresis koproses B pada suhu kamar (kiri) dan suhu 10°C
(kanan) dalam beberapa konsentrasi



Keterangan: (a) 5% awal (d) 5% jam ke-12
(b) 10% awal (e) 10% jam ke-12
(c) 15% awal (f) 15% jam ke-12

Lampiran 18.

Uji sineresis koproses C pada suhu kamar (kiri) dan suhu 10°C
(kanan) dalam beberapa konsentrasi



Keterangan: (a) 5% awal (d) 5% jam ke-12
(b) 10% awal (e) 10% jam ke-12
(c) 15% awal (f) 15% jam ke-12

Lampiran 19.

Scanning Electron Microscope (LEO 420i, Inggris)



Lampiran 20.

Mikroskop Olympus Polarisasi Tipe BH-2, Kamera : Olympus PM. CBSP



Lampiran 21.

Texture Analyzer TA-XT2i (Rheoner 3305, Jerman)



Lampiran 22

Tensile Strength (Comten, AS)



Lampiran 23.

Rangkaian alat *fourrier transformation infra red* Tipe 8400S (Shimadzu, Jepang)



Lampiran 24.

Data Distribusi Ukuran Partikel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan dan Koproses A, B, C pada Kecepatan 15 rpm selama 20 Menit

Ukuran Partikel (μm)	Persentase Berat (%)					
	PPSP	Kappa Karaginan	Iota Karaginan	Koproses A	Koproses B	Koproses C
> 500	21,6	1	0,8	17,2	22,6	21
355-500	24,6	2,4	1,4	22,2	23,2	18
250-355	22	3,4	4,2	18,2	19	16,2
180-250	17,4	14,8	29,6	16,2	14,6	15,8
125-180	11	43,2	53	15,4	13,2	15,2
< 125	5,2	37,2	11,6	11,6	9	14,2



Lampiran 25.

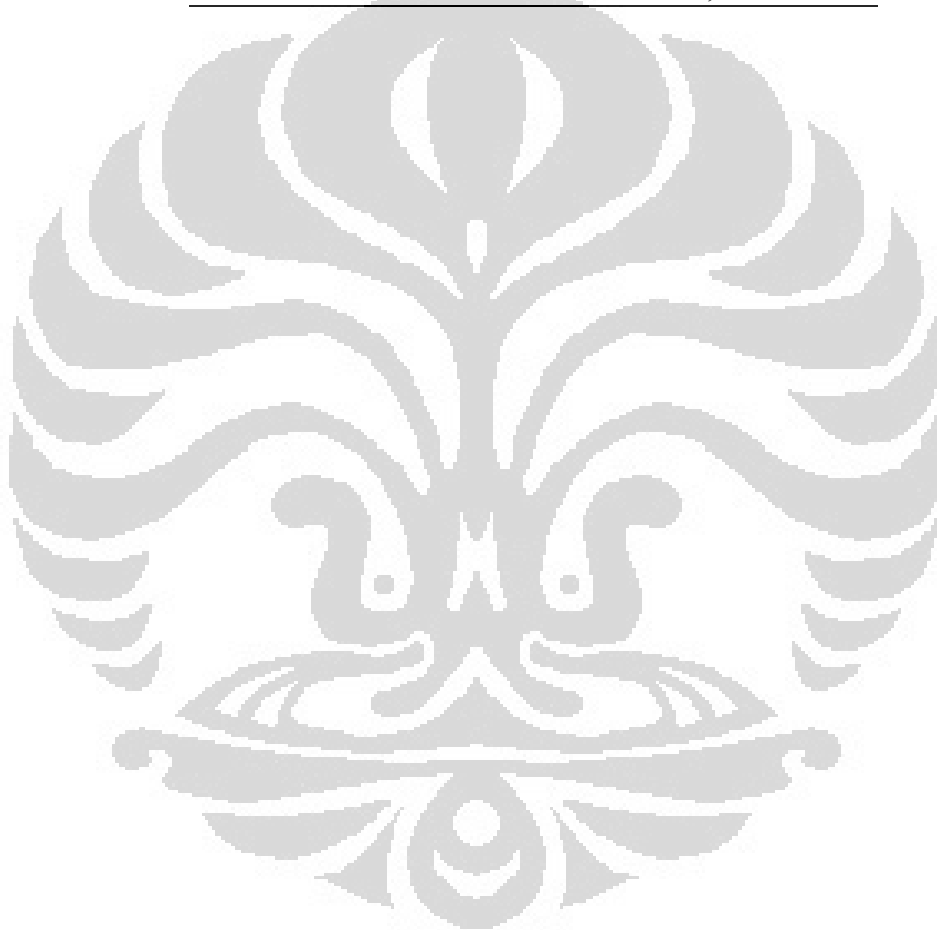
Data Uji Higroskopisitas PPSP, kappa karaginan, iota karaginan dan
Koprosoes A, B, C Selama 4 Minggu pada Suhu Kamar RH 70%

Perlakuan	Sampel	Kenaikan Bobot per Minggu (%)				Rata-rata (%)
		1	2	3	4	
Tanpa tutup tanpa silica	PPSP	7,95	0,29	0,19	0,13	2,14
	Kappa	20,21	1,64	0,17	0,81	5,71
	Iota	17,69	2,04	0,02	0,28	5,01
	Koprosoes A	10,94	1,47	0,03	0,89	3,33
	Koprosoes B	9,19	0,86	0,04	0,73	2,7
	Koprosoes C	8,82	0,43	0,14	0,89	2,57
	PPSP	10,29	0,38	0,2	0,18	2,76
Tanpa tutup + silica	Kappa	20,59	1,99	0,15	0,55	5,82
	Iota	18,26	2,01	0,13	0,35	5,19
	Koprosoes A	11,74	1,58	0,09	1,03	3,61
	Koprosoes B	9,95	1,55	0,04	0,8	3,09
	Koprosoes C	9,45	0,91	0,12	0,7	2,79
	PPSP	3,75	1,54	0,51	0,33	1,53
	Kappa	9,09	4,62	2,36	1,91	4,5
Tutup, tanpa silica	Iota	8,38	4,21	2,15	1,49	4,06
	Koprosoes A	4,69	2,93	1,37	1,43	2,61
	Koprosoes B	5,3	2,46	1,74	0,68	2,55
	Koprosoes C	5,12	2,18	1,4	1,22	2,48
	PPSP	2,78	1,7	0,79	0,66	1,48
	Kappa	7,1	4,7	2,69	1,98	4,12
	Tutup + silika	Iota	7,53	4,45	2,12	1,76
Koprosoes A		3,06	2,72	1,6	1,28	2,17
Koprosoes B		4,64	2,61	1,62	0,91	2,44
Koprosoes C		4,74	2,38	1,4	0,94	2,37

Lampiran 26.

Data pengukuran derajat substitusi PPSP, kappa karaginan, iota karaginan dan koproses A, B, C

Sampel	Percobaan	Penentuan Derajat Subtitusi
PPSP	1	0,20
	2	0,20
	Rata-rata	0,20



Lampiran 27.

Data Laju Alir PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, dan koproses A, B, C

Sampel	Percobaan	Laju Alir (g/s)
PPSP	1	0,175
	2	0,328
	Rata-rata	0,252
Kappa Karaginan	1	2,580
	2	2,750
	Rata-rata	2,665
Iota Karaginan	1	5,830
	2	5,990
	Rata-rata	5,910
Koproses A	1	0,050
	2	0,050
	Rata-rata	0,050
Koproses B	1	0,056
	2	0,067
	Rata-rata	0,062
Koproses C	1	0,060
	2	0,070
	Rata-rata	0,065

Lampiran 28.

Data Densitas Bulk, Densitas Mampat, Indeks Kompresibilitas,
dan rasio Hausner dari PPSP, kappa karaginan, iota karaginan,
dan koproses A, B, C

Sampel	Percobaan	Densitas Bulk (g/ml)	Densitas Mampat (g/ml)	Indeks Kompresibilitas (%)	Rasio Hausner
PPSP	1	0,14	0,18	23,75	1,31
	2	0,13	0,17	22,48	1,29
	rata-rata	0,14	0,18	23,11	1,30
Kappa Karaginan	1	0,63	0,80	21,88	1,28
	2	0,63	0,83	24,97	1,33
	rata-rata	0,63	0,82	23,42	1,31
Iota Karaginan	1	0,63	0,84	25,00	1,33
	2	0,64	0,86	25,00	1,33
	rata-rata	0,64	0,85	25,00	1,33
Koproses A	1	0,11	0,16	29,99	1,43
	2	0,12	0,16	29,96	1,43
	rata-rata	0,11	0,16	29,98	1,43
Koproses B	1	0,12	0,19	37,50	1,60
	2	0,12	0,19	36,24	1,57
	rata-rata	0,12	0,19	36,87	1,58
Koproses C	1	0,12	0,19	34,98	1,54
	2	0,13	0,19	35,00	1,54
	rata-rata	0,12	0,19	34,99	1,54

Lampiran 29.

Data uji daya mengembang PPSP, campuran kappa-iota karaginan (1:1), dan koproses A, B, C pada suhu kamar selama 8 jam

Sampel	Kondisi	Daya mengembang (%) Jam Ke-							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PPSP	HCl pH 1,2	140	160	180	200	200	220	220	220
	Aquadest pH 6	120	140	140	140	140	140	140	140
	Dapar Fosfat pH 7,4	60	80	120	140	140	140	140	140
Camp Kappa- Iota (1:1)	HCl pH 1,2	220	260	280	320	320	320	320	320
	Aquadest pH 6	40	60	70	70	80	80	100	100
	Dapar Fosfat pH 7,4	320	400	420	440	440	440	440	440
Koproses A	HCl pH 1,2	80	90	90	90	90	90	90	90
	Aquadest pH 6	20	40	50	60	60	60	60	60
	Dapar Fosfat pH 7,4	110	110	110	110	110	110	110	110
Koproses B	HCl pH 1,2	100	100	100	100	100	100	100	100
	Aquadest pH 6	30	40	50	50	50	50	50	50
	Dapar Fosfat pH 7,4	90	90	90	90	90	90	90	90
Koproses C	HCl pH 1,2	110	120	120	120	120	120	120	120
	Aquadest pH 6	20	30	30	30	30	30	30	30
	Dapar Fosfat pH 7,4	100	100	100	100	100	100	100	100

Lampiran 30.

Data Kekuatan gel PPSP, kappa karaginan, iota karaginan, campuran kappa-iota karaginan (1:1) dan koproses A, B, C

Sampel	Persentase (%)	Percobaan	Kekuatan Gel (g/mm)
PPSP	10%	1	2,10
		2	2,06
		Rata-rata	2,08
Kappa Karaginan	5%	1	806,82
		2	698,64
		Rata-rata	752,73
Iota Karaginan	5%	1	19,35
		2	18,14
		Rata-rata	18,75
Camp Kappa-Iota (1:1)	5%	1	313,49
		2	305,60
		Rata-rata	309,55
Koproses A	10%	1	173,29
		2	252,15
		Rata-rata	212,72
Koproses B	10%	1	167,51
		2	116,41
		Rata-rata	141,96
Koproses C	10%	1	109,02
		2	77,41
		Rata-rata	93,21

Lampiran 31.

Data uji kekuatan pelekatan eksipien koproses bioadhesif pada lambung tikus menggunakan *texture analyzer* PPSP, campuran kappa-iota karaginan (1:1), dan koproses A, B, C

Sampel	Percobaan	Gaya (g)	Waktu (s)
PPSP	1	7,30	5,10
	2	6,60	5,31
	3	7,50	5,03
	Rata-rata	7,13	5,14
Kappa-Iota	1	7,00	7,28
	2	6,80	5,70
	3	7,50	6,78
	Rata-rata	7,10	6,59
A	1	7,40	8,06
	2	8,10	6,44
	3	8,30	4,65
	Rata-rata	7,93	6,38
B	1	9,40	4,37
	2	8,50	6,07
	3	8,40	4,68
	Rata-rata	8,77	5,04
C	1	11,60	6,57
	2	9,70	5,88
	3	10,60	6,99
	Rata-rata	10,63	6,48

Lampiran 32.

Data uji kekuatan pelekatan eksipien koproses bioadhesif pada usus tikus menggunakan *texture analyzer* PPSP, campuran kappa-iota karaginan (1:1), dan koproses A, B, C

Sampel	Percobaan	Gaya (g)	Waktu (s)
PPSP	1	5,60	3,73
	2	5,60	3,89
	3	5,70	3,72
	Rata-rata	5,63	3,78
Kappa-iota	1	5,00	2,91
	2	5,40	3,74
	3	5,50	3,90
	Rata-rata	5,30	3,52
A	1	7,00	4,42
	2	7,90	4,16
	3	7,70	3,83
	Rata-rata	7,53	4,14
B	1	7,20	4,15
	2	6,90	4,29
	3	7,10	3,78
	Rata-rata	7,07	4,07
C	1	7,00	4,40
	2	6,90	4,36
	3	6,80	4,26
	Rata-rata	6,90	4,34

Lampiran 33.

Data pengukuran viskositas PPSP pada konsentrasi 10% dalam aquadest

Sampel	Kecepatan (rpm)	Dial Reading (dr)	Faktor Koreksi (F)	Viskositas ($\mu = dr \times$ F)	Shearing Stress (F/A= dr x 7.187)	Rate of Shear ($dv/dr =$ F/A x 1 /μ)
PPSP	0,5	2	8000	16000	14,374	0,0009
spindel 4	1	2,5	4000	10000	17,9675	0,0018
	2	3,5	2000	7000	25,1545	0,0036
	2,5	4	1600	6400	28,748	0,0045
	5	6	800	4800	43,122	0,009
	10	8,5	400	3400	61,0895	0,018
	20	12	200	2400	86,244	0,0359
	20	12	200	2400	86,244	0,0359
	10	8	400	3200	57,496	0,018
	5	5,5	800	4400	39,5285	0,009
	2,5	3,5	1600	5600	25,1545	0,0045
	2	3	2000	6000	21,561	0,0036
	1	2	4000	8000	14,374	0,0018
	0,5	1,5	8000	12000	10,7805	0,0009

Lampiran 34.

Data pengukuran viskositas kappa karaginan pada konsentrasi 10% dalam aquadest

Sampel	Kecepatan (rpm)	Dial Reading (dr)	Faktor Koreksi (F)	Viskositas ($\mu = dr \times F$)	Shearing Stress ($F/A = dr \times 7.187$)	Rate of Shear ($dv/dr = F/A \times 1/\mu$)
Kappa Karaginan Spindel 1	0,5	2	400	800	14,3740	0,0180
	1	2,5	200	500	17,9675	0,0359
	2	2,75	100	275	19,7643	0,0719
	2,5	3	80	240	21,5610	0,0898
	5	4	40	160	28,7480	0,1797
	10	5,5	20	110	39,5285	0,3594
	20	8	10	80	57,4960	0,7187
	20	8	10	80	57,4960	0,7187
	10	5	20	100	35,9350	0,3594
	5	3,5	40	140	25,1545	0,1797
	2,5	2,5	80	200	17,9675	0,0898
	2	2,5	100	250	17,9675	0,0719
	1	2	200	400	14,3740	0,0359
	0,5	2	400	800	14,3740	0,0180

Lampiran 35.

Data pengukuran viskositas iota karaginan pada konsentrasi 10% dalam aquadest

Sampel	Kecepatan (rpm)	Dial Reading (dr)	Faktor Koreksi (F)	Viskositas ($\mu = dr \times F$)	Shearing Stress ($F/A = dr \times 7.187$)	Rate of Shear ($dv/dr = F/A \times 1/\mu$)
Iota Karaginan	0,5	5	4000	20000	35,9350	0,0018
Spindel 3	1	6,5	2000	13000	46,7155	0,0036
	2	8,5	1000	8500	61,0895	0,0072
	2,5	9,5	800	7600	68,2765	0,0090
	5	13,5	400	5400	97,0245	0,0180
	10	19	200	3800	136,5530	0,0359
	20	27	100	2700	194,0490	0,0719
	20	27	100	2700	194,0490	0,0719
	10	18	200	3600	129,3660	0,0359
	5	12,5	400	5000	89,8375	0,0180
	2,5	9	800	7200	64,6830	0,0090
	2	8,5	1000	8500	61,0895	0,0072
	1	6,5	2000	13000	46,7155	0,0036
	0,5	5,5	4000	22000	39,5285	0,0018

Lampiran 36.

Data pengukuran viskositas campuran kappa-iota karaginan (1:1) pada konsentrasi 10% dalam aquadest

Sampel	Kecepatan (rpm)	Dial Reading (dr)	Faktor Koreksi (F)	Viskositas ($\mu=dr \times F$)	Shearing Stress ($F/A=$ $dr \times 7.187$)	Rate of Shear ($dv/dr=$ $F/A \times 1/\mu$)
Kappa-Iota	0,5	9,5	400	3800	68,2765	0,0180
Karaginan (1:1)	1	12	200	2400	86,2440	0,0359
Spindel 1	2	14,5	100	1450	104,2115	0,0719
	2,5	16	80	1280	114,9920	0,0898
	5	23	40	920	165,3010	0,1797
	10	35,5	20	710	255,1385	0,3594
	20	54,5	10	545	391,6915	0,7187
	20	54	10	540	388,0980	0,7187
	10	33,5	20	670	240,7645	0,3594
	5	22,5	40	900	161,7075	0,1797
	2,5	15,5	80	1240	111,3985	0,0898
	2	14	100	1400	100,6180	0,0719
	1	11	200	2200	79,0570	0,0359
	0,5	9	400	3600	64,6830	0,0180

Lampiran 37.

Data pengukuran viskositas koproses A pada konsentrasi 10% dalam aquadest

Sampel	Kecepatan (rpm)	Dial Reading (dr)	Faktor Koreksi (F)	Viskositas ($\mu = dr \times F$)	Shearing Stress ($F/A =$ $dr \times 7.187$)	Rate of Shear ($dv/dr =$ $F/A \times 1/\mu$)
Koproses	0,5	9,25	16000	148000	66,4798	0,0004
A	1	14	8000	112000	100,618	0,0009
spindel 5	2	20,5	4000	82000	147,3335	0,0018
	2,5	23	3200	73600	165,301	0,0022
	5	29	1600	46400	208,423	0,0045
	10	37,5	800	30000	269,5125	0,009
	20	47,5	400	19000	341,3825	0,018
	20	47,5	400	19000	341,3825	0,018
	10	37,75	800	30200	271,3093	0,009
	5	29,5	1600	47200	212,0165	0,0045
	2,5	22,5	3200	72000	161,7075	0,0022
	2	21,5	4000	86000	154,5205	0,0018
	1	15,75	8000	126000	113,1953	0,0009
	0,5	11,25	16000	180000	80,8538	0,0004

Lampiran 38.

Data pengukuran viskositas koproses B pada konsentrasi 10% dalam aquadest

Sampel	Kecepatan (rpm)	Dial Reading (dr)	Faktor Koreksi (F)	Viskositas ($\mu = dr \times F$)	Shearing Stress ($F/A = dr \times 7.187$)	Rate of Shear ($dv/dr = F/A \times 1/\mu$)
Koproses B	0,5	5,75	40000	230000	41,3253	0,0002
spindel 6	1	8	20000	160000	57,496	0,0004
	2	11	10000	110000	79,057	0,0007
	2,5	12,25	8000	98000	88,0408	0,0009
	5	15,75	4000	63000	113,1953	0,0018
	10	19,75	2000	39500	141,9433	0,0036
	20	24	1000	24000	172,488	0,0072
	20	24	1000	24000	172,488	0,0072
	10	19,5	2000	39000	140,1465	0,0036
	5	15,5	4000	62000	111,3985	0,0018
	2,5	12	8000	96000	86,244	0,0009
	2	11	10000	110000	79,057	0,0007
	1	8,5	20000	170000	61,0895	0,0004
	0,5	6,75	40000	270000	48,5123	0,0002

Lampiran 39.

Data pengukuran viskositas koproses C pada konsentrasi 10% dalam aquadest

Sampel	Kecepatan (rpm)	Dial Reading (dr)	Faktor Koreksi (F)	Viskositas ($\mu = dr \times F$)	Shearing Stress ($F/A =$ $dr \times 7.187$)	Rate of Shear ($dv/dr =$ $F/A \times 1/\mu$)
Koproses C	0,5	5	40000	200000	35,935	0,0002
spindel 6	1	7,5	20000	150000	53,9025	0,0004
	2	10,25	10000	102500	73,6668	0,0007
	2,5	11	8000	88000	79,057	0,0009
	5	15	4000	60000	107,805	0,0018
	10	19	2000	38000	136,553	0,0036
	20	24	1000	24000	172,488	0,0072
	20	24	1000	24000	172,488	0,0072
	10	19	2000	38000	136,553	0,0036
	5	14,75	4000	59000	106,0083	0,0018
	2,5	11,25	8000	90000	80,8538	0,0009
	2	10,5	10000	105000	75,4635	0,0007
	1	7,5	20000	150000	53,9025	0,0004
	0,5	5	40000	200000	35,935	0,0002

Lampiran 40.

Data daya elongasi PPSP, campuran kappa-iota karaginan (1:1) dan koproses A, B, dan C

Sampel	Konsentrasi (%)	Percobaan	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Elongasi (%)
PPSP	5	1	20	25,50	27,50
		2	20	25,40	27,00
		Rata-rata	20	25,45	27,25
Kappa-Iota Karaginan (1:1)	5	1	20	25,50	27,50
		2	20	25,70	28,50
		Rata-rata	20	25,60	28,00
Koproses A	5	1	20	24,10	20,50
		2	20	24,00	20,00
		Rata-rata	20	24,05	20,25
Koproses B	5	1	20	23,70	18,50
		2	20	24,00	20,00
		Rata-rata	20	23,85	19,25
Koproses C	5	1	20	23,60	18,00
		2	20	23,90	19,50
		Rata-rata	20	23,75	18,75

Lampiran 41.

Data *tensile strength* PPSP, campuran kappa-iota karaginan (1:1) dan koproses A, B, C

Sampel	Konsentrasi (%)	Percobaan	Gaya (N)	Luas (m ²)	<i>Tensile Strength</i> (MPa)
PPSP	5	1	8,00	9x10 ⁻⁷	8,88
		2	6,00	9x10 ⁻⁷	6,66
		Rata-rata	7,00	5x10 ⁻⁷	7,77
Kappa-Iota Karaginan (1:1)	5	1	13,00	6x10 ⁻⁷	21,67
		2	27,00	6x10 ⁻⁷	45,00
		Rata-rata	20,00	6x10 ⁻⁷	33,33
Koproses A	5	1	3,00	5x10 ⁻⁷	6,00
		2	4,00	4x10 ⁻⁷	10,00
		Rata-rata	3,50	5x10 ⁻⁷	8,00
Koproses B	5	1	4,00	6x10 ⁻⁷	6,66
		2	7,00	6x10 ⁻⁷	11,66
		Rata-rata	5,50	6x10 ⁻⁷	9,16
Koproses C	5	1	3,00	5x10 ⁻⁷	6,00
		2	8,00	6x10 ⁻⁷	13,33
		Rata-rata	5,50	5.5x10 ⁻⁷	9,67

Lampiran 42.

Data *Young's Modulus* PPSP, campuran kappa-iota karaginan (1:1) dan koproses A, B, dan C

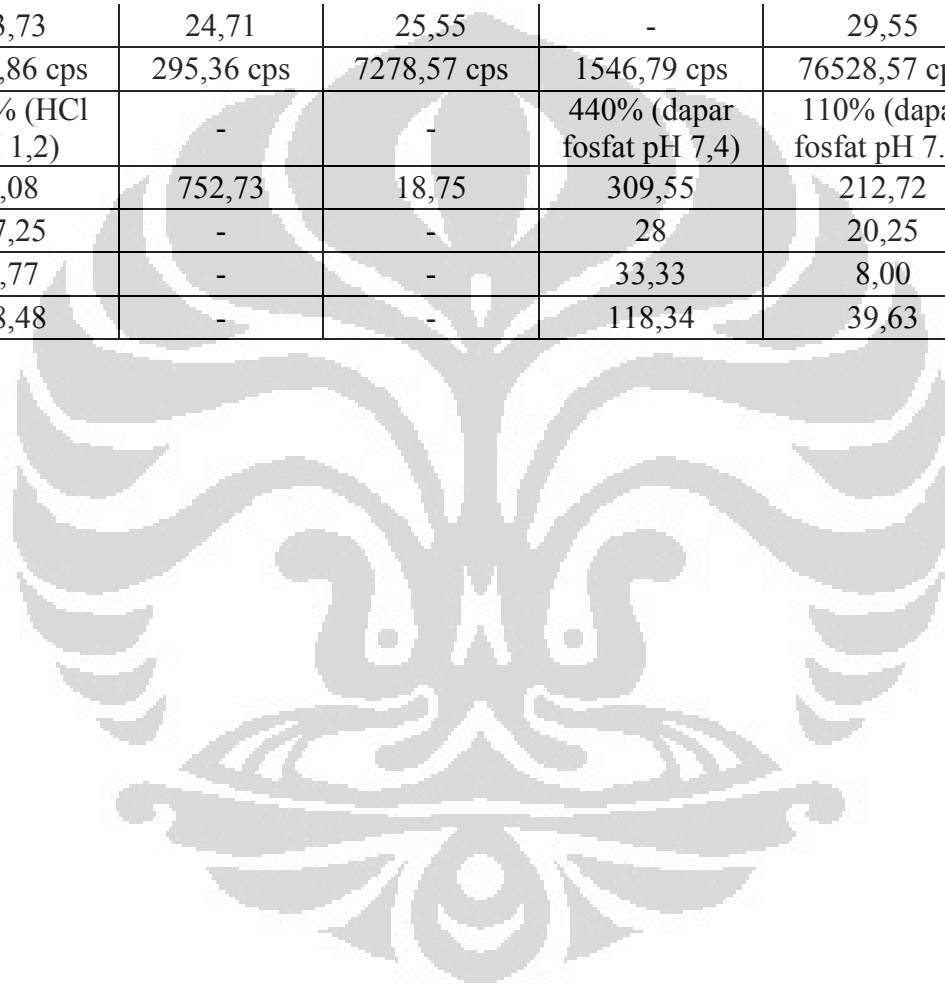
Sampel	Konsentrasi (%)	Percobaan	Elongasi	<i>Tensile Strength</i> (MPa)	<i>Young's Modulus</i> (MPa)
PPSP	5	1	0,275	8,88	32,29
		2	0,270	6,66	24,67
		Rata-rata	0,272	7,77	28,48
Kappa-Iota Karaginan (1:1)	5	1	0,275	21,67	78,80
		2	0,285	45,00	157,89
		Rata-rata	0,280	33,33	118,34
Koproses A	5	1	0,205	6,00	29,27
		2	0,200	10,00	50,00
		Rata-rata	0,202	8,00	39,63
Koproses B	5	1	0,185	6,66	36,00
		2	0,200	11,66	58,30
		Rata-rata	0,192	9,16	47,15
Koproses C	5	1	0,180	6,00	33,33
		2	0,195	13,33	68,36
		Rata-rata	0,187	9,67	50,85

Lampiran 43.

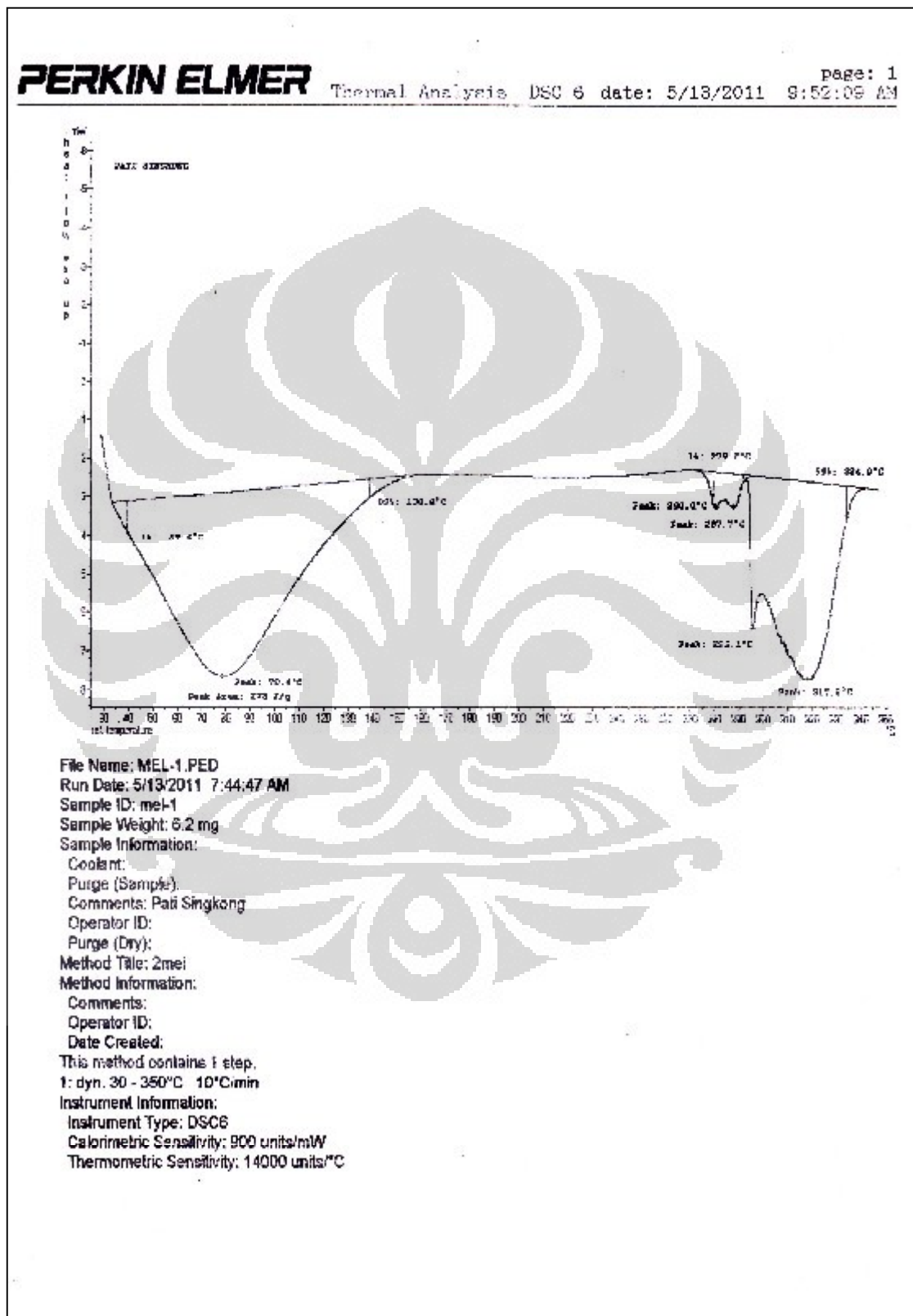
Ringkasan data hasil karakterisasi sifat fisik, kimia dan fungsional PPSP, Karaginan, Koprosoes A, B, C

Karakteristik	Hasil						
	PPSP	Kappa	Iota	Campuran Kappa:iota (1:1)	Koprosoes A	Koprosoes B	Koprosoes C
1. Fisik							
a. Bentuk fisik	Serbuk ringan, putih, tidak berbau	Serbuk berat, kuning, berbau khas karaginan	Serbuk berat, kuning, berbau khas karaginan	Serbuk berat, kuning, berbau khas karaginan	Serbuk ringan, kuning muda, berbau khas karagenan	Serbuk ringan, kuning muda, berbau khas karagenan	Serbuk ringan, putih, berbau khas karagenan
b. Distribusi ukuran partikel	24,60%	43,20%	53%	-	22,20%	23,20%	21%
c. Kadar air	10,15%	8,60%	8,28%	-	10,62%	9,67%	8,81%
d. Analisis sifat termal							
-Rentang Suhu (°C)	33,1-110,7	40,9-153	40,0-142,1	41,2-147,6	39,4-124,8	39,9-118,5	42,6-134,3
-Suhu Puncak (°C)	55,5	92,4	85,5	87,1	70,1	72,9	79,7
2. Kimia							
a. pH	6,40	10,51	10,58	-	8,28	7,7	7,4
b. Derajat substitusi	0,2	-	-	-	-	-	-
3. Fungsional							
a. Laju alir (g/s)	0,252	2,665	5,91	-	0,05	0,062	0,065
b. Densitas bulk (g/ml)	0,13	0,62	0,65	-	0,11	0,12	0,13
c. Densitas mampat (g/ml)	0,18	0,82	0,87	-	0,16	0,18	0,19

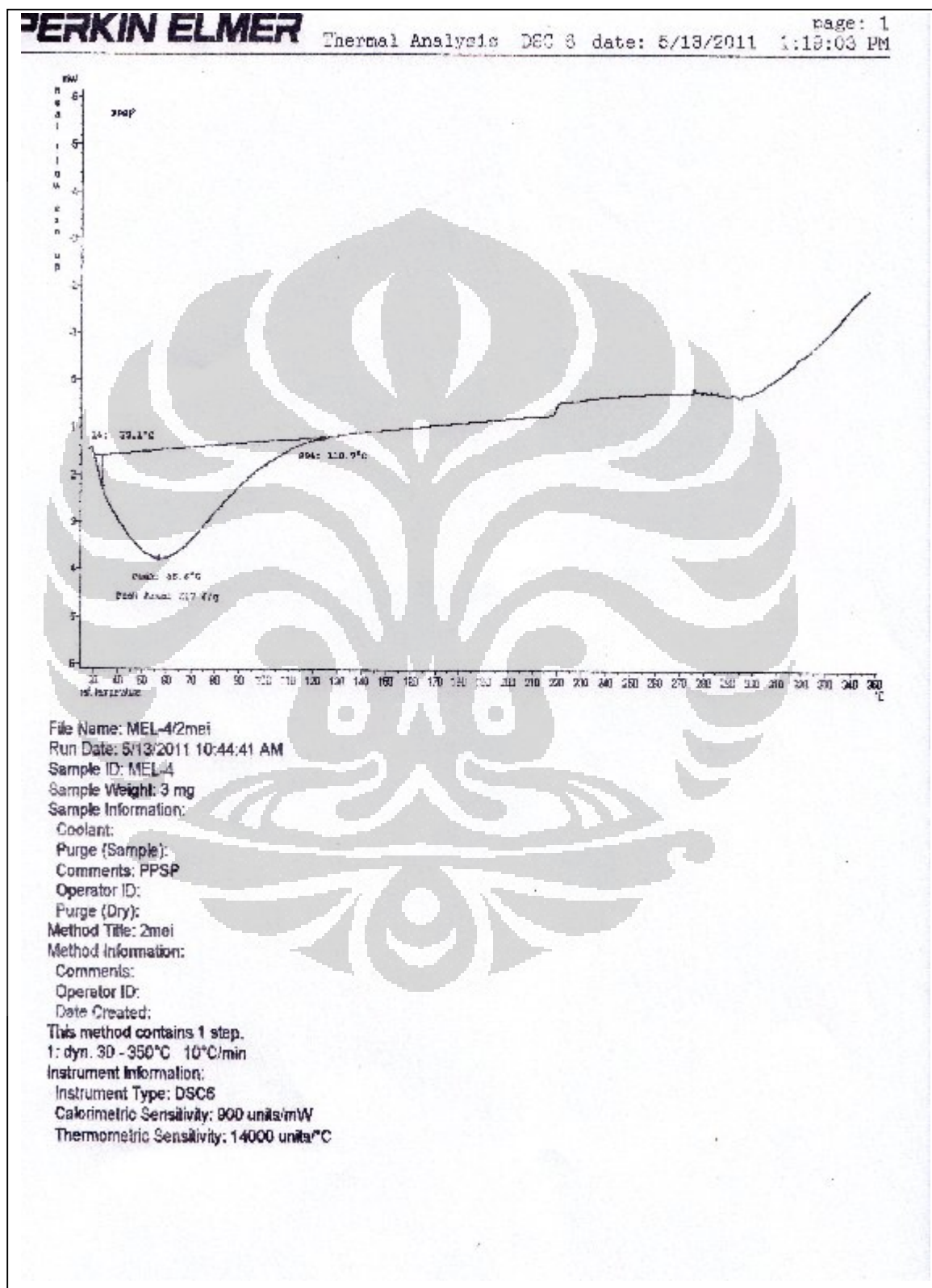
d. Indeks kompresibilitas (%)	23,73	24,71	25,55	-	29,55	36,24	34,16
e. Viskositas rata-rata (10%)	6542,86 cps	295,36 cps	7278,57 cps	1546,79 cps	76528,57 cps	106821,43 cps	94892,86 cps
f. Indeks mengembang	220 % (HCl pH 1,2)	-	-	440% (dapar fosfat pH 7,4)	110% (dapar fosfat pH 7.4)	100% (HCl pH 1,2)	120% (HCl pH 1,2)
g. Kekuatan gel (g/mm)	2,08	752,73	18,75	309,55	212,72	141,96	93,21
h. Daya elongasi film (%)	27,25	-	-	28	20,25	19,25	18,75
i. <i>tensile strength</i> (MPa)	7,77	-	-	33,33	8,00	9,16	9,67
j. <i>young's modulus</i> (MPa)	28,48	-	-	118,34	39,63	47,15	50,85



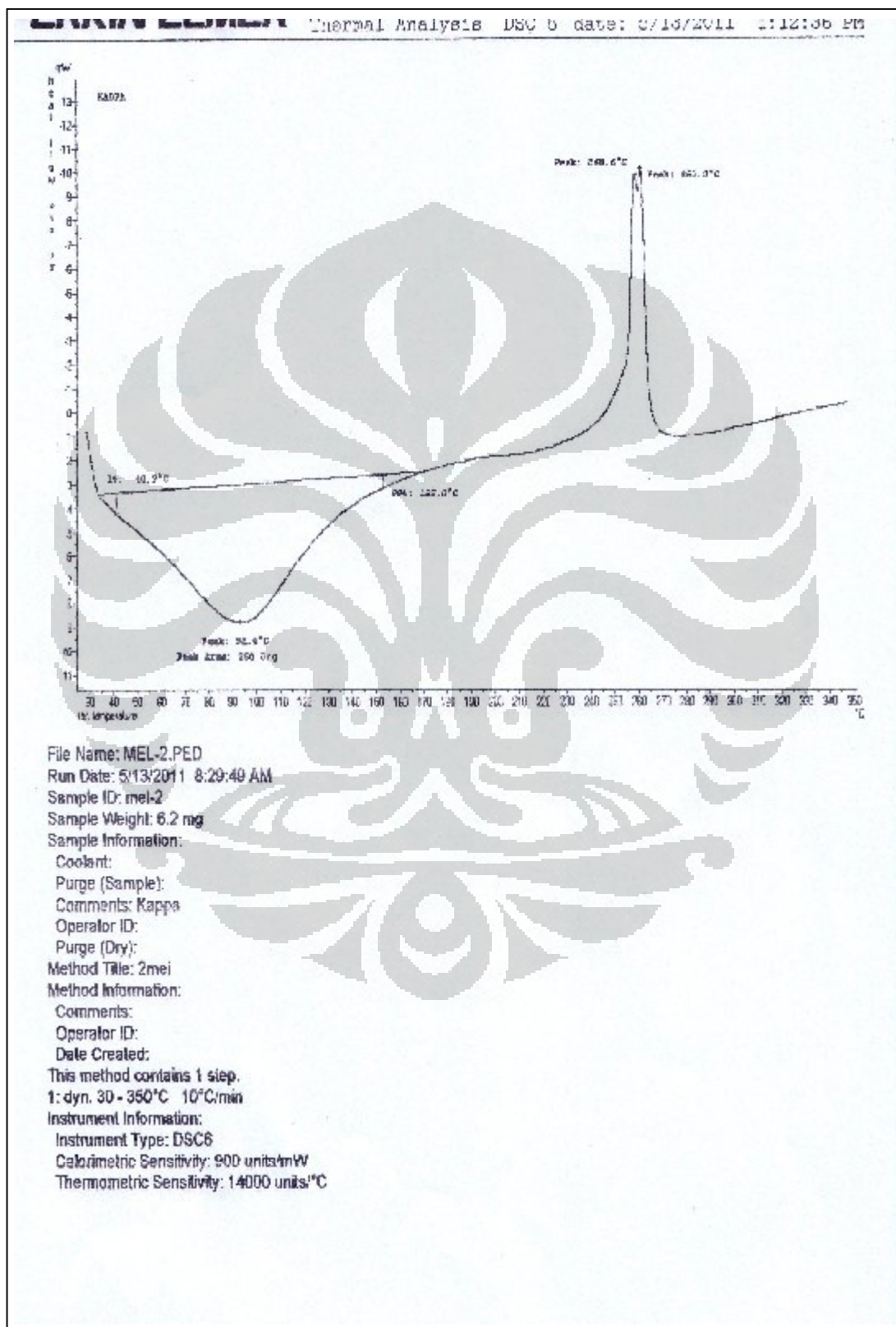
Lampiran 44.

Termogram *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dari Pati Singkong

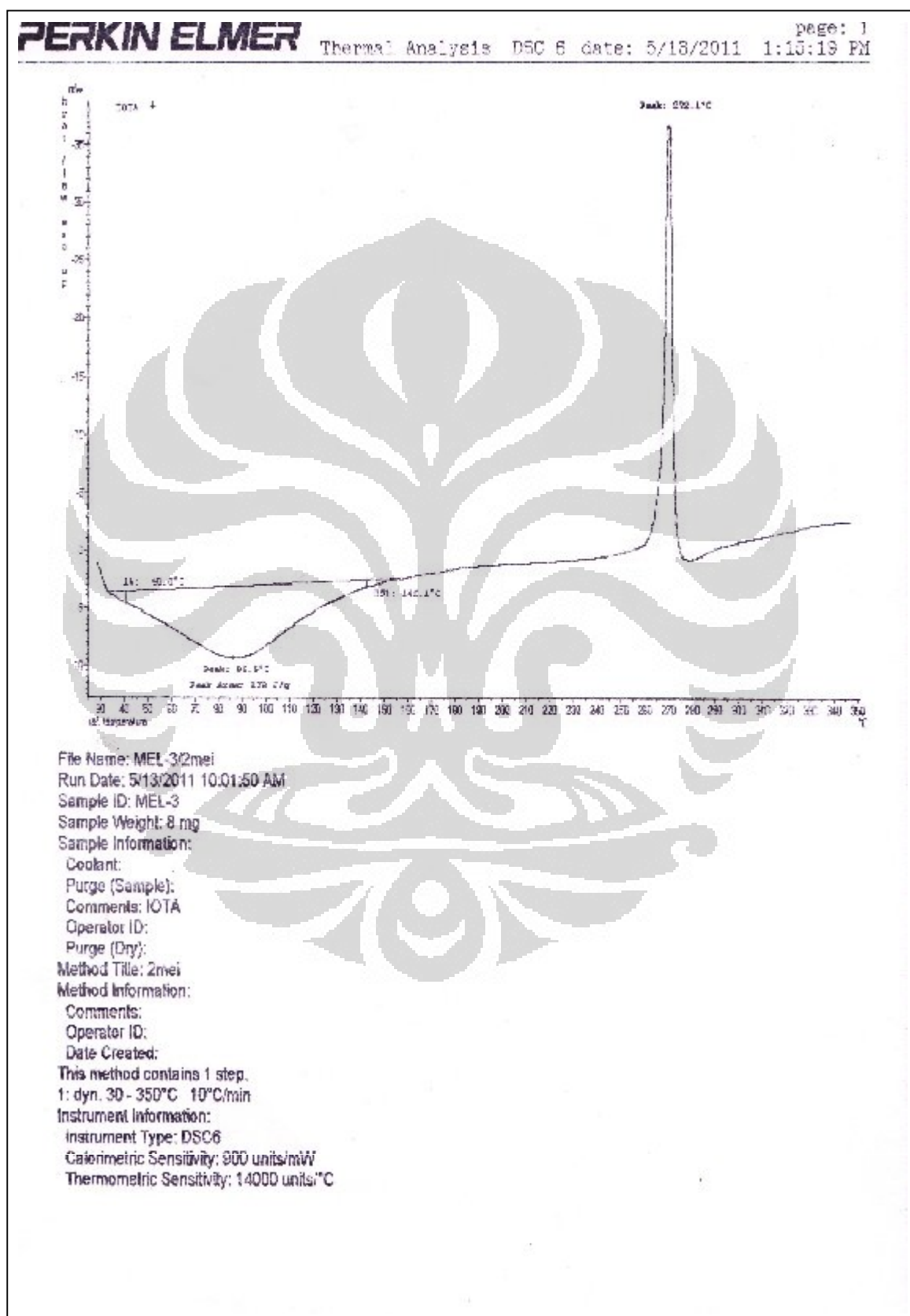
Lampiran 45.

Termogram *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dari PPSP

Lampiran 46.

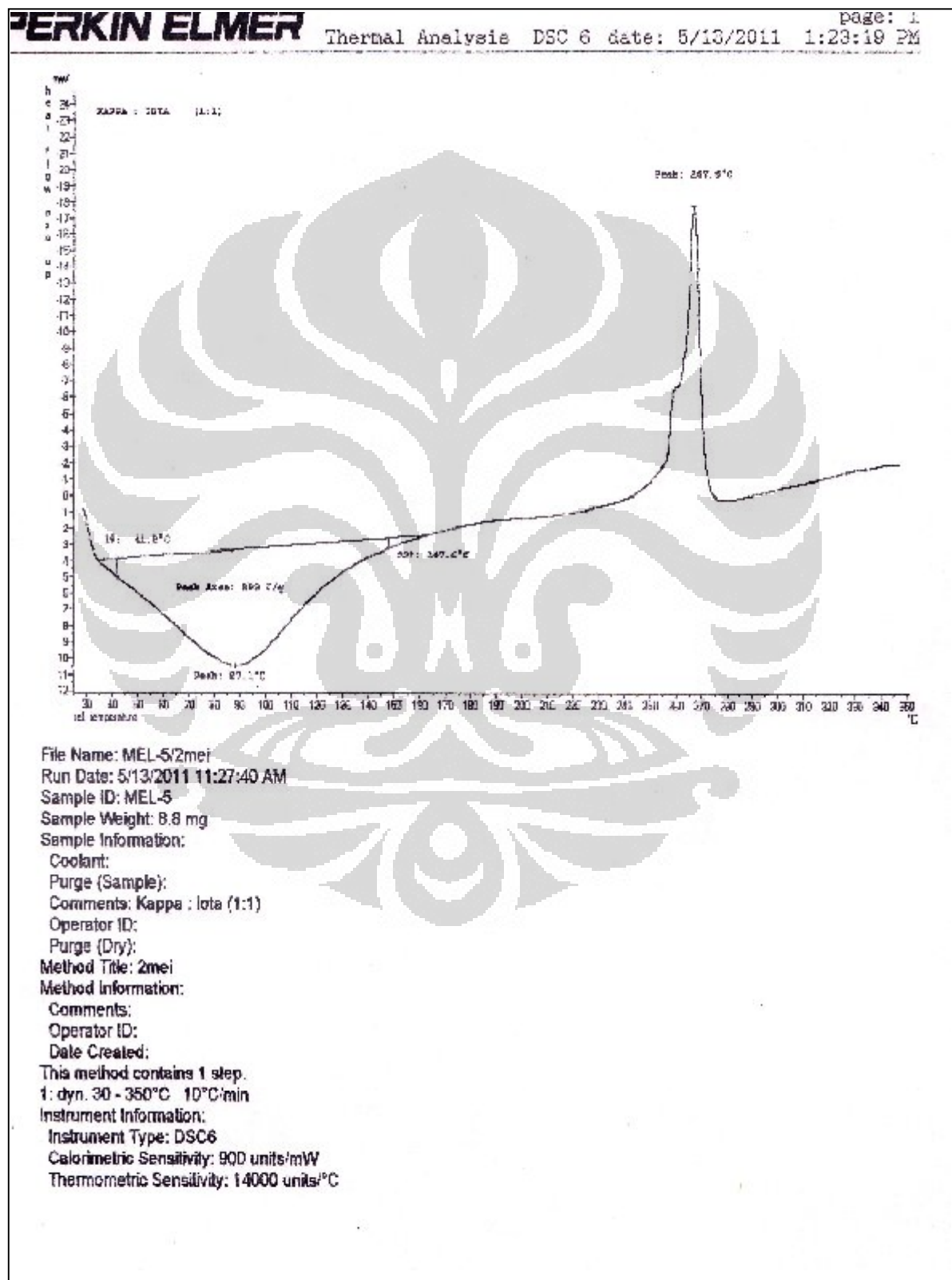
Termogram *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dari Kappa

Lampiran 47.

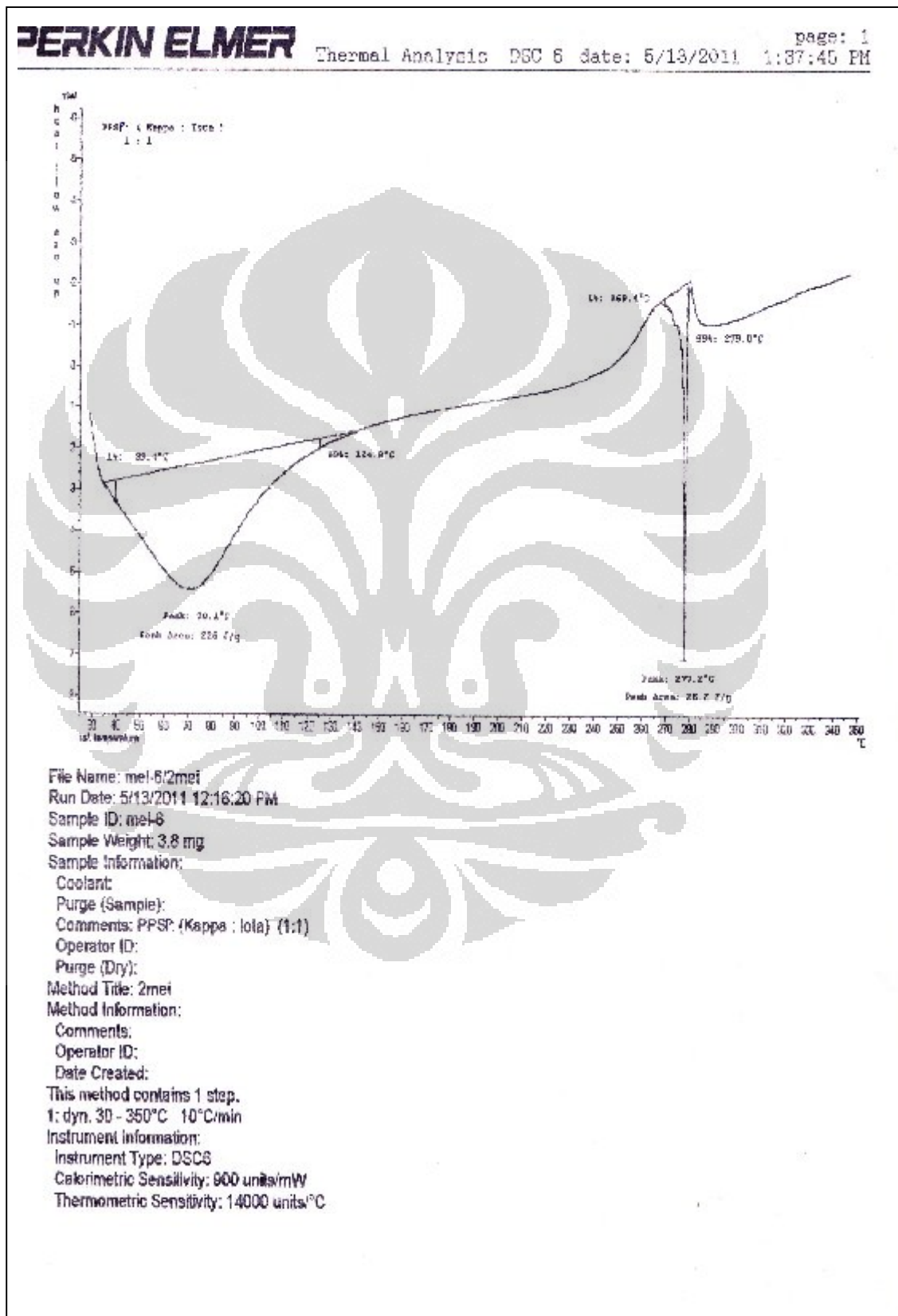
Termogram *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dari Iota

Lampiran 48.

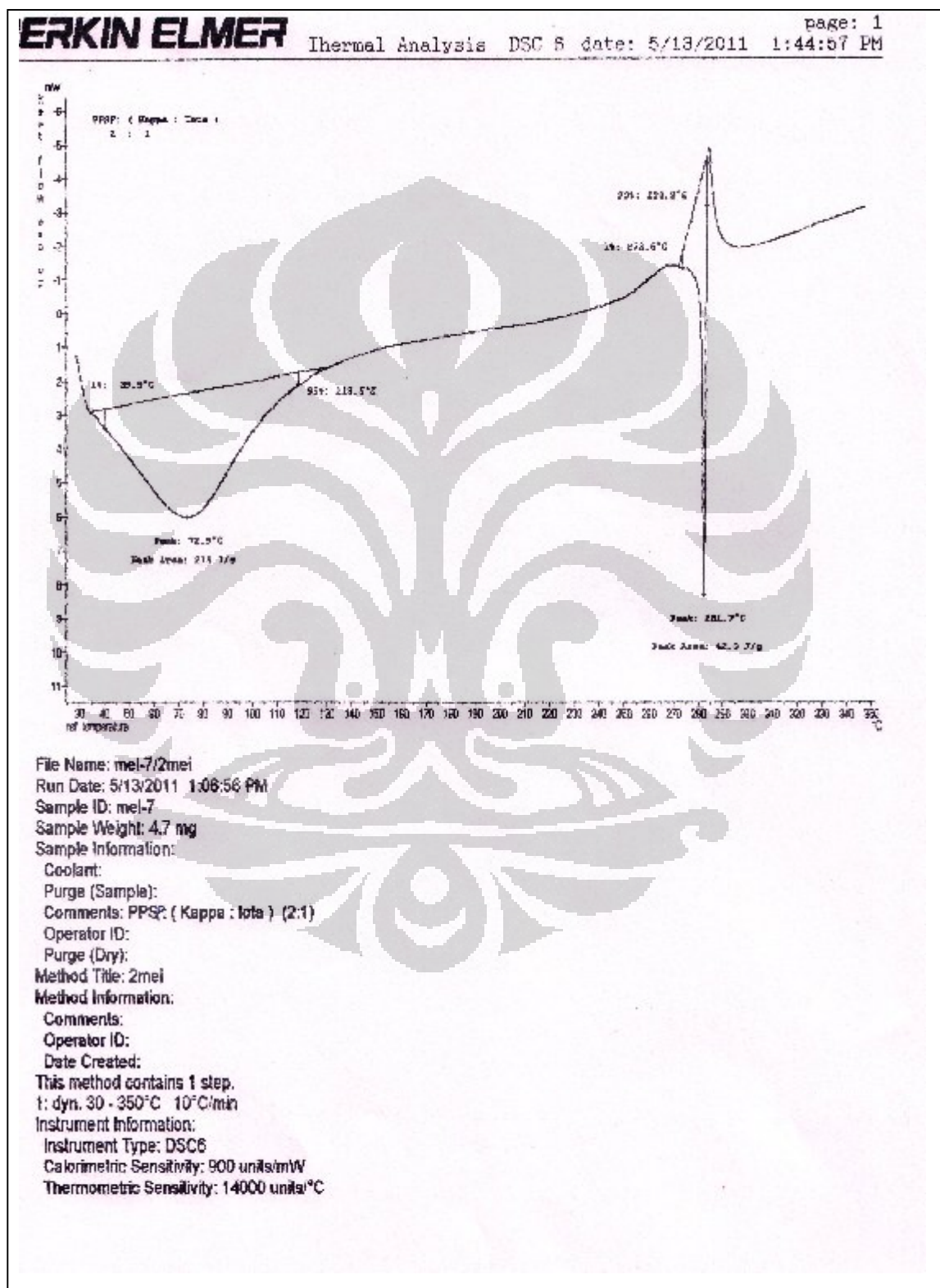
Termogram *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dari
Campuran Kappa:Iota (1:1)



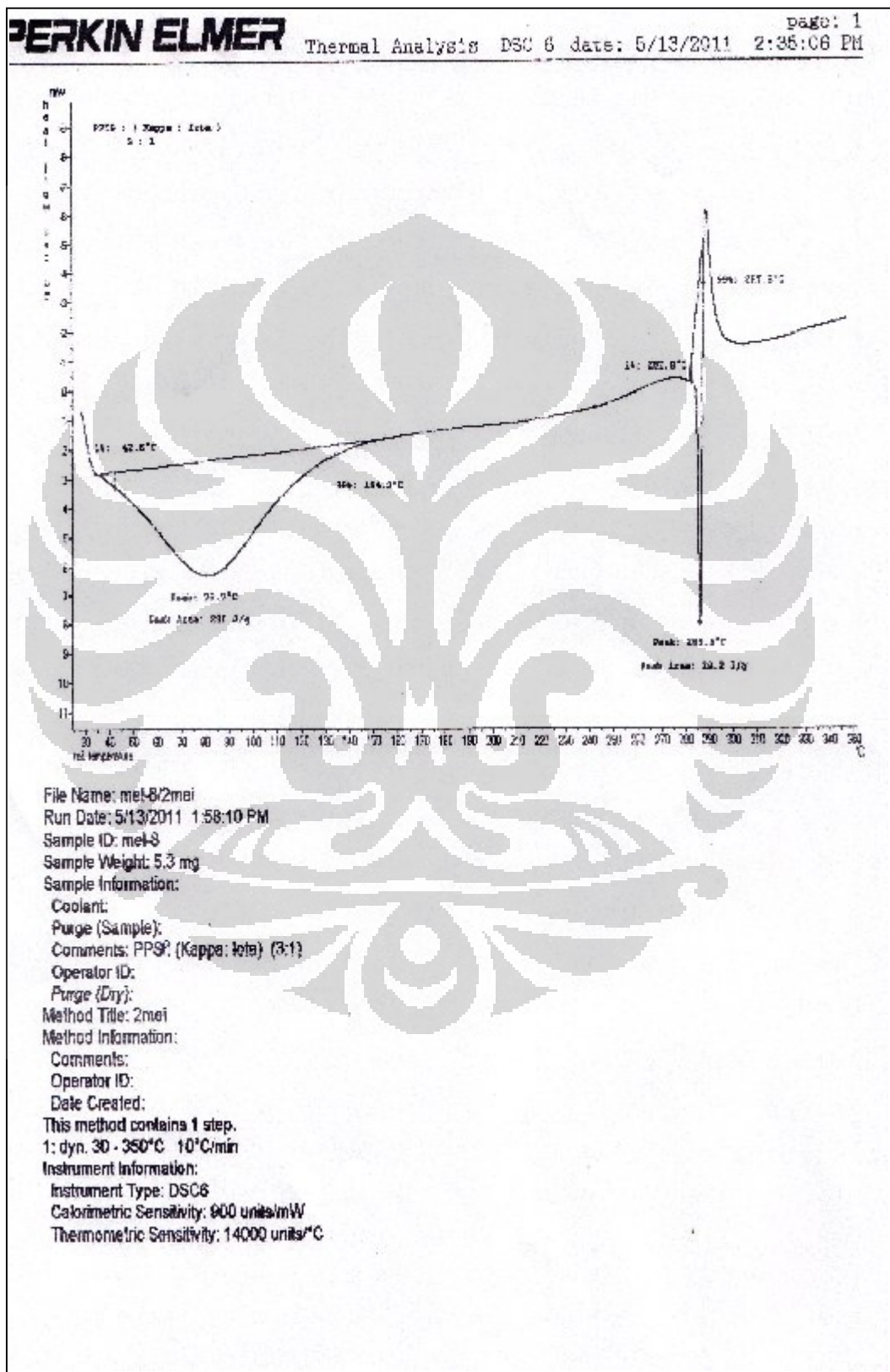
Lampiran 49.

Termogram *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dari Eksipien Koproses A

Lampiran 50.

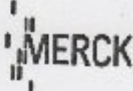
Termogram *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dari Eksipien Koprores B

Lampiran 51.

Termogram *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dari Eksipien Koproses C

Lampiran 52.

Sertifikat analisis propionat anhidride



Certificate of Analysis

8.00608.0100 Propionic anhydride for synthesis

Batch S5412108

Batch Values

Assay (GC, area%)	99.8	%
Density (d 20 °C) 4 °C)	1.010	
Identity (IR)	passes test	

Date of examination (D.D.MM.YYYY) 07.08.2014

Minimum shelf life (D.D.MM.YYYY) 31.08.2014

Dr. Wolfgang Belkart

responsible laboratory manager quality control

This document has been produced electronically and is valid without a signature



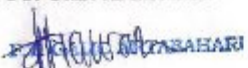
Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 84293 Darmstadt (Germany); +49 6151 72-0

SA-7 16933-5400000000000000 V. 500 Date: 10.12.2014

Page 1 of 1



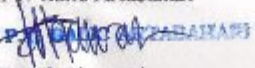
Lampiran 53.

Sertifikat analisis karagenan kappa

 P.T. GALIC ARTABAHARI SEAWEED FARMING, EXTRACTION, & CARRAGEENAN INDUSTRY KP. CIKEDOKAN, DESA SUKADANAU, CIKARANG BARAT, BEKASI 17520 JAWA BARAT, INDONESIA TELP. : (021) 8900782, 8901057, 8901058 FAX : (021) 8900783 E-MAIL : galind@indosat.net.id • Website : http://www.pigab.com		 ISO 9001 - 2008
CERTIFICATE OF ANALYSIS		ORIGINAL
Product Specification		
Material	: Semi Refined Carrageenan (Food Application)	
Product Code	: ICNU 306 (Kappa)	
Batch No.	: ICNU20093	
Production date	: 02.10.2018 ; Expired date : 02.10.2012	
Tanggal Pengiriman	: 18.10.2018	
Tujuan	:	
Quantity	: 10 Kg	
Parameter		Hasil Uji
Form	Powder	
Color	Cream to light brown	
Moisture Content	8.31	
Using Halogen Moisture Analyser		
Ash	27.60 %	
pH	9.27	
(1,5 % sol'n at 60 °C)		
Gel Strength		
• Viscosity		
(1,5 % at 75 °C)		23.75 cps
Using Brookfield RVF spindle 1 @ 20 rpm		
• Salt gel		
(1,5 % gel in 0,2 % KCL at 10 °C)		457 g/cm ²
Using LFRA Texture Analyser		
Microbiologi :		
• Total Plate Count		9,000 colony/gr
• Yeast & Mould		Negative
Nett Weight	25 kg/bag	
Particle Size	Pass 150 M (106 µm), min 95 %	
Shelf life	24 months	
Cara Penyimpanan	Max temp ruang 30°C Max humidity 60 %	
PT. Galic Artabahari		
 Tatiok Sivawati QC Manager		


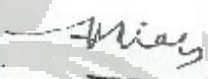
Lampiran 54.

Sertifikat analisis karagenan iota

 P.T. GALIC ARTABAHARI SEAWEED FARMING, EXTRACTION, & CARRAGEENAN INDUSTRY KP. CIKEDOKAN, DESA SUKADANAU, CIKARANG BARAT, BEKASI 17520 JAWA BARAT, INDONESIA TELP. : (021) 8900782, 8901057, 8901058 FAX : (021) 8900783 E-MAIL : gabind@indosat.net.id • Website : http://www.ptgab.com		
CERTIFICATE OF ANALYSIS		
ORIGINAL		
<u>Product Specification</u>		
Material	: Semi Refined Iota Carrageenan	
	Food Application	
Product Symbol	: ID1006 (iota)	
Batch Number	: 1020033	
Production Date	: 04.05.2010 ; Expired date : 04.05.2012.	
Tanggal Pengiriman	: 18.10.2010	
Tujuan	:	
Quantity	: 10 Kg	
<u>Parameter</u>		
Form	<u>Hasil Uji</u>	
Color	Powder	
Moisture Content	Cream to Brown powder	
Ash	8.85 %	
pH	30.04 %	
(1.5 % at 75°C)	9.35	
Gel Strength		
• Viscosity	16.25 cps	
(1.5% gel in water at 75°C)		
Brookfield Viscometer RVH		
(spindle No.1, 20 rpm)		
• Salt gel	149 g/cm ²	
(2 % gel in 0.2% KCl + 0.2% CaCl ₂ at 20°C)		
<u>Microbiologi</u>		
• Total Plate Count	7,000 colony/gram	
• Yeast & Mould	Negative	
Particle Size	Pass 106 µ min 95%	
Shelf Life	24 months	
Nett Weight	25 Kg / Bag	
PT. Galic Artabahari		
		
Tatiek Sivawati		
QC Manager		

Lampiran 55.

Sertifikat analisis tikus putih

	BAGIAN PRODUKSI TERNAK DAGING KERJA DAN ANEKA TERNAK DEPARTEMEN ILMU PRODUKSI DAN TEKNOLOGI PETERNAKAN FAKULTAS PETERNAKAN INSTITUT PERTANIAN BOGOR
	Sekretariat : Jl. Agatis, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680 Telepon : (0251) 8624774, Fax. (0251) 8624774
<u>SURAT KETERANGAN</u>	
Yang bertanda tangan di bawah ini:	
Nama	: Prof. Dr. Ir. Pöllung H. Siagian, MS
Jabatan	: Kepala Bagian Produksi Ternak Daging Kerja Dan Aneka Ternak
Alamat	: Jl. Agatis kampus IPB Dramaga-Bogor Telp. 0251-8624774, Fax. 0251-8624774
Menyatakan bahwa tikus putih (<i>Rattus norvegicus</i>) strain <i>Syrague Dawley</i> (SD) yang dikembangkan di Laboratorium Non Ruminansia dan Satwa Harapan, Fakultas Peternakan IPB, telah memenuhi syarat sebagai hewan uji untuk penelitian atau kegiatan praktikum.	
Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar benarnya.	
Kepala,	
	
Prof. Dr. Ir. Pöllung H. Siagian, MS NIP. 19460825 197711 1 001	