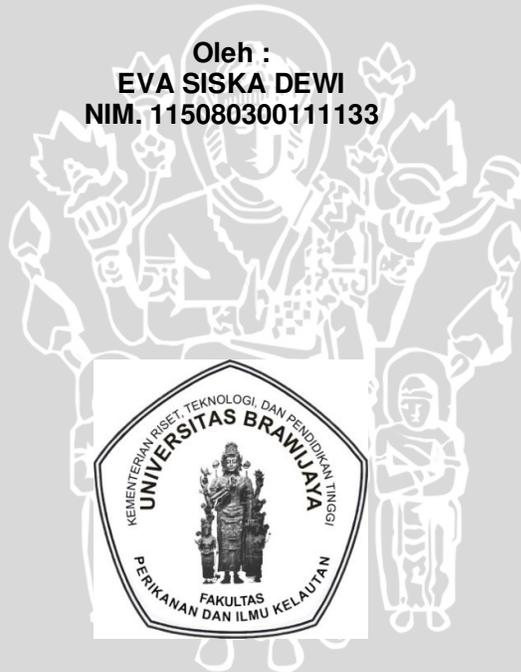


EFISIENSI ENKAPSULASI EKSTRAK DAUN ALGA COKLAT *Sargassum cristaefolium* TERSALUT GUM ARAB DAN DEKSTRIN PADA pH YANG BERBEDA

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Oleh :
EVA SISKA DEWI
NIM. 115080300111133



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**



EFISIENSI ENKAPSULASI EKSTRAK DAUN ALGA COKLAT *Sargassum cristaefolium* TERSALUT GUM ARAB DAN DEKSTRIN PADA pH YANG BERBEDA

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

**Oleh :
EVA SISKI DEWI
NIM. 115080300111133**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

EFISIENSI ENKAPSULASI EKSTRAK DAUN ALGA COKLAT *Sargassum cristaefolium* TERSALUT GUM ARAB DAN DEKSTRIN PADA pH YANG BERBEDA

Oleh :
EVA SISKA DEWI
Nim. 115080300111133

Telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 12 Januari 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Dosen Penguji I



Dr. Ir. Muhamad Firdaus, MP
NIP.19680919 200501 1 001
Tanggal: 29 JAN 2016

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Hartati Kartikaningsih, MS
NIP.19640726 198903 2 004
Tanggal: 29 JAN 2016

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Bambang Budi Sasmito, MS
NIP.19570119 198601 1 001
Tanggal: 29 JAN 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan



Dr. Ir. Arping Wihjeng Ekawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal: 29 JAN 2016

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tulisan pembuatan Laporan Tugas Akhir (Skripsi) ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak pernah terdapat tulisan, pendapat atau bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan ini di daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan skripsi ini hasil jiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, 12 Januari 2016

Mahasiswa

Eva Siska Dewi

RINGKASAN

EVA SISKA DEWI (115080300111133). Skripsi mengenai Efisiensi Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Tersalut Gum Arab dan Dekstrin pada pH yang Berbeda (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Hartati Kartikaningsih, MS** dan **Dr. Ir. Bambang Budi Sasmito, MS**).

Enkapsulasi adalah proses atau teknik untuk menyalut inti yang berupa suatu senyawa aktif baik itu padat, cair, gas ataupun sel dengan suatu bahan pelindung tertentu yang dapat mengurangi kerusakan senyawa aktif tersebut. Penerapan enkapsulasi pada pengolahan rumput laut coklat dapat dilakukan dengan mengolah daun rumput laut coklat *Sargassum cristaefolium* menjadi ekstrak rumput laut terlebih dahulu sebelum dienkapsulasi menjadi serbuk. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* adalah dengan menggunakan metode *spray drying*. Dalam proses enkapsulasi, hal yang perlu diperhatikan adalah jenis penyalut yang digunakan. Bahan yang dapat digunakan sebagai penyalut adalah golongan polisakarida seperti gum arab dan dekstrin. Cara untuk mengetahui keberhasilan suatu enkapsulasi salah satunya dengan efisiensi enkapsulasi. Efisiensi enkapsulasi merupakan parameter yang menunjukkan berapa persen senyawa aktif awal yang berhasil tersalut dalam kapsul.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap efisiensi enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* tersalut gum arab dan dekstrin. Parameter yang digunakan meliputi kadar total flavonoid, efisiensi enkapsulasi flavonoid, diameter, organoleptik aroma, organoleptik warna, rendemen, serta struktur dan evaluasi morfologi partikel. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2015 sampai Agustus 2015 di Laboratorium Keamanan Hasil Perikanan, Laboratorium Bio Sains Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yang dibagi menjadi dua tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan bertujuan untuk memperoleh enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* tersalut gum arab dan dekstrin dengan konsentrasi gum arab sebesar 5,33% dan dekstrin sebesar 2,67%. Penelitian utama bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan pH yang berbeda terhadap kualitas serbuk enkapsulat daun *Sargassum cristaefolium*.

Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan lima perlakuan dan tiga kali ulangan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pH yaitu pH 2, pH 4, pH 7, pH 9, dan pH 12. Variabel terikat pada penelitian ini adalah kadar total flavonoid, efisiensi enkapsulasi flavonoid, diameter, organoleptik aroma, organoleptik warna, rendemen, serta struktur dan evaluasi morfologi partikel.

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan pH yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kadar total flavonoid, efisiensi enkapsulasi flavonoid, diameter, organoleptik aroma, organoleptik warna, rendemen. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai efisiensi enkapsulasi flavonoid tertinggi diperoleh pada perlakuan pH 2 dengan nilai efisiensi sebesar 46,79%, kandungan flavonoid sebesar 0,202 mg ekuivalen kuersetin, ukuran diameter sebesar 14,67 μm , nilai organoleptik aroma sebesar 4,3, nilai organoleptik warna sebesar 2,033, dan nilai rendemen sebesar 73,33%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat terselesaikannya penulisan Laporan Tugas Akhir (Skripsi), dengan judul “Efisiensi Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Tersalut Gum Arab dan Dekstrin pada pH yang Berbeda”. Shalawat serta salam tak lupa tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan bagi umat manusia. Laporan ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari pelaksanaan penelitian maupun penyusunan laporannya masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis menyampaikan maaf atas segala kekurangan dan kesalahan yang ada. Kritik dan saran atas penulisan laporan ini akan penulis terima sebagai motivasi untuk menghasilkan karya yang lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak baik di masa sekarang maupun masa yang akan datang.

Malang, 12 Januari 2016

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir (Skripsi) ini, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan semua nikmat dan karuniaNya sehingga penulis berhasil menyelesaikan Laporan Skripsi ini.
2. Ibu Dr. Ir. Hartati Kartikaningsih, MS selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Dr. Ir. Bambang Budi Sasmito, MS selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan perhatian, bimbingan, motivasi dan saran selama Skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Muhamad Firdaus, MP selaku dosen penguji skripsi.
4. Kedua Orang Tua tercinta Bapak Slamet, Ibu Iti Cariti yang selalu memberikan banyak doa tiada batas, motivasi dan nasehat selama ini, serta adik tercinta Anggun Nur Aeni dan Elsa Safitri yang selalu mendukung.
5. Sahabat Terbaikku Lilik Ning Rahayu, Ratna Novitasari, Nadia Alfannie E, Aulia Fauziah Octavia, Dewi Kartika yang selalu memberikan dukungan, serta teman-teman seperjuangan penelitian Himmatul 'Aliyah, Goldy Gladia E, Indes Awalun K, Ardy Dwi Hartono yang menemani serta berjuang bersama dalam menyelesaikan laporan ini.
6. Teman – teman THP 2011 yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu mendukung dan semoga kita lulus bersama secepatnya.
7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan dan penyelesaian laporan Skripsi yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

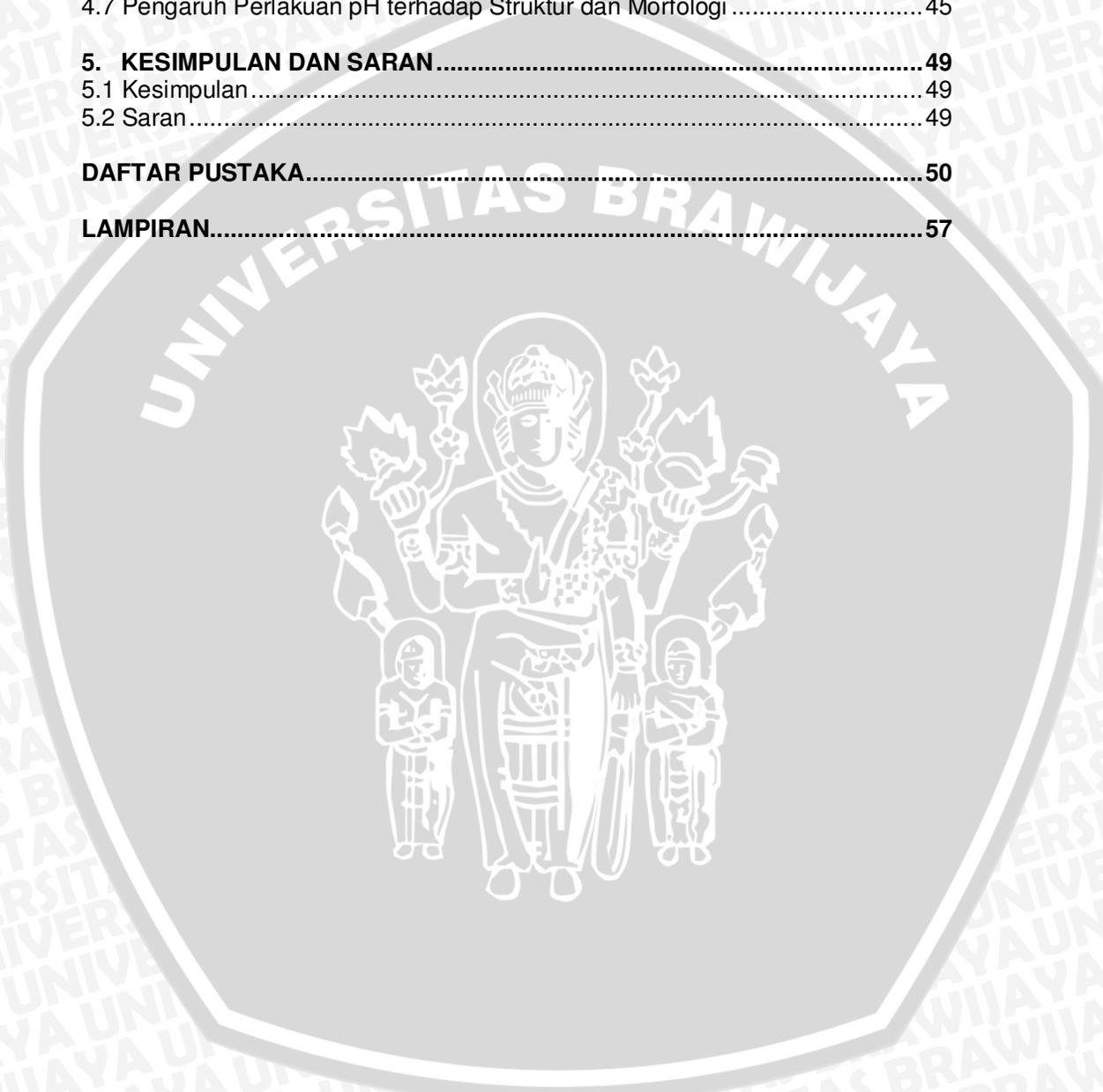
Malang, 12 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	i
RINGKASAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis.....	3
1.5 Kegunaan Penelitian.....	3
1.6 Waktu dan Tempat.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i>	5
2.2 Senyawa Bioaktif Alga Coklat Laut.....	7
2.3 Senyawa Flavonoid Pada <i>Sargassum</i> sp.....	9
2.4 Enkapsulasi.....	11
2.5 Bahan Penyalut.....	15
2.5.1 Gum Arab.....	15
2.5.2 Dekstrin.....	19
2.6 Efisiensi Enkapsulasi.....	22
2.7 SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	24
3. METODE PENELITIAN	26
3.1 Materi Penelitian.....	26
3.1.1 Bahan Penelitian.....	26
3.1.2 Alat Penelitian.....	26
3.2 Metode Penelitian.....	27
3.3 Variabel Penelitian.....	28
3.4 Persiapan Bahan.....	28
3.5 Enkapsulasi Ekstrak Daun <i>Sargassum cristaefolium</i>	29
3.5.1 Penelitian Pendahuluan.....	29
3.5.2 Penelitian Utama.....	30
3.6 Rancangan Percobaan dan Analisa Data.....	30
3.7 Parameter Uji.....	32
3.7.1 Analisis Kandungan Total Flavonoid.....	32
3.7.2 Analisis Efisiensi Enkapsulasi Flavonoid.....	33
3.7.3 Analisis Diameter.....	33
3.7.4 Analisis Organoleptik.....	34
3.7.5 Analisis Rendemen.....	34
3.7.6 Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	34

4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Pengaruh Perlakuan pH terhadap Kandungan Total Flavonoid.....	36
4.2 Pengaruh Perlakuan pH terhadap Efisiensi Enkapsulasi Flavonoid.....	37
4.3 Pengaruh Perlakuan pH terhadap Uji Diameter	39
4.4 Pengaruh Perlakuan pH terhadap Karakteristik Organoleptik Aroma	42
4.5 Pengaruh Perlakuan pH terhadap Karakteristik Organoleptik Warna	43
4.6 Pengaruh Perlakuan pH terhadap Rendemen.....	44
4.7 Pengaruh Perlakuan pH terhadap Struktur dan Morfologi	45
5. KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	57



DAFTAR TABEL

1. Komposisi Kimia <i>Sargassum</i> sp.....	7
2. Macam – macam Flavonoid	9
3. Sifat – sifat Dekstrin	21
4. Model Rancangan Percobaan pada Penelitian Utama	31
5. Rata-rata Kandungan Total Flavonoid Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> pada Berbagai Perlakuan pH.....	36
6. Rata-rata Efisiensi Enkapsulasi Flavonoid Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> pada Berbagai Perlakuan pH.....	38
7. Rata-rata Diameter Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> pada Berbagai Perlakuan pH	40
8. Rata-rata Nilai Organoleptik Aroma Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> pada Berbagai Perlakuan pH.....	42
9. Rata-rata Nilai Organoleptik Warna Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> pada Berbagai Perlakuan pH.....	44
10. Rata-rata Rendemen Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> pada Berbagai Perlakuan pH	45



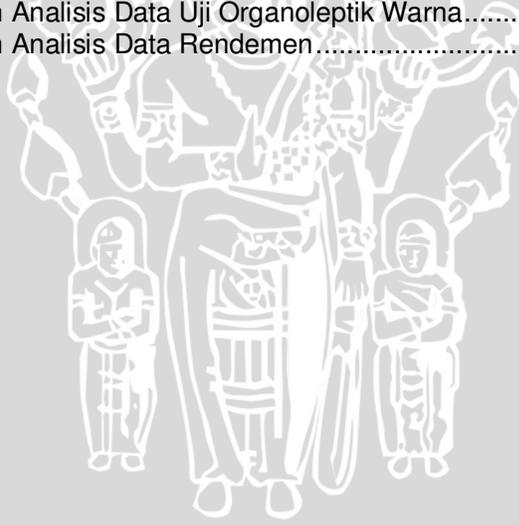
DAFTAR GAMBAR

1. <i>Sargassum cristaefolium</i>	6
2. Kerangka Flavonoid.....	10
3. Struktur dari Gum Arab.....	18
4. Struktur Kimia Dekstrin.....	20
5. Cara Kerja SEM.....	24
6. Foto Diameter Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> pada pH yang Berbeda.....	40
7a. Hasil SEM Bahan Penyalut Dekstrin.....	45
7b. Hasil SEM Bahan Penyalut Gum Arab.....	45
7c. Hasil SEM Mikrokapsul Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> tersalut Gum Arab dan Dekstrin.....	46
7d. Hasil SEM Mikrokapsul Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> yang diberi Perlakuan pH Asam.....	46
7e. Hasil SEM Mikrokapsul Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> yang diberi Perlakuan pH Netral.....	46
7f. Hasil SEM Mikrokapsul Ekstrak Daun Alga Coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> yang diberi Perlakuan pH Basa.....	46



DAFTAR LAMPIRAN

1.	Foto Persiapan Bahan Dalam Pembuatan Ekstrak Daun <i>Sargassum cristaefolium</i>	57
2.	Foto Prosedur Pembuatan Ekstrak Daun <i>Sargassum cristaefolium</i>	59
3.	Foto Prosedur Enkapsulasi Ekstrak Daun <i>Sargassum cristaefolium</i> dengan Menggunakan <i>Spray Dryer</i>	61
4.	Prosedur Pembuatan Larutan <i>Buffer</i> pH Asam dan Basa.....	62
5.	Prosedur Perlakuan pH pada Enkapsulasi Ekstrak Daun <i>Sargassum cristaefolium</i>	70
6.	Foto Proses Perlakuan pH Enkapsulasi Ekstrak Daun <i>Sargassum cristaefolium</i>	71
7.	Pengujian Total Flavonoid.....	73
8.	Prosedur Analisis Diameter.....	74
9.	Prosedur Pengujian Organoleptik Aroma	75
10.	Lembar Uji Organoleptik Aroma <i>Multiple Comparison</i>	76
11.	Prosedur Pengujian Organoleptik Warna	77
12.	Lembar Uji Organoleptik Warna <i>Multiple Comparison</i>	78
13.	Perhitungan dan Analisis Data Total Flavonoid	79
14.	Perhitungan dan Analisis Data Efisiensi Enkapsulasi Flavonoid.....	83
15.	Perhitungan dan Analisis Data Diameter	86
16.	Perhitungan dan Analisis Data Uji Organoleptik Aroma.....	88
17.	Perhitungan dan Analisis Data Uji Organoleptik Warna.....	90
18.	Perhitungan dan Analisis Data Rendemen.....	92



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Enkapsulasi adalah proses atau teknik untuk menyalut inti yang berupa suatu senyawa aktif baik itu padat, cair, gas ataupun sel dengan suatu bahan pelindung tertentu yang dapat mengurangi kerusakan senyawa aktif tersebut. Enkapsulasi dapat menghasilkan partikel dengan diameter beberapa nm sampai beberapa mm (Barbosa *et al.*, 2005). Penerapan enkapsulasi pada pengolahan rumput laut coklat dapat dilakukan dengan mengolah daun rumput laut coklat *Sargassum cristaefolium* menjadi ekstrak rumput laut terlebih dahulu sebelum dienkapsulasi menjadi serbuk. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* adalah dengan menggunakan metode *spray drying*. Menurut Mardaningsih *et al.* (2012), *spray dryer* merupakan salah satu teknik enkapsulasi dengan metode pengeringan untuk menghasilkan bubuk kering dari cairan atau bubur menggunakan udara panas dengan waktu yang singkat. Salah satu keuntungan metode *spray drying* adalah menghasilkan produk yang bermutu tinggi dan berkualitas dengan tingkat gizi yang rendah, selain itu perubahan warna, bau dan rasa dapat diperkecil.

Dalam proses enkapsulasi, hal yang perlu diperhatikan adalah jenis penyalut yang digunakan. Bahan yang dapat digunakan sebagai penyalut adalah golongan polisakarida seperti gum arab dan dekstrin. Menurut Hakim dan Chamidah (2013), gum arab dapat diaplikasikan sebagai *binding agent* bahan pangan maupun bahan obat, selain itu gum arab bersifat sebagai *emulsifier* sehingga bahan yang telah diproses dengan penambahan gum arab akan mudah dilarutkan dalam air maupun minyak. Dekstrin diketahui mempunyai sifat kelarutan yang tinggi, mempunyai sifat pelapis yang baik, dan harganya relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan bahan penyalut lainnya (Karinawatie *et al.*,

2008). Cara untuk mengetahui keberhasilan suatu enkapsulasi salah satunya dengan efisiensi enkapsulasi.

Menurut Wukirsari (2006), efisiensi enkapsulasi merupakan parameter yang menunjukkan berapa persen senyawa aktif awal yang berhasil tersalut dalam kapsul. Semakin banyak senyawa aktif yang terlindungi dalam kapsul nilai efisiensi enkapsulasinya semakin tinggi dan sebaliknya yakni akan semakin menurun nilai efisiensi enkapsulasi jika senyawa aktif yang terlindungi kapsul semakin sedikit. Evaluasi mikroenkapsulasi *in vitro* ini sering dilakukan diantaranya dengan menganalisa morfologi mikrokapsul, sifat mikromeritik, kandungan mikrokapsul, faktor perolehan kembali tebal dinding mikrokapsul dan profil disolusi dari mikrokapsul (Ismarani *et al.*, 2011).

Penelitian mengenai efisiensi enkapsulasi telah dilakukan oleh Sukmawati *et al.* (2015), yang meneliti tentang efisiensi enkapsulasi mikropartikel *dexamethasone* lepas lambat dengan matriks *ethyl cellulose* (EC). Silitonga dan Sitorus (2014), meneliti tentang efisiensi enkapsulasi pigmen antosianin dari kulit terong ungu. Aschida *et al.* (2014), meneliti tentang enkapsulasi dan uji stabilitas pigmen karotenoid dari buah tomat yang tersalut *carboxy methyl cellulose* (CMC). Hildayati (2011), meneliti tentang efisiensi mikroenkapsulasi dan uji disolusi ibuprofen secara *in vitro* dengan penyalut polipaduan poli (asam laktat) dan polikaprolakton.

Penelitian tentang pengaruh pH terhadap mikrokapsul telah dilakukan oleh Setijawati *et al.* (2011), yang meneliti tentang uji viabilitas dan struktur mikrokapsul *Lactobacillus acidophilus* dengan bahan penyalut karaginan semi murni jenis *Eucheuma cottoni* dengan perlakuan pH 2 dan pH 7. Namun belum banyak data tentang pengaruh pH (2, 4, 7, 9, 12) terhadap efisiensi enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* tersalut gum arab dan dekstrin.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pH terhadap efisiensi enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* tersalut gum arab dan dekstrin?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pH terhadap efisiensi enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* tersalut gum arab dan dekstrin.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang mendasari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- H0 : Diduga perlakuan pH yang berbeda tidak berpengaruh terhadap efisiensi enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* tersalut gum arab dan dekstrin.
- H1 : Diduga perlakuan pH yang berbeda dapat berpengaruh terhadap efisiensi enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* tersalut gum arab dan dekstrin.

1.5 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada masyarakat, lembaga dan institusi lain mengenai proses pembuatan enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* menggunakan *spray dryer* dan mengetahui pengaruh perlakuan pH terhadap efisiensi enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium*. Selain itu juga untuk menambah nilai guna enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* bagi masyarakat.

1.6 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2015 sampai Agustus 2015 bertempat di Laboratorium Keamanan Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang, Laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya Malang, Laboratorium Sentral Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang, Laboratorium Kimia Fakultas Saintek Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Di perairan Indonesia terdapat sekitar kurang lebih 28 spesies rumput laut coklat yang berasal dari enam genus diantaranya yaitu *Dyctyota*, *Padine*, *Hormophysta*, *Sargassum*, *Turbinaria* dan *Hydroclathrus*. Spesies rumput laut tersebut memiliki beberapa spesies lagi dan telah diidentifikasi antara lain *Sargassum* sp. sebanyak 14 spesies, *Turbinaria* sebanyak 4 spesies, *Hormophysa* baru teridentifikasi 1 spesies, *Padina* 4 spesies, *Dyctyota* 5 spesies dan *Hydroclathrus* 1 spesies. Jenis-jenis rumput laut tersebut tersebar pada beberapa daerah di Indonesia (Maharani dan Widyayanti, 2013).

Alga coklat *Sargassum cristaefolium* merupakan salah satu marga *Sargassum* termasuk dalam kelas *Phaeophyceae*. Ada 150 jenis Marga *Sargassum* yang dijumpai di daerah perairan tropis, subtropis dan daerah bermusim dingin. Habitat alga *Sargassum* tumbuh diperairan pada kedalaman 0,5-10 m, ada arus dan ombak. Spesifikasi khusus dari *Sargassum cristaefolium* C. Agardh yaitu mempunyai thalli bulat pada batang utama dan agak gepeng pada percabangan, permukaan halus atau licin. Percabangan dichotomous dengan daun bulat lonjong, pinggir bergerigi, tebal dan duplikasi (double edged). Vesicle melekat pada batang daun, bulat telur atau elip, bentuk bladder bulat lonjong (Fahri, 2010). Warna thallus rumput laut cokelat berasal dari campuran pigmen golongan klorofil dan pigmen golongan karotenoid. Variasi warna thallus setiap spesies rumput laut cokelat sangat dipengaruhi oleh komposisi serta kandungan pigmen penyusunnya (Limantara dan Heriyanto, 2010). Gambar *Sargassum cristaefolium* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Sargassum cristaefolium*

Sumber: Dokumentasi Peneliti

Klasifikasi *Sargassum cristaefolium* menurut Anggadiredja *et al.* (2006), adalah:

Domain: Eukaryota
Kingdom: Chromista
Subkingdom: Chromobiota
Infrakingdom: Heterokonta
Phylum: Ochrophyta
Subphylum: Phaeista
Infraphylum: Chrysisia
Superclass: Phaeophyceae
Ordo: Fucales
Family: Sargassaceae
Genus: Sargassum
Scientific name: *Sargassum cristaefolium*

Komponen utama dari alga coklat menurut Putri (2011), adalah karbohidrat, sedangkan komponen lainnya yaitu protein, lemak, abu dan air. Komposisi kimia rumput laut sangat dipengaruhi oleh jenis spesies, habitat, tingkat kematangan, dan kondisi lingkungan sekitarnya. Selain itu, komposisi rumput laut juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti temperatur, salinitas, cahaya, dan nutrisi. Komposisi kimia dari *Sargassum* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia *Sargassum sp.*

Komposisi Kimia	Persentase (%)
Karbohidrat	19,06
Protein	5,53
Lemak	0,74
Air	11,71
Abu	34,57
Serat Kasar	28,39

Sumber : Putri (2011).

Sargassum sp. merupakan salah satu jenis rumput laut coklat yang potensial untuk dikembangkan. *Sargassum sp.* telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam bidang industri makanan, farmasi, kosmetika, pakan, pupuk, tekstil, kertas dan lain-lain. Hasil ekstraksi *Sargassum sp.* berupa alginat banyak digunakan industri makanan bukan sebagai penambah nilai gizi, tetapi menghasilkan dan memperkuat tekstur atau stabilitas dari produk olahan, seperti es krim, sari buah, pastel isi, dan kue-kue (Yunizal, 2004).

Pemanfaatan *Sargassum* dalam pembuatan pakan ternak dilaporkan dapat membuat tekstur daging lebih baik dibandingkan dengan pakan yang tidak menggunakan *Sargassum sp.* juga mengandung auxin, giberelin serta sitokinin yang berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman spesies lain (Kusumaningrum *et al.*, 2007). Putri (2011), mengungkapkan bahwa produk diversifikasi dari rumput laut coklat juga bisa digunakan sebagai obat luar yaitu sebagai obat antiseptik serta pemeliharaan kulit. Selain itu air rebusan dari *Sargassum sp.* dapat digunakan untuk penyakit gondongan, penyakit urinari, dan dapat juga mengatasi kegemukan.

2.2 Senyawa Bioaktif Alga Coklat Laut

Metabolit primer digunakan untuk pertumbuhan dan kehidupan organisme serta dibentuk dalam jumlah terbatas (Nofiani, 2008). Metabolit primer dari *Sargassum* adalah senyawa polisakarida hidrokoloid berupa alginat. Menurut

Yulianto (2010), alginat adalah hasil olahan rumput laut yang dapat berfungsi sebagai pembentuk gel, pengental, penstabil dan pengemulsi. Alginat digunakan pada beberapa industri seperti industri pangan, tekstil dan farmasi. Menurut Truus *et al.* (2001), alginat terdapat dalam dinding sel *Sargassum* berupa kristal-kristal yang tersusun secara paralel pada benang-benang halus selulosa dan dalam cairan sel.

Metabolit sekunder merupakan senyawa yang dihasilkan oleh organisme sebagai proteksi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim atau dari ancaman predator. Metabolit sekunder tidak digunakan untuk pertumbuhan dan dibentuk dari metabolit primer pada kondisi stress (Bhat *et al.*, 2009). Metabolit sekunder biasanya dalam bentuk senyawa bioaktif (Putranti, 2013).

Pada umumnya, rumput laut mengandung senyawa fenol dan turunannya sebagai salah satu cara proteksi terhadap lingkungan yang ekstrim (Meenakshi *et al.*, 2009). Senyawa fenol merupakan salah satu sumber antioksidan non-gizi (Winarsi, 2007). Rumput laut coklat (*Sargassum* sp.) mempunyai aktivitas antioksidan, karena mampu menghambat peroksidasi lemak dan aktivitas radikal bebas (Firdaus *et al.*, 2009). *S. myriocystum* dan *T. ornata* dari pantai selatan Tamil Nadu, India mengandung senyawa steroid, alkaloid, fenol, flavonoid, saponin dan tanin (Jeyabalan dan Marimuthu, 2012).

Hasil penelitian para ahli, senyawa bioaktif yang terdapat pada *Sargassum cristaefolium* seperti folifenol, tanin, katekin, epikatekin merupakan bioaktif terbesar didalam teh, pernyataan ini sejalan dengan hasil penelitian Kadi (2005), melaporkan bahwa alga coklat *Sargassum* sp. mudah diperoleh di perairan Indonesia, kandungan kimia utamanya sebagai sumber alginat dan mengandung protein, vitamin C, polifenol, tanin, katekin, epikatekin, iodium, fenol sebagai obat gondok, antibakteri, antikanker dan antitumor. Menurut penelitian

Risjani dan Kenty (2009), senyawa pada ekstrak *Sargassum cristaeifolium* adalah golongan flavonoid.

2.3 Senyawa Flavonoid Pada *Sargassum* sp.

Flavonoid merupakan golongan fenol terbesar yang sering ditemukan di berbagai macam tumbuhan, baik dalam bentuk glikosida atau gugus gula bersenyawa pada satu atau lebih kelompok hidroksil fenolik. Flavonoid ini merupakan metabolit sekunder yang disintesis dari asam piruvat melalui metabolisme asam amino. Flavonoid adalah senyawa fenol, sehingga warnanya berubah bila ditambahkan basa atau amoniak. Terdapat sekitar 10 jenis flavonoid yaitu antosianin, proantosianidin, flavanol, flavon, glikoflavon, biflavonil, khalkon, auron, flavanon, dan isoflavon (Putranti, 2013).

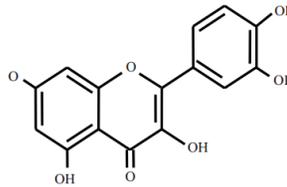
Mahmood *et al.* (2010), menyatakan bahwa flavonoid terdiri dari enam kelas yaitu isoflavon, antosianidin, flavan – 3 – ols, flavanon, flavon dan flavanol. Adapun macam – macam dari flavonoid dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Macam – Macam Flavonoid

FLAVONOID	CONTOH
Flavanol	EGCG, EG, ECG dan Katekin
Flanonol	Kaemferol dan Kuersetin
Antosianidin	Malvidin, Sianidin dan Delphinidin
Flavon	Apigenin dan Rutin
Flavanon	Mirisetin
Isoflavonoid	Genistein dan Biochanin A

Sumber : Mahmood *et al.*, (2010).

Menurut Sjahid (2008), senyawa flavonoid mempunyai struktur $C_6 - C_3 - C_6$. Tiap bagian C_6 merupakan cincin benzen yang terdistribusi dan dihubungkan oleh atom C_3 yang merupakan rantai alifatik. Pada tumbuhan flavonoid terikat pada gula sebagai glikosida dan aglikon flavonoid yang mungkin terdapat dalam satu tumbuhan dalam bentuk kombinasi glikosida. Kerangka $C_6 - C_3 - C_6$ flavonoid dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka C₆ – C₃ – C₆ Flavonoid
(Sumber : Redha, 2010)

Flavonoid merupakan golongan terbesar senyawa fenol alam. Flavonoid merupakan senyawa polar karena mempunyai sejumlah gugus hidroksil yang tak tersulih atau suatu gula, sehingga akan larut dalam pelarut polar seperti etanol, metanol, butanol, aseton, dimetilsulfoksida, dimetilformamida, dan air. Adanya gula yang terikat pada flavonoid cenderung menyebabkan flavonoid lebih mudah larut dalam air dan dengan demikian campuran pelarut di atas dengan air merupakan pelarut yang lebih baik untuk glikosida. Sebaliknya, aglikon yang kurang polar seperti isoflavon, flavanon, dan flavon serta flavonol yang termetoksilasi cenderung lebih mudah larut dalam pelarut seperti eter dan kloroform. Analisa flavonoid lebih baik dengan memeriksa aglikon yang terdapat dalam ekstrak tumbuhan yang telah dihidrolisis sebelum memperhatikan kerumitan glikosida yang ada dalam ekstrak asal (Harbone, 1987).

Flavonoid merupakan komponen fenol, yaitu bioaktif yang akan mengubah reaksi tubuh terhadap senyawa lain, seperti *allergen*, virus dan zat karsinogenik. Oleh sebab itu flavonoid mempunyai kemampuan sebagai antialergi, antiperadangan, antivirus, antioksidan, memperlambat penuaan, menurunkan kandungan kolesterol darah dan antikarsinogenik (Wirakusumah, 2007). Ridho (2013), menambahkan flavonoid merupakan senyawa pereduksi yang dapat menghambat reaksi oksidasi. Flavonoid mempunyai kemampuan sebagai antioksidan karena mampu mentransfer sebuah elektron kepada

senyawa radikal bebas, dimana $R\cdot$ merupakan senyawa radikal bebas, $FI - OH$ merupakan senyawa flavonoid sedangkan $FI - OH\cdot$ merupakan radikal flavonoid.

Senyawa flavonoid diduga sangat bermanfaat dalam makanan karena berupa senyawa fenolik yaitu senyawa yang bersifat antioksidan kuat. Antioksidan yang berasal dari tumbuhan yang mengandung flavonoid sangat baik untuk mencegah kanker, melindungi struktur sel, meningkatkan efektivitas vitamin C, mencegah tulang keropos, antiinflamasi dan sebagai antibiotik. Banyak kondisi penyakit yang diketahui bertambah parah oleh adanya radikal bebas seperti superoksida dan hidrosil, dan flavonoid memiliki kemampuan untuk menghilangkan spesies-spesies pengoksidasi (Midian, 2007).

2.4 Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah suatu proses enkapsulan tipis suatu inti berupa padatan, cairan atau gas dengan suatu polimer sebagai dinding pembentuk mikrokapsul. Enkapsulan pada suatu padatan, cairan, gas dengan bahan lain untuk membentuk partikel disebut enkapsulasi. Istilah kapsul sering digunakan ketika zat terenkapsulasi (inti, agen aktif, bahan yang di isi, fase internal atau nukleus) dikelilingi oleh material membran (enkapsulan, pembawa, enkapsulan, membran, cangkang atau dinding) sedangkan istilah *sphere* digunakan ketika inti terdepresi atau terlarut dalam pembawa (Senatore, 2008).

Enkapsulasi adalah proses atau teknik untuk menyalut inti yang berupa suatu senyawa aktif baik itu padat, cair, gas ataupun sel dengan suatu bahan pelindung tertentu yang dapat mengurangi kerusakan senyawa aktif tersebut. Enkapsulasi dapat menghasilkan partikel dengan diameter beberapa nm sampai beberapa mm (Barbosa *et al.*, 2005).

Berdasarkan ukuran partikelnya produk enkapsulasi dapat dibagi menjadi makrokapsul (ukuran partikel $>5000 \mu m$), mikroenkapsulasi (ukuran partikel 1,0-

5000 μm). Produk enkapsulasi bisa berbentuk bola, persegi panjang atau tak beraturan. Dua jenis struktur utamanya adalah satu inti (*single core*) dan banyak inti (*multiple core*) pada bagian dindingnya (Jafari *et al.*, 2008).

Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan pembuatan mikrokapsul antara lain sifat fisiko kimia bahan inti atau zat aktif, bahan penyalut, proses pembuatan mikrokapsul (tunggal atau bertingkat), sifat dan struktur dinding mikrokapsul, serta kondisi pembuatan (basah atau kering). Pembuatan mikrokapsul memiliki beberapa tujuan, yaitu melindungi bahan inti dari pengaruh lingkungan, mengatur pelepasan bahan inti, memperbaiki stabilitas bahan inti, dan mengubah bentuk cairan bahan inti menjadi padatan (Istiyani, 2008).

Menurut Senatore (2008), metode enkapsulasi cukup beragam. Berdasarkan sifatnya, tipe pembuatan enkapsulasi dibagi dalam dua proses yaitu proses kimia dan mekanik. Proses kimia terdiri dari kompleks koaservasi, polimer-polimer tidak tercampur, polimerisasi antar permukaan, polimerisasi *in-situ* dan penguapan pelarut. Sedangkan proses mekanik terdiri dari semprot kering, semprot beku, enkapsulan dalam panci, ekstruksi sentrifugal dan suspensi kering.

Terdapat beberapa teknik yang digunakan untuk proses enkapsulasi, antara lain dengan menggunakan proses fisik, kimia atau kombinasi teknik fisik dan kimia. Pertimbangan dalam pemilihan teknik yang akan digunakan adalah sensitivitas bahan inti, sifat fisiko-kimia bahan inti dan pelapis, ukuran kapsul yang diinginkan, target produk untuk aplikasinya, mekanisme pelepasan bahan inti dan biaya. Teknik yang digunakan untuk enkapsulasi menurut Jafari *et al.* (2008), dapat dikelompokkan sebagai berikut: a) Metode fisika, yang meliputi *spray drying*, *spray cooling and chilling*, *fluidized bed coating*, *freeze drying* dan *co-crystalization*. b) Metode kimia, yang meliputi *molekuler inclusion* dan

interfacial polymerization. c) Metode *physicochemical* antara lain *coacervation*, *organic phase* dan *liposome entrapment*.

Menurut Barbosa *et al.* (2005), keuntungan dari teknik enkapsulasi dalam bahan makanan antara lain: 1) Pengendalian pelepasan bahan terenkapsulasi (misalnya, pelepasan flavor yang bertahap selama di *microwave*), 2) Peningkatan stabilitas suhu, kelembaban, oksidasi dan cahaya (misalnya perlindungan aspartam selama pembakaran, mencegah oksidasi beta-karoten, perlindungan selama pembekuan dan *thawing*, dan peningkatan umur simpan), 3) Menutupi flavor yang tidak diinginkan (misalnya, menutupi rasa kalium klorida untuk suplemen gizi), 4) Mengurangi interaksi negatif dengan senyawa lain (misalnya mikroenkapsulasi seperti *Acidulants* sebagai asam sitrat, asam laktat dan asam askorbat untuk mempertahankan warna, tekstur, nutrisi konten, dan rasa makanan serta enkapsulasi kolin klorida untuk menghambat interaksi dengan vitamin dalam daya tahan tubuh) dan 5) Mendorong penanganan lebih mudah dari inti atau bahan interior dengan mencegah lumping, meningkatkan *flowability*, kompresi, dan sifat pencampuran, mengurangi *dustiness* inti partikel dan memodifikasi kerapatan partikel.

Salah satu dari metode enkapsulasi adalah pengeringan semprot (*spray drying*) yaitu enkapsulasi yang berjalan secara kontinyu menggunakan suhu tinggi yang diatur sesuai kebutuhan bahan yang dikapsulkan. *Spray drying* adalah metode mikroenkapsulasi yang umum digunakan di industri pangan, bersifat ekonomis dan fleksibel (Usmiati *et al.*, 2015). *Spray drying* adalah metode pengeringan untuk menghasilkan bubuk kering dari cairan dengan udara panas dengan waktu yang singkat. Cara ini banyak digunakan untuk mengeringkan bahan makanan dan obat-obatan yang sensitif terhadap panas (Mardaningsih *et al.*, 2012).

Prinsip dari proses *spray drying* yaitu perubahan zat cair menjadi zat padat dengan suhu tinggi hanya dengan waktu yang singkat. Pengeringan semprot atau *spray drying* terdiri dari 4 tahap yakni : atomisasi bahan untuk membentuk semprotan sehalus mungkin, kontak antara partikel hasil atomisasi dengan udara pengering, penguapan air dari bahan, serta pemisahan bubuk kering dengan aliran udara yang membawanya (Kumalasari, 2001).

Menurut Patel *et al.* (2009), pengeringan menggunakan *spray dryer* memiliki beberapa keunggulan, antara lain : 1) Kapasitas pengeringan besar dan proses pengeringan terjadi dalam waktu yang sangat cepat, kapasitas pengeringan mencapai 100 ton/jam, 2) Tidak terjadi kehilangan senyawa volatil dalam jumlah besar (aroma), 3) Cocok untuk produk yang tidak tahan panas atau suhu tinggi (misalnya produk tinggi protein), 4) Memproduksi partikel kering dengan ukuran, bentuk, dan kandungan air serta sifat-sifat lain yang dapat dikontrol sesuai dengan yang diinginkan, 5) Mempunyai kapasitas produksi yang besar dan merupakan sistem kontinu yang dapat dikontrol secara manual maupun otomatis.

Bahan enkapsulan adalah bahan yang digunakan untuk menyalut inti dengan tujuan tertentu. Bahan enkapsulan harus mampu memberikan suatu lapisan tipis yang kohesif dengan bahan inti dan mempunyai sifat yang sesuai dengan tujuan enkapsulan. Bahan enkapsulan yang digunakan dapat berupa polimer alam, semi sintesis maupun sintesis (Shu, 2006).

Bahan pelapis untuk enkapsulasi adalah bahan polimer yang alami ataupun sintesis, tergantung pada bahan yang akan dilapisi dan karakteristik yang diinginkan dari hasil mikrokapsulnya. Komposisi pelapis adalah penentu utama sifat fungsional mikrokapsul dan metode yang akan digunakan untuk meningkatkan kinerja bahan tertentu. Bahan pelapis yang efektif harus memiliki sifat reologi yang baik pada konsentrasi tinggi dan mudah direkayasa selama

proses enkapsulasi. Jadi bahannya harus diseleksi terlebih dahulu agar emulsi dan dispersinya stabil dengan bahan aktif dan tidak bereaksi ataupun mendegradasi bahan aktif selama pengolahan dan penyimpanan. Selain itu, harus ditentukan sifat kelarutan kapsul dan pelepasan bahan aktifnya (Barbosa *et al.*, 2005).

Bahan penyalut adalah bahan yang digunakan untuk melapisi zat inti. Bahan penyalut harus memiliki kemampuan untuk memberikan suatu lapisan tipis yang kohesif dengan bahan inti, tidak bereaksi dengan bahan inti (bersifat inert), dan dapat bercampur secara kimia. Pada umumnya jumlah penyalut yang digunakan yaitu sekitar 3-30% dengan ketebalan dinding penyalut 0,1-60 mikrometer (μm). Bahan penyalut yang digunakan pada umumnya seperti polimer alami, semi sintetik, dan sintetik (istiyani, 2008).

2.5 Bahan Penyalut

2.5.1 Gum Arab

Gum akasia atau yang lebih dikenal dengan nama gum arab merupakan eksudat nabati alami dari pohon akasia yang dikenal sejak jaman dahulu dan digunakan selama ribuan tahun dalam makanan sebagai bahan aditif dan bahan dalam industri farmasi serta untuk keperluan teknis. Ada berbagai jenis pohon akasia sekitar 700 species tersebar di seluruh dunia termasuk di Afrika, Australia, India dan Amerika Selatan (Imeson, 2010). Gum arab adalah produk alami hidrofilik dari campuran kompleks karbohidrat dan komponen protein hidrofobik. Komponen protein hidrofobik berfungsi sebagai pengemulsi adsorpsi minyak ke permukaan dari komponen karbohidrat sedangkan tetapan hidrofilik menghambat flokulasi komponen dan pengumpulan molekul melalui elektrostatis dan sterik dalam aditif makanan (Lelon *et al.*, 2010)

Gum arab merupakan bahan pengental emulsi yang efektif karena kemampuannya melindungi koloid dan sering digunakan dalam industri pangan. Jenis pengental ini juga tahan panas pada proses yang menggunakan panas. Gum arab memiliki keunikan karena kelarutannya yang tinggi dan viskositasnya rendah. Selain kelarutannya yang tinggi, karakteristik utama gum arab adalah bersifat pembentuk tekstur, pembentuk film, pengikat dan juga pengemulsi yang baik dengan adanya komponen protein di dalam gum arab (Hui, 1992)

Gum arab mempunyai sifat mudah larut dalam air tetapi kemampuan meningkatkan viskositasnya rendah. Gum arab mempunyai sifat sedikit asam (pH 4,5 - 5,5) dan membentuk larutan yang stabil pada kondisi pH 5,0 - 7,0 (Nugroho *et al.*, 2006). Gum akasia dapat larut sampai konsentrasi 55%. Pada konsentrasi tersebut terbentuk gel yang kental dan kuat. Gum akasia tidak larut dalam minyak dan pelarut organik, tetapi larut dalam etanol 60%. Gum akasia sangat efektif sebagai *emulsifying agent* karena dapat melindungi fungsi koloid dan digunakan pada emulsi minyak dalam air. Sebagai zat pembentuk film dapat mencegah terjadinya koalesen globula minyak. Gum akasia juga cocok digunakan untuk mengenkapsulasi flavor dengan menggunakan proses *spray dryer* (Nurhasanah *et al.*, 2011)

Gum arab tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak mempengaruhi bau, warna, dan rasa pada bahan yang ditambahkan. Gum arab memiliki kemampuan untuk membuat sebuah film yang kuat sebagai pelindung di sekitar tetesan minyak. Kemampuan ini dihasilkan dari struktur arabinogalactan-protein yang sangat bercabang yang mengandung protein dan gugus polisakarida. Polipeptida hidrofobik jangkar polisakarida ke permukaan tetesan minyak dan rantai karbohidrat hidrofilik mencegah agregasi dengan membentuk lapisan bermuatan tebal. Sifat ini cukup unik dan sangat sedikit sistem

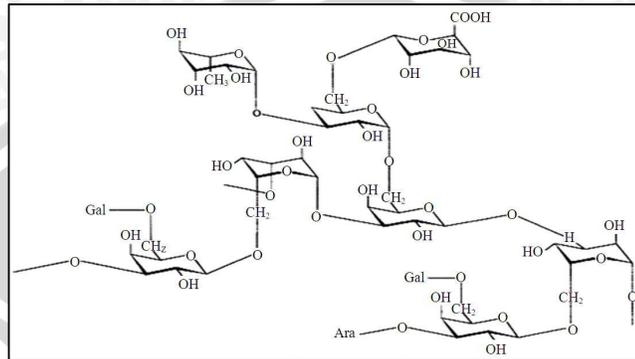
polisakarida-protein yang memiliki mekanisme stabilisasi sebanding dengan gum arab (Wandrey, 2010).

Gum arab merupakan senyawa kompleks hetero polisakarida yang terdiri dari L-arabinosa, L-rhamnosa, D-galaktosa dan D-asam glukuronat serta mengandung ion kalsium, magnesium dan kalium. Struktur utama molekulnya adalah unit 1,3 galaktopiranososa dengan rantai cabang 1,6 galaktopiranososa sebagai pangkal bagi asam glukuronat atau 4-O metil glukuronat (Krishnan *et al.*, 2005). Gum arab merupakan campuran yang kompleks dari variabel oligosakarida arabinogalactan, polisakarida dan glikoprotein. Komponen glycan mengandung proporsi yang lebih besar dari L-arabinosa relatif terhadap D-galaktosa (*Acacia seyal*) atau D-galaktosa relatif terhadap L-arabinosa (*Acacia senegal*, hal tersebut tergantung pada asalnya. Gum arab dari *Acacia seyal* secara signifikan mengandung lebih 4-O-metil-D-glukuronat asam tetapi kurang mengandung L-rhamnose dan asam D-glukuronat tersubstitusi daripada gum arab yang berasal dari *Acacia Senegal* (Embuscado, 2014).

Gum arab merupakan polisakarida netral atau sedikit asam, biasanya terdapat dalam bentuk garam Ca, Mg dan K. Gum arab juga merupakan senyawa yang tidak dapat dicerna dan dapat digolongkan berdasarkan kelarutannya menjadi dua golongan besar yaitu gum yang larut air (hidrofilik) dan gum yang tidak larut air (hidrofobik). Gum yang hidrofilik dapat dilarutkan atau didispersikan dalam air panas atau air dingin untuk meningkatkan viskositas larutan (Bertolini *et al.*, 2001).

Komposisi kimia gum arab dapat bervariasi dengan sumber, usia pohon darimana itu diperoleh, kondisi iklim lingkungan dan tanah. Gum arab adalah rantai bercabang, polisakarida kompleks baik netral atau sedikit asam, ditemukan sebagai campuran kalsium, magnesium dan garam kalium dari asam *polysaccharidic* (arab asam). Asam amino utama hadir dalam protein dari

ArabinoGalactan (AG) dan *Arabinogalactan - Protein Complex* (AGP) yaitu hidroksiprolin, serin dan prolin, sedangkan GlycoProtein(GP), asam aspartat adalah yang paling melimpah (Dauqan dan Abdullah 2013). Struktur gum arab dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur dari Gum Arab
(Sumber : Dauqan dan Abdullah, 2013)

Kegunaan gum arab dalam industri pangan antara lain sebagai *emulsifier* dan *stabilizer* dalam produk-produk hasil pemanggangan. Selain itu, gum arab ini juga dapat menghambat proses kristalisasi gula dan pemisahan lemak pada produk-produk *confectionery* dan es krim. Gum arab juga digunakan sebagai pengikat flavor pada produksi konsentrat aroma dalam bentuk kapsul ataupun bubuk. Sebagai contoh, minyak esensial diemulsifikasi dengan larutan gum arab lalu dikeringkan dengan *spray dryer*. Polisakarida (gum arab) akan membentuk film yang mengelilingi tetes minyak, yang akan melindungi minyak dari oksidasi (Belitz dan Grosch, 1999).

Aplikasi gum arab menurut Verbeek (2012), yaitu sifat kelarutan dan viskositas yang rendah telah mendukung penggunaan gum arab sebagai *encapsulating agent* untuk memberikan perlindungan terhadap bahan kimia yang reaktif dan pada bumbu penyedap makanan yang *volatile*. Gum arab digunakan terutama untuk mikroenkapsulasi lemak karena menghasilkan emulsi yang stabil dalam kasus kebanyakan minyak pada kisaran pH yang luas dan memiliki

kemampuan untuk membentuk film. Menurut Tranggono *et al.* (1989), dalam industri pangan, gum arabika digunakan sebagai penstabil busa dalam minuman berkarbonasi, pengikat aroma dan juga sebagai penstabil dan pengemulsi dalam pembuatan es krim.

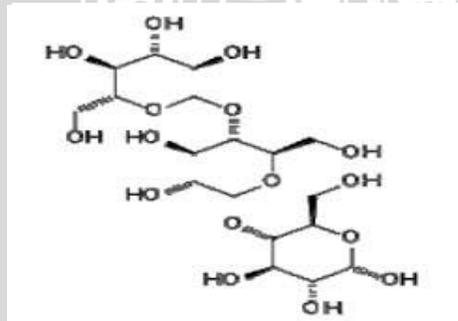
Aplikasi gum arab juga ditambahkan oleh Dauqan dan Abdullah (2013), pada makanan terutama digunakan dalam industri permen, dimana gum arab ini dapat ditambahkan dalam berbagai produk. Penambahan gum arab pada permen rendah kalori digunakan untuk mengkompensasi hilangnya tekstur di mulut dan tubuh, akibat penggantian gula dengan pemanis buatan. Hal ini juga digunakan dalam permen karet sebagai agen pelapis dan sebagai penstabil pigmen. Gum arab juga digunakan dalam permen dan karamel sebagai emulsifier, untuk mempertahankan distribusi lemak diseluruh produk. Penambahan gum arab pada produk jelly digunakan untuk mempertahankan tekstur serat buah. Gum arab secara luas digunakan sebagai *emulsifier* dalam pembuatan minuman ringan. Penambahan gum arab pada mikroenkapsulasi, cair, padat atau gas zat yang dilapisi dengan lapisan pelindung dapat mencegah kerusakan kimia dan hilangnya senyawa volatil. Hal ini adalah teknik yang berguna untuk mengkonversi rasa makanan cair menjadi bubuk sehingga dapat digunakan dalam produk makanan kering. Gum arab adalah agen efektif enkapsulasi karena kelarutan dalam air yang tinggi, viskositas rendah dan emulsifikasi dan digunakan dalam sup dan campuran makanan penutup. Gum arab juga digunakan untuk mencegah gelasi dalam saus makanan kaleng karena menghambat ekstraksi protein dari daging ke dalam saus.

2.5.2 Dekstrin

Dekstrin adalah produk hasil hidrolisa tidak sempurna dari pati dengan katalis enzim. Dekstrin adalah glukosa yang terdiri dari polimer sakarida dengan

ikatan α -1,4 D-*glucose*, memiliki rumus yang sama dengan pati tetapi lebih kecil dan sedikit kompleks. Polisakarida ini diproduksi dengan hidrolisa pati, yang dapat dicapai dengan bantuan enzim. Berdasarkan cara pembuatannya, dekstrin dikelompokkan menjadi dekstrin putih, dekstrin kuning, *British Gum*, dan dekstrin *Schardinger* atau siklodekstrin. Dekstrin dapat diproduksi dengan tiga macam proses pembuatan, yaitu proses pembuatan secara enzimatis, proses pembuatan secara basah dan proses pembuatan secara kering (Pudiastuti dan Pratiwi, 2013).

Dekstrin merupakan polisakarida yang dihasilkan dari hidrolisis pati yang diatur oleh enzim-enzim tertentu atau hidrolisis oleh asam, berwarna putih sampai kuning. Pada pembuatan dekstrin, rantai panjang pati mengalami pemutusan oleh enzim atau asam menjadi dekstrin dengan molekul yang lebih pendek, yaitu 6-10 unit glukosa, dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$. Berkurangnya panjang rantai menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari pati yang tidak larut dalam air menjadi dekstrin yang mudah larut dalam air, memiliki kekentalan lebih rendah dibandingkan pati (Reynold, 1982). Struktur kimia dari dekstrin dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Kimia Dekstrin
(Sumber : Arief, 1987)

Menurut Arief (1987), mengemukakan bahwa struktur molekul dekstrin berbentuk spiral, sehingga molekul-molekul *flavor* yang terperangkap di dalam struktur spiral helix. Dengan demikian penambahan dekstrin dapat menekan

kehilangan komponen *volatile* selama proses pengolahan. Dekstrin mempunyai viskositas yang relatif rendah, sehingga pemakaian dalam jumlah banyak masih diijinkan. Hal ini justru akan menguntungkan jika pemakaian dekstrin ditujukan sebagai bahan pengisi (*filler*) karena dapat meningkatkan berat produk yang dihasilkan (Wiyono, 2007). Dekstrin dapat digunakan pada proses enkapsulasi, untuk melindungi senyawa *volatile*, melindungi senyawa yang peka terhadap oksidasi atau panas, karena molekul dari dekstrin stabil terhadap panas dan oksidasi. Dekstrin dapat melindungi stabilitas *flavor* selama pengeringan dengan menggunakan *spray dryer* (Suparti, 2000).

Sarifudin (2014), dekstrin larut dalam air dingin dan bisa larut bila direaksikan dengan alkohol atau CaBaOH akan menghasilkan endapan dekstrin yang bentuknya tidak beraturan. Sebagai padatan, dekstrin tersedia dalam bentuk tepung, tidak larut dalam alkohol dan pelarut - pelarut netral lain. Dekstrin juga dapat membentuk larutan kental yang mempunyai sifat adesif kuat. Secara umum, sifat dekstrin dari warna dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat - Sifat Dekstrin

Jenis Dekstrin	Kadar Air (%)	Warna	Kelarutan	Gula Pereduksi (%)	Derajat Percabangan (%)
Dekstrin Putih	2-5	Putih - Coklat	60 – 95	10 – 12	2 – 3
Dekstrin Kuning	<2	Putih – Krem	Min – 100	1 – 4	Banyak
British Gum	<2	Coklat	Min – 100	sedikit	20 - 25

Sumber : Sarifudin, 2014.

Manchun *et al.* (2014), menyatakan bahwa nanopartikel dekstrin yang dibuat di air dalam *hexanenanoemulsiontemplate* menggunakan emulsi teknik silang dengan gliksal untuk mempercepat. *Hydroxylgroups* molekul dekstrin bereaksi dengan gliksal untuk menciptakan struktur tiga dimensi dalam bentuk

nanopartikel. Kelompok karbonil yang dapat bereaksi dengan *hydroxylgroup* dengan penambahan nukleofilik membentuk senyawa hemiasetal.

Dekstrin merupakan bahan yang aman untuk digunakan, tidak beracun, dan tidak berbahaya untuk dikonsumsi manusia. Dekstrin digunakan untuk *thickener* dan memperbaiki penampakan produk sehingga sering dipakai untuk campuran serbuk minuman, pembuatan gula – gula dan macam – macam kue (Kumalasari, 2001). Dekstrin memiliki aplikasi yang luas dalam industri pangan. Dekstrin dapat membentuk lapisan (film), memiliki sifat *adesive* dan dapat digunakan sebagai penyalaput kacang panggang dan permen. Dekstrin juga dapat digunakan sebagai zat pengisi, pembawa flavor, untuk substitusi lemak dan gelatin (Ningsih *et al.*, 2010).

2.6 Efisiensi Enkapsulasi

Efisiensi enkapsulasi merupakan parameter yang menunjukkan berapa persen senyawa aktif awal yang berhasil tersalut dalam kapsul. Semakin banyak senyawa aktif yang terlindungi dalam kapsul nilai efisiensi enkapsulasinya semakin tinggi dan sebaliknya yakni akan semakin menurun nilai efisiensi enkapsulasi jika senyawa aktif yang terlindungi kapsul semakin sedikit (Wukirsari, 2006). Evaluasi mikroenkapsulasi *in vitro* ini sering dilakukan diantaranya dengan menganalisa morfologi mikrokapsul, sifat mikromeritik, kandungan mikrokapsul, faktor perolehan kembali tebal dinding mikrokapsul dan profil disolusi dari mikrokapsul (Ismarani *et al.*, 2011).

Efisiensi yang optimal dapat dihasilkan dari matriks protein dan karbohidrat sebagai dinding mikrokapsul. Dinding mikrokapsul yang terdiri dari dua bahan enkapsulan mampu memberikan perlindungan yang baik terhadap mikrokapsul. Penggunaan dua bahan enkapsulan menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan satu enkapsulan sebagai bahan pengisi

sebab kemampuan enkapsulan untuk berinteraksi membentuk granula yang dapat menyalut komponen yang dienkapsulasi lebih baik. Efisiensi nanoenkapsulasi dihitung berdasarkan perbandingan jumlah fraksi yang berada di dalam nanokapsul dengan fraksi yang digunakan dalam proses. Efisiensi yang tinggi menunjukkan tingginya jumlah fraksi yang terkapsulkan (Naufalin, 2012).

Besarnya efisiensi enkapsulasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Efisiensi mikrokapsul berbeda pada penggunaan berat molekul polimer berbeda, semakin tinggi berat molekul polimer maka efisiensi akan semakin tinggi. Selain itu jenis dan konsentrasi emulsifier juga mempengaruhi efisiensi mikrokapsul. Pada proses mikroenkapsulasi dengan emulsifikasi penguapan pelarut laju penguapan pelarut akan mempengaruhi karakteristik dari mikrokapsul yang dihasilkan. Jika pelarut menguap dengan cepat maka dapat menyebabkan permukaan mikrokapsul berongga, sehingga bisa menyebabkan enkapsulasi kurang sempurna (Hildayati, 2011).

Efisiensi enkapsulasi merupakan salah satu cara untuk menentukan keberhasilan proses enkapsulasi. Salah satunya dengan menunjukkan berapa persen senyawa aktif yang berhasil terkungkung dalam mikrokapsul. Mekanisme uji efisiensi enkapsulasi suatu produk mikrokapsul yakni dengan beberapa tahapan proses yang diawali dengan menimbang 25 mg mikrokapsul dan digerus hingga halus, kemudian dilarutkan ke dalam 50 mL bufer posfat pH 7,4. Campuran tersebut disaring dan filtratnya diencerkan 20 kali. Setelah itu filtrat dibaca absorbansinya dengan UV pada panjang gelombang maksimum. Absorbansi yang diperoleh digunakan untuk menentukan konsentrasi ibuprofen dengan bantuan kurva standar (Maharini, 2011).

Penentuan efisiensi enkapsulasi dapat dilakukan dengan penetapan secara langsung, yaitu dengan perusakan matrik mikropartikel untuk mengukur jumlah DXM terenkapsulasi. Sejumlah 10 mg mikropartikel dilarutkan dalam

ethanol untuk melarutkan matriks EC diikuti dengan proses sentrifugasi 3000 rpm selama 5 menit. Bagian larutan yang jernih diukur absorbansinya pada λ 238 nm menggunakan spektrofotometer UV. Efisiensi enkapsulasi menunjukkan seberapa efisien penyalut yang digunakan untuk mengenkapsulasi bahan inti. Semakin besar efisiensi enkapsulasi, maka semakin baik konsentrasi penyalut yang digunakan untuk mengenkapsulasi bahan inti (Sukmawati *et al.*, 2015).

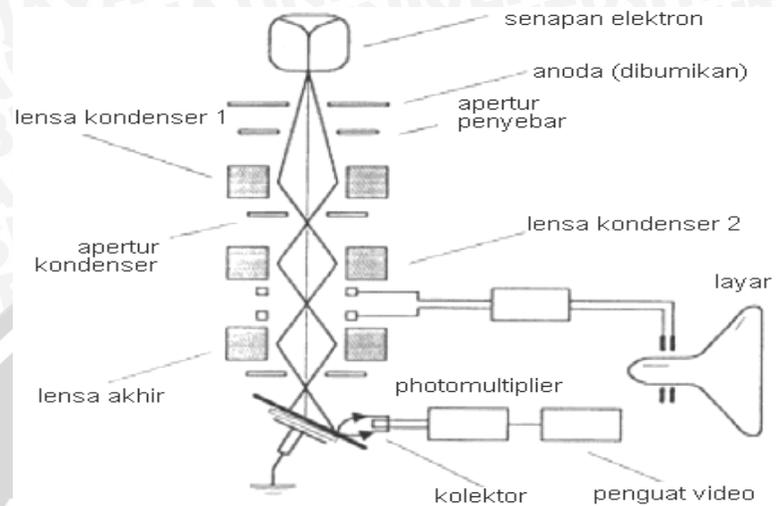
2.7 SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggambar spesimen dengan memindainya menggunakan sinar elektron berenergi tinggi dalam scan pola raster. Elektron berinteraksi dengan atom-atom sehingga spesimen menghasilkan sinyal yang mengandung informasi tentang topografi permukaan spesimen, komposisi, dan karakteristik lainnya seperti konduktivitas listrik (Nugroho, 2012).

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain bertujuan untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki pembesaran 10-3.000.000 kali, depth of field 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, depth of field yang besar, resolusi yang baik kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri (Zaidar *et al.*, 2013).

Cara kerja dari scanning electron mikroskop adalah sinar dari lampu dipancarkan pada lensa kondensor, sebelum masuk pada lensa kondensor ada pengatur dari pancaran sinar elektron yang ditembakkan. Sinar yang melewati lensa kondensor diteruskan lensa objektif yang dapat diatur maju mundurnya. Sinar yang melewati lensa objektif diteruskan pada spesimen yang diatur miring pada pencekamnya, spesimen ini disinari oleh deteksi x-ray yang menghasilkan

sebuah gambar yang diteruskan pada layar monitor (Respati, 2008). Cara kerja SEM dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Cara kerja SEM
(Sumber : Anggraeni, 2008)

SEM terdiri dari sebuah senapan elektron yang memproduksi berkas elektron pada tegangan dipercepat sebesar 2 – 30 kV. Berkas elektron tersebut dilewatkan pada beberapa lensa elektromagnetik untuk menghasilkan image berukuran $< \sim 10\text{nm}$ pada sampel yang ditampilkan dalam bentuk film fotografi atau ke dalam tabung layar. Sebelum melalui lensa elektromagnetik terakhir *scanning raster* mendeflesikan berkas elektron untuk men-*scan* permukaan sampel. Hasil scan ini tersinkronisasi dengan tabung sinar katoda dan gambar sampel akan tampak pada area yang di-*scan*. Tingkat kontras yang tampak pada tabung sinar katoda timbul karena hasil refleksi yang berbeda-beda dari sampel (Anggraeni, 2008).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah alga coklat jenis *Sargassum cristaefolium* yang diperoleh dari perairan Talango, Kabupaten Sumenep, Madura. Bahan – bahan tambahan yang digunakan untuk pembuatan enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yaitu daun *Sargassum cristaefolium*, CaCO_3 1% (b/v), pH paper, kain blacu, *aluminium foil*, kertas saring, kertas label, air, akuades, gum arab 5,33% (b/v) dan dekstrin 2,67% (b/v).

Bahan untuk analisis kandungan total flavonoid yaitu enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*, 10 ml etanol p.a 96%, 2 ml AlCl_3 10% (b/v); kertas saring dan standar kuersetin pada konsentrasi 0 – 10 ppm. Bahan untuk uji diameter yaitu enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dan tissu. Bahan untuk uji organoleptik yaitu enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Bahan untuk uji struktur dan evaluasi morfologi partikel (SEM) yaitu enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*.

3.1.2 Alat Penelitian

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu terdiri dari alat pembuatan enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*, pengujian total flavonoid, pengujian diameter, pengujian organoleptik, serta pengujian struktur dan morfologi partikel (SEM). Alat – alat yang digunakan untuk pembuatan enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yaitu bak plastik, timbangan digital, blender merk Philips, ayakan 60 mesh, gunting, nampan, *homogenizer* merk Ultra-Turrax T25, sendok bahan, alat- alat gelas merk Pyrex Iwaki (corong, gelas ukur, *erlenmeyer*, *beaker glass*), *waterbath* merk Memmert WNB 7, botol

kaca, dan *spray dryer* merk Lab Plant. Alat – alat untuk uji total flavonoid yaitu timbangan digital, sendok bahan, rak tabung reaksi, alat- alat gelas merk Pyrex Iwaki (tabung reaksi, pipet tetes, pipet volume, *beaker glass*, corong, *erlenmeyer*), bola hisap, dan spektrofotometer multispect-1601 UV-Vis merk Shidazu. Alat – alat yang digunakan untuk uji diameter yaitu mikroskop, objek glass, cover glass dan sendok bahan. Alat-alat yang digunakan untuk pengujian organoleptik yaitu botol kaca kecil. Alat untuk pengujian struktur dan ukuran partikel yaitu dengan menggunakan pinset, *cover glass* dan alat SEM (*Scanning Electron Microscope*).

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Menurut Nazir (2005) penelitian eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian. Penelitian eksperimen merupakan observasi di bawah kondisi buatan (*artificial condition*) dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti. Tujuan dari penelitian eksperimental adalah untuk menyelidiki ada-tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental. Percobaan-percobaan dilakukan untuk menguji hipotesis serta untuk menemukan hubungan-hubungan kausal yang baru.

Tujuan dari penelitian eksperimen bukan untuk mengumpulkan data dan deskripsinya melainkan untuk menemukan faktor-faktor yang menjadi penyebab dan akibat. Eksperimen yang dilakukan di dalam laboratorium lebih mudah untuk dilakukan karena adanya fasilitas dan situasi khusus yang terpisah dari gangguan luar. Hal inilah yang memungkinkan adanya manipulasi variabel sesuai dengan situasi yang dikehendaki (Surakhmad, 2004).

3.3 Variabel Penelitian

Variabel adalah ciri atau faktor yang dapat menunjukkan variasi. Ada dua macam variabel yaitu variabel bebas dan terikat. Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi variabel lain yang sifatnya berdiri sendiri dan variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh beberapa variabel lain yang sifatnya tidak dapat berdiri sendiri (Kurniawan, 2010).

Pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dari penelitian ini adalah perlakuan pH 2, pH 4, pH 7, pH 9, dan pH 12. Variabel terikat dari penelitian ini adalah total flavonoid, efisiensi flavonoid, diameter, organoleptik aroma, organoleptik warna, rendemen serta struktur dan evaluasi morfologi partikel enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Dimana variabel bebas merupakan faktor yang menyebabkan suatu pengaruh, sedangkan variabel terikat merupakan faktor yang muncul disebabkan pengaruh dari variabel bebas.

3.4 Persiapan Bahan

Bahan baku yang digunakan yaitu *Sargassum cristaefolium* yang diperoleh dari perairan Talango, Kabupaten Sumenep, Madura. Langkah pertama pada preparasi bahan ini yaitu *Sargassum cristaefolium* dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan pasir dan kotoran yang menempel. Setelah bersih, *Sargassum cristaefolium* diambil daunnya saja, sebab pada bagian daun terdapat lebih banyak kandungan flavonoid jika dibandingkan bagian batangnya. Kemudian sampel daun *Sargassum cristaefolium* ditimbang sebanyak 500 gram dan direndam dalam larutan CaCO_3 1% (b/v) selama 24 jam pada pH 11. Setelah itu daun *Sargassum cristaefolium* direndam dalam air tawar selama 3 hari. Setiap harinya air diganti pada pagi dan sore hari. Selanjutnya dikeringkan menggunakan sinar matahari selama 1 - 2 hari (tergantung cuaca) hingga kering.

Sampel daun *Sargassum cristaefolium* siap untuk diproses menjadi ekstrak rumput laut. Prosedur persiapan bahan dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.5 **Enkapsulasi Ekstrak Daun *Sargassum cristaefolium***

3.5.1 **Penelitian Pendahuluan**

Penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk memperoleh enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Setelah sampel daun *Sargassum cristaefolium* kering siap, selanjutnya dilakukan proses pembuatan ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Langkah pertama, pemotongan daun kering yang bertujuan agar sampel cepat hancur saat dilakukan proses penghancuran dengan menggunakan blender. Sedangkan proses penghancuran dengan menggunakan blender bertujuan untuk memperoleh tekstur serbuk daun *Sargassum cristaefolium* yang halus. Sampel yang telah diblender kemudian diayak dan ditimbang sebanyak 24 gram. Selanjutnya ditambahkan akuades sebanyak 600 ml dengan perbandingan 1:25 (b/v) dan dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah larutan menjadi homogen, lalu dididihkan pada *waterbath* dengan suhu 90°C selama 5 jam, dan disaring dengan kain blacu serta kertas saring hingga diperoleh ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Ekstrak daun disimpan dalam botol kaca dan ditutup dengan aluminium foil yang bertujuan untuk menjaga kualitas dari ekstrak tersebut. Prosedur untuk memperoleh ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dapat dilihat pada Lampiran 2.

Selanjutnya pembuatan enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dilakukan dengan menggunakan bahan penyalut berupa kombinasi gum arab dan dekstrin (1:0,5) dengan konsentrasi gum arab 5,33% (b/v) dan dekstrin 2,67% (b/v) (Hakim dan Chamidah, 2013). Enkapsulasi dilakukan dengan cara menambahkan gum arab dan dekstrin dengan konsentrasi gum

arab 5,33% (b/v) dan dekstrin 2,67% (b/v) ke dalam 500 ml ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* kemudian dihomogenkan menggunakan *homogenizer* dengan kecepatan 8000 rpm selama 15 menit. Selanjutnya dihubungkan *beaker glass* pada selang *spray dryer*. Suhu *inlet spray dryer* diatur yaitu 150°C, sedangkan suhu *outlet spray dryer* sebesar 70°C. Setelah didapatkan serbuk enkapsulat dilakukan uji total flavonoid. Prosedur enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* menggunakan metode *spray dryer* dapat dilihat pada Lampiran 3.

3.5.2 Penelitian Utama

Penelitian utama ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan pH yang berbeda terhadap kualitas serbuk enkapsulat daun *Sargassum cristaefolium*. Adapun pH yang digunakan adalah pH 2, pH 4, pH 7, pH 9, dan pH 12. Larutan pH yang digunakan adalah larutan *buffer*. Langkah pembuatan larutan *buffer* pada masing-masing pH dapat dilihat pada Lampiran 4. Selanjutnya perlakuan pH dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk enkapsulat daun *Sargassum cristaefolium* pada masing-masing pH dengan perbandingan (1:1) selama 1 jam. Setelah itu sampel disaring menggunakan kertas saring whatman 41 sehingga menghasilkan residu dan filtrat. Residu diambil sebanyak 0,25 gram untuk dilakukan uji total flavonoid dan sisanya dikeringkan pada suhu ruang untuk digunakan pada uji organoleptik dan SEM. Prosedur perlakuan pH dapat dilihat pada Lampiran 5.

3.6 Rancangan Percobaan dan Analisa Data

Rancangan Percobaan yang digunakan pada penelitian utama adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan yaitu menggunakan perlakuan pH 2, pH 4, pH 7, pH 9, dan pH 12 dan tiga kali ulangan. Sedangkan

analisa data yang digunakan yaitu analisa data statistik ragam ANOVA (*Analysis of Variant*).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \sum_{ij}$$

$$i = 1,2,3,\dots,i$$

$$j = 1,2,3,\dots,j$$

Keterangan:

Y_{ij} = respon atau nilai pengamatan pada perlakuan ke- i ulangan ke- j

μ = nilai tengah umum

τ_i = pengaruh perlakuan ke- i

\sum_{ij} = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke- i dan ulangan ke- j

t = perlakuan

r = ulangan

Model rancangan percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Model Rancangan Percobaan pada Penelitian Utama

Sampel	Ulangan			Total	Rata- rata
	1	2	3		
A	A1	A2	A3	T1	R1
B	B1	B2	B3	T2	R2
C	C1	C2	C3	T3	R3
D	D1	D2	D3	T4	R4
E	E1	E2	E3	T5	R5

Keterangan :

A = perlakuan pH 2 terhadap enkapsulat ekstrak *Sargassum cristaefolium*

B = perlakuan pH 4 terhadap enkapsulat ekstrak *Sargassum cristaefolium*

C = perlakuan pH 7 terhadap enkapsulat ekstrak *Sargassum cristaefolium*

D = perlakuan pH 9 terhadap enkapsulat ekstrak *Sargassum cristaefolium*

E = perlakuan pH 12 terhadap enkapsulat ekstrak *Sargassum cristaefolium*

Langkah selanjutnya adalah membandingkan antara F hitung dengan F tabel:

- Jika F hitung < F tabel 5%, maka perlakuan tidak berbeda nyata.
- Jika F hitung > F tabel 1%, maka perlakuan menyebabkan hasil sangat berbeda nyata.
- Jika F tabel 5% < F hitung < F tabel 1%, maka perlakuan menyebabkan hasil berbeda nyata.

Apabila dari hasil perhitungan didapatkan perbedaan yang nyata (F hitung $> F$ tabel 5%) maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk menentukan hasil yang terbaik. Analisis BNT dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$DNT = t_{\alpha; db \text{ galat}} \sqrt{\frac{KTG}{r}}$$

Keterangan :

KTG = Kuadrat tengah galat
 t_{α} = Nilai t tabel pada $\alpha = 5\%$
db galat = Derajat bebas galat
 r = Banyaknya ulangan

3.7 Parameter Uji

Parameter uji yang digunakan pada penelitian utama perlakuan pH pada enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* adalah kandungan total flavonoid, efisiensi flavonoid, diameter, organoleptik aroma, organoleptik warna, rendemen serta struktur dan evaluasi morfologi partikel (SEM).

3.7.1 Analisis Kandungan Total Flavonoid (Meda *et al.*, 2005)

Analisis kandungan total flavonoid digunakan untuk mengetahui jumlah flavonoid yang terdapat pada enkapsulat daun *Sargassum cristaefolium* sebelum dan setelah perlakuan pH. Prosedur pengujian analisis kandungan total flavonoid secara kualitatif yaitu pertama diambil sebanyak 0,25 gram serbuk *Sargassum cristaefolium* dilarutkan dengan etanol sampai 10 ml, ditambahkan 1 ml $AlCl_3$ 10%. Larutan dihomogenkan dan didiamkan selama 10 - 15 menit. Absorbansi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 415 nm. Pada penelitian ini menggunakan standar kuersetin, konsentrasi 1 - 10 ppm. Kurva kalibrasi kuersetin digunakan untuk menentukan

kandungan senyawa total flavonoid yang terkandung dalam sampel melalui persamaan regresi dengan rumus perhitungan :

$$C = C_1 \times \frac{V}{m} \times FP$$

Keterangan :

- C = Total flavonoid (mg ekuivalen kuersetin)
 C₁ = Konsentrasi kuersetin (mg/l)
 FP = Faktor pengenceran
 m = Berat ekstrak (g)

Prosedur pengujian kadar flavonoid menggunakan spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Lampiran 7.

3.7.2 Analisis Efisiensi Enkapsulasi Flavonoid (Aschida *et al.*, 2014)

Dari hasil total flavonoid kemudian digunakan untuk menentukan efisiensi enkapsulasi pada flavonoid. Efisiensi enkapsulasi flavonoid merupakan suatu cara untuk menentukan berapa persen atau seberapa banyak bahan inti yang terkapsul dalam dinding penyalut. Penentuan efisiensi ini mengacu pada metode Aschida *et al.*, (2014) (termodifikasi) dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Efisiensi Flavonoid} = \frac{\text{Flavonoid setelah perlakuan pH}}{\text{Flavonoid sebelum perlakuan pH}} \times 100\%$$

3.7.3 Analisis Diameter (Mariyana, 2013)

Analisis diameter dilakukan dengan menggunakan mikroskop electron. Langkah yang harus dilakukan adalah, pertama bersihkan *object glass* dan *cover glass* dengan aquades kemudian keringkan dengan tisu. Kemudian letakkan serbuk enkapsulat sedikit saja, ratakan dengan sendok bahan lalu tambahkan sedikit aquades. Tujuannya agar sampel dapat terlihat dengan jelas pada mikroskop. Kemudian letakkan *cover glass* dengan sudut 45°, agar tidak terjadi gelembung pada preparat. Lalu diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran

400-1000x. (Mariyana, 2013). Prosedur analisis diameter enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dapat dilihat pada Lampiran 8.

3.7.4 Analisis Organoleptik (Jaya *et al.*, 2013)

Penilaian organoleptik enkapsulat ekstrak daun *sargassum cristeafolium* dilakukan dengan metode *multiple comparison*. Prinsip dari metode *multiple comparison* adalah membandingkan parameter yang telah ditentukan antara sampel uji dengan sampel standard. Parameter yang digunakan dalam uji ini adalah aroma dan warna. Prosedur pengujian organoleptik aroma pada serbuk enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dapat dilihat pada Lampiran 9. *Questioner* yang digunakan untuk uji organoleptik aroma dapat dilihat pada Lampiran 10. Prosedur pengujian organoleptik warna pada serbuk enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dapat dilihat pada Lampiran 11. *Questioner* yang digunakan untuk uji organoleptik warna dapat dilihat pada Lampiran 12.

3.7.5 Analisis Rendemen (Isnaeni, 2007)

Rendemen merupakan hasil yang diperoleh melalui perbandingan antara bobot bahan keluaran dengan bahan awal. Penentuan rendemen ini mengacu pada metode Isnaeni (2007), dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Berat serbuk setelah perlakuan pH}}{\text{Berat serbuk sebelum perlakuan pH}} \times 100\%$$

3.7.6 Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Uji SEM berfungsi untuk melihat komparabilitas dan menunjukkan morfologi permukaan produk (Zaidar *et al.*, 2013). *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain bertujuan untuk mengamati

permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki pembesaran 10-3.000.000 kali, depth of field 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, depth of field yang besar, resolusi yang baik kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Perlakuan pH Terhadap Kandungan Total Flavonoid Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Pada penelitian pendahuluan, sampel yang digunakan adalah enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Analisa awal bertujuan untuk mengetahui kandungan total flavonoid pada sampel. Hasil uji total flavonoid dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 415 nm menunjukkan bahwa enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* memiliki total flavonoid sebesar 0,431 mg ekuivalen kuersetin dapat dilihat pada Tabel 6.

Flavonoid merupakan golongan fenol terbesar yang sering ditemukan di berbagai macam tumbuhan, baik dalam bentuk glikosida atau gugus gula bersenyawa pada satu atau lebih kelompok hidroksil fenolik (Putranti, 2013). Hasil kurva standar kuersetin pada konsentrasi 1-10 µg/g disajikan pada Lampiran 13. Berdasarkan hasil pengujian total flavonoid perlakuan pH enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*, hasil ANOVA pada Lampiran 13 menunjukkan bahwa perlakuan pH berpengaruh nyata terhadap total flavonoid (mg ekuivalen kuersetin), selanjutnya dilakukan analisis BNT 5%. Nilai rata-rata total flavonoid enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dengan perlakuan pH yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-Rata Kandungan Flavonoid Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Pada Berbagai Perlakuan pH

Perlakuan	Nilai (mg ekuivalen kuersetin)	Notasi
pH 2	0,2017±0,008022	c
pH 4	0,1913±0,011132	c
pH 7	0,1648±0,003844	b
pH 9	0,1617±0,009661	b
pH 12	0,1466±0,00188	a
BNT 5%	0,0140	

Rata-rata nilai total flavonoid pada enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dengan perlakuan pH yang berbeda berkisar antara 0,1 sampai 0,2 mg ekuivalen kuersetin. Kandungan total flavonoid tertinggi diperoleh dari perlakuan pH 2 sebesar 0,202 mg ekuivalen kuersetin dan kandungan total flavonoid terendah diperoleh dari perlakuan pH 12 sebesar 0,147 mg ekuivalen kuersetin. Berdasarkan pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa semakin tinggi perlakuan pH yang diberikan maka semakin rendah kandungan total flavonoid pada enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Hal ini diduga karena adanya pengaruh bahan penyalut yang digunakan yaitu gum arab dan dekstrin yang bersifat asam, sehingga mengakibatkan bahan penyalut pecah pada perlakuan pH yang tinggi. Glicksman (1969), menyatakan gum arab mempunyai sifat sedikit asam (pH 4,5-5,5) dan membentuk larutan yang stabil pada kondisi pH 5,0-7,0. Khairunizar (2009), menyatakan dekstrin memiliki pH asam akibat masih adanya sisa asam pada dekstrin akibat proses hidrolisis dengan asam atau enzim. Selain itu flavonoid yang tersalut akan cepat terlepas dan rusak pada perlakuan pH tinggi. Hal ini didukung oleh pendapat Septiana (2011), menyatakan flavonoid adalah golongan fenolik yang bersifat asam dan rentan pada kondisi basa.

Hasil dari kandungan flavonoid enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan efisiensi enkapsulasi flavonoid. Perhitungan efisiensi flavonoid digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan suatu proses enkapsulasi.

4.2 Pengaruh Perlakuan pH Terhadap Efisiensi Enkapsulasi Flavonoid Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Hasil total flavonoid enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* digunakan untuk perhitungan efisiensi enkapsulasi flavonoid. Efisiensi

enkapsulasi merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menentukan keberhasilan dari proses enkapsulasi (Maharini, 2011). Berdasarkan hasil pengujian efisiensi enkapsulasi flavonoid enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*, hasil ANOVA pada Lampiran 14 menunjukkan bahwa perlakuan pH berpengaruh nyata terhadap efisiensi enkapsulasi flavonoid, selanjutnya dilakukan analisis BNT 5%. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi flavonoid enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dengan perlakuan pH yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-Rata Efisiensi Enkapsulasi Flavonoid Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Pada Berbagai Perlakuan pH

Perlakuan	Flavonoid Awal	Flavonoid Setelah Perlakuan pH	% Efisiensi	Notasi
pH 2	0,431±0,008485	0,2017±0,008022	46,79±1,7721	c
pH 4	0,431±0,008485	0,1913±0,011132	44,39±2,6078	c
pH 7	0,431±0,008485	0,1648±0,003844	38,20±0,8784	b
pH 9	0,431±0,008485	0,1617±0,009661	37,51±2,2772	b
pH 12	0,431±0,008485	0,1466±0,00188	34,03±0,4830	a
BNT 5%			3,2676	

Pada Tabel 6 rata-rata nilai efisiensi enkapsulasi flavonoid ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dengan perlakuan pH yang berbeda berkisar antara 34,029% sampai 46,79%. Efisiensi enkapsulasi flavonoid tertinggi diperoleh dari perlakuan pH 2 sebesar 46,79% dan efisiensi enkapsulasi flavonoid terendah diperoleh dari perlakuan pH 12 sebesar 34,029%. Berdasarkan pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa semakin tinggi perlakuan pH yang diberikan maka semakin rendah efisiensi enkapsulasi flavonoid ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Hal ini diduga bahan penyalut gum arab dan dekstrin yang bersifat asam mampu melindungi bahan inti lebih baik pada saat perlakuan pH asam dibandingkan dengan perlakuan pH basa, karena salah satunya bahan penyalut memiliki sifat asam sehingga pada perlakuan pH yang semakin tinggi mengakibatkan bahan penyalut mengalami kerusakan yang lebih besar

dibandingkan pada perlakuan pH rendah. Selain itu dimungkinkan flavonoid yang terlepas juga mengalami kerusakan dalam larutan basa. Hal ini didukung oleh pendapat Septiana (2011), menyatakan flavonoid adalah golongan fenolik yang bersifat asam dan rentan pada kondisi basa. Reaksi gelatinisasi juga dapat terjadi pada kondisi asam maupun basa, tetapi kemampuan gelatinisasinya akan menurun pada kondisi pH asam, sehingga hidolisis asam ini tidak banyak mengubah bentuk granula hanya saja menurunkan kemampuan mengembang dan viskositasnya (Winarti *et al.*, 2014).

Menurut penelitian Diba (2014), yaitu pelepasan senyawa fenol produk enkapsulasi MSP yang menggunakan kombinasi maltodekstrin dan isolat protein kedelai sebagai bahan penyalut pada medium asam lebih rendah dibandingkan pada medium basa. Kelarutan produk enkapsulasi MSP pada medium basa yang lebih tinggi juga dapat disebabkan adanya pengaruh dari isolat protein kedelai yang lebih larut pada pH basa. Pada pH basa terjadi peningkatan muatan negatif pada molekul protein yang meningkatkan interaksi antara molekul protein dengan pelarut. Tedeschi *et al.* (2009) dan Chen *et al.* (2006), menyatakan bahwa pelepasan senyawa aktif ekstrak teh hijau yang disalut oleh whey protein pada medium asam terkendali dan nanopartikel yang dilapisi protein dapat melindungi senyawa aktif pada medium asam.

4.3 Pengaruh Perlakuan pH Terhadap Diameter Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Diameter diukur dengan menggunakan mikroskop electron dengan perbesaran 400x. Ukuran diameter partikel enkapsulat ikut menentukan keberhasilan enkapsulasi. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin berhasil proses enkapsulasinya. Menurut Ali *et al.* (2014), pengukuran partikel dilakukan untuk mengetahui apakah metode dan bahan enkapsulat dapat

membuat ukuran nanopartikel (10^{-9}). Diameter dan bentuk dari mikrokapsul diperiksa dengan *Scanning Electron Microscope*, dengan cara mikrokapsul ditempatkan merata pada aluminium stubs yang berupa lempengan berdiameter 6 mm kemudian divakum dengan gas argon sampai stabil dan dilapisi emas dengan sputter coater selama 20 detik. Selanjutnya aluminium stubs yang berisi sampel dimasukkan pada alat *electron microscope* dan diamati diameter mikrokapsul serta bentuk mikroskopis dari mikrokapsul (Lian *et al.*, 2002). Hasil foto diameter partikel enkapsulasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Foto Diameter Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* pada pH yang Berbeda

Berdasarkan hasil pengujian diameter enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*, hasil ANOVA pada Lampiran 15 menunjukkan bahwa perlakuan pH berpengaruh nyata terhadap diameter, selanjutnya dilakukan analisis BNT 5%. Nilai rata-rata diameter enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yang diperoleh dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-Rata Diameter Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Pada Berbagai Perlakuan pH

Perlakuan	Nilai (μm)	Notasi
pH 2	14,667 \pm 0,672111	b
pH 4	14,52 \pm 0,44	b
pH 7	12,6133 \pm 0,508068	a
pH 9	14,813 \pm 0,915933	b
pH 12	16,133 \pm 0,254034	c
BNT 5%	1,0935	

Berdasarkan pada Tabel 7 dapat diketahui bahwa nilai diameter terendah pada perlakuan pH 7 yaitu sebesar 12,61 μm dan nilai diameter tertinggi pada perlakuan pH 12 yaitu sebesar 16,13 μm . Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH dapat menyebabkan nilai diameter enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yang dihasilkan lebih besar. Hal ini diduga pada pH yang semakin tinggi terjadi pengembangan pada granula mikrokapsul karena penyerapan air yang meningkat sehingga menyebabkan bentuk granula berubah. Kemampuan gelatinisasi akan meningkat pada kondisi basa sehingga salah satunya menyebabkan proses fragmentasi terjadi, sebaliknya kemampuan gelatinisasi akan menurun pada kondisi pH asam, sehingga hidrolisis asam ini tidak banyak mengubah bentuk granula hanya saja menurunkan kemampuan mengembang dan viskositasnya (Winarti *et al.*, 2014). Dekstrin merupakan polisakarida yang dihasilkan dari hidrolisis pati yang diatur oleh enzim-enzim tertentu atau hidrolisis oleh asam, berwarna putih sampai kuning. Pada pembuatan dekstrin, rantai panjang pati mengalami pemutusan oleh enzim atau asam menjadi dekstrin dengan molekul yang lebih pendek, yaitu 6-10 unit glukosa, dengan rumus molekul $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Berkurangnya panjang rantai menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari pati yang tidak larut dalam air menjadi dekstrin yang mudah larut dalam air, memiliki kekentalan lebih rendah dibandingkan pati (Reynold, 1982). Menurut Nugroho *et al.* (2006), gum arab mempunyai sifat mudah larut dalam air tetapi kemampuan meningkatkan viskositasnya rendah. Gum arab mempunyai sifat sedikit asam (pH 4,5 - 5,5) dan membentuk larutan yang stabil pada kondisi pH 5,0 - 7,0. Khairunizar (2009), menyatakan bahwa reaksi hidrolisis yang dikatalisis oleh asam dapat memutuskan ikatan $\alpha\text{-D-(1,4)}$ dan kemungkinan $\alpha\text{-D-(1,6)}$ glikosida dalam pati yang akan menurunkan berat molekul pati yang ditandai dengan menurunnya viskositas pati bila didispersikan dalam air.

4.4 Pengaruh Perlakuan pH Terhadap Karakteristik Organoleptik Aroma Encapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Aroma merupakan salah satu faktor penting bagi konsumen dalam memilih produk pangan yang paling disukai. Menurut Effendy *et al.* (2013), aroma merupakan salah satu komponen dari citarasa bahan pangan dan telah menjadi penentu kelezatan makanan. Berdasarkan hasil pengujian organoleptik aroma encapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*, hasil ANOVA pada Lampiran 16 menunjukkan bahwa perlakuan pH berpengaruh nyata terhadap organoleptik aroma, selanjutnya dilakukan analisis BNT 5%. Nilai rata-rata aroma encapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yang diperoleh dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata-Rata Nilai Organoleptik Aroma Encapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Pada Berbagai Perlakuan pH

Perlakuan	Nilai	Notasi
pH 2	4,3±0,1	b
pH 4	4,13±0,05774	b
pH 7	3,8±0,17321	a
pH 9	4±0,26458	a
pH 12	4,03±0,15275	a
BNT 5%	0,3005	

Nilai organoleptik aroma encapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dengan nilai yang semakin tinggi menunjukkan bahwa serbuk yang dihasilkan memiliki aroma yang semakin tidak berbau amis. Berdasarkan pada Tabel 8 dapat diketahui bahwa nilai aroma terendah pada perlakuan pH 7 yaitu sebesar 3,8 dan nilai aroma tertinggi pada perlakuan pH 2 yaitu sebesar 4,3. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah pH dapat menyebabkan encapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yang dihasilkan kurang memiliki bau amis. Hal ini diduga pengaruh pH yang tinggi mengakibatkan lapisan bahan penyalut yang melindungi bahan inti rusak, sehingga bau amis dari encapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* akan keluar dari dinding mikrokapsul, karena

bahan penyalut gum arab dan dekstrin memiliki sifat asam, selain itu pH asam dapat mengurangi bau amis yang disebabkan oleh kandungan mineral-mineral dan logam pada alga coklat. Menurut Supirman *et al.* (2013), dalam suasana asam mineral yang terikat dengan lemak akan turun berkurang sebanding dengan rusaknya lemak, karena pada suasana asam mineral-mineral ini akan bergabung dengan zat organik yang hilang dari bahan.

4.5 Pengaruh Perlakuan pH Terhadap Karakteristik Organoleptik Warna Encapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Menurut Effendy *et al.* (2013), warna merupakan salah satu faktor penentu pilihan konsumen sebelum faktor lain dipertimbangkan, karena warna tampak terlebih dahulu terlihat secara visual dan terkadang sangat menentukan bagi pilihan konsumen. Menurut Pramitasari (2010), warna bukan merupakan suatu zat atau benda melainkan suatu sensasi seseorang karena adanya rangsangan dari seberkas energi radiasi yang jatuh ke retina mata. Apabila suatu produk memiliki warna yang menarik, maka dapat menimbulkan selera seseorang untuk mencoba makanan tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian organoleptik warna enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*, hasil ANOVA pada Lampiran 17 menunjukkan bahwa perlakuan pH berpengaruh nyata terhadap organoleptik warna, selanjutnya dilakukan analisis BNT 5%. Nilai rata-rata warna enkapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yang diperoleh dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rata-Rata Nilai Organoleptik Warna Encapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Pada Berbagai Perlakuan pH

Perlakuan	Nilai	Notasi
pH 2	2,033±0,152753	b
pH 4	1,833±0,305505	a
pH 7	1,767±0,057735	a
pH 9	1,667±0,11547	a
pH 12	1,5±0,1	a
BNT 5%	0,3709	

Nilai organoleptik warna encapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dengan nilai yang semakin rendah menunjukkan bahwa serbuk yang dihasilkan memiliki warna yang semakin coklat. Berdasarkan pada Tabel 9 dapat diketahui bahwa nilai warna terendah pada perlakuan pH 12 yaitu sebesar 1,5 dan nilai warna tertinggi pada perlakuan pH 2 yaitu sebesar 2,03. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH dapat menyebabkan encapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yang dihasilkan lebih berwarna coklat. Hal ini diduga terjadinya reaksi pencoklatan saat perlakuan pH yang semakin tinggi. Reaksi pencoklatan umumnya terjadi pada pH 9 sampai pH 10,5, untuk mencegah reaksi pencoklatan pada produk pangan, dapat dilakukan dengan menurunkan pH pangan (Chandra *et al.*, 2013).

4.6 Pengaruh Perlakuan pH Terhadap Rendemen Encapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Berdasarkan hasil pengujian rendemen encapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*, hasil ANOVA pada Lampiran 18 menunjukkan bahwa perlakuan pH berpengaruh nyata terhadap rendemen, selanjutnya dilakukan analisis BNT 5%. Nilai rata-rata rendemen encapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yang diperoleh dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 10.

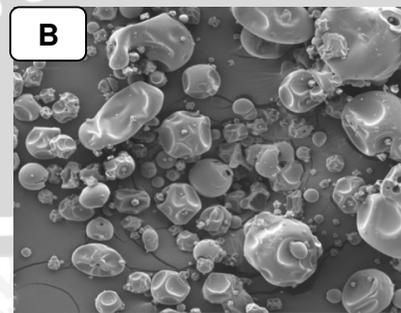
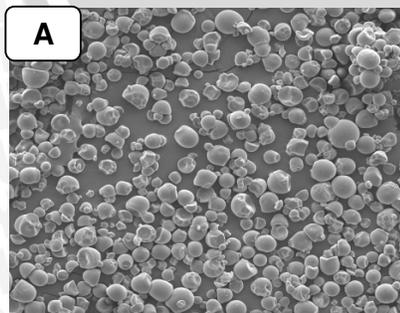
Tabel 10. Rata-Rata Rendemen Encapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* pada Berbagai Perlakuan pH

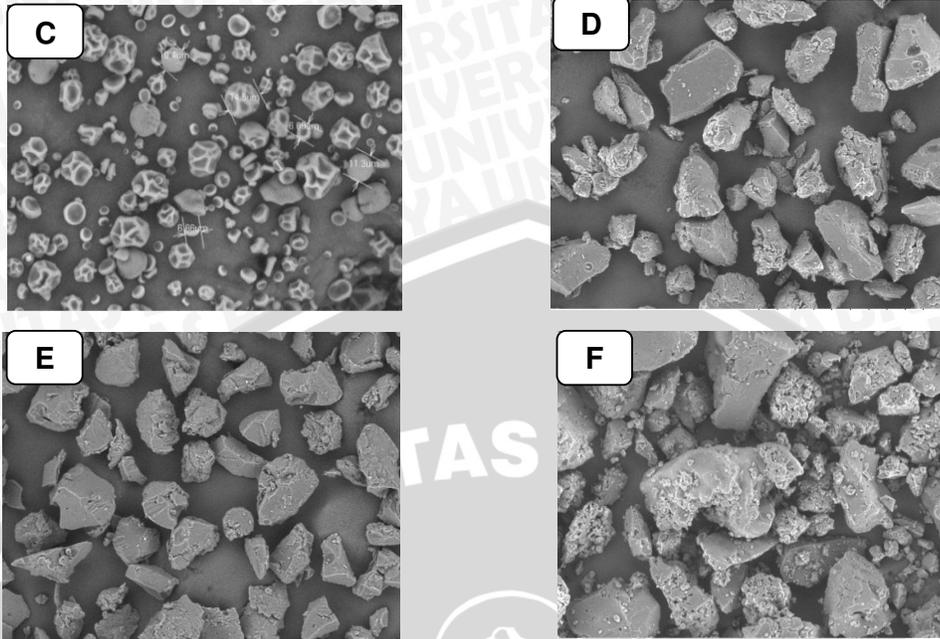
Perlakuan	Nilai (%)	Notasi
pH 2	73,33±1,527525	c
pH 4	72,33±3,2145	c
pH 7	59±2	b
pH 9	57,33±3,05505	b
pH 12	52,67±2,08166	a
BNT 5%	4,4807	

Berdasarkan pada Tabel 10 dapat diketahui bahwa rendemen terendah pada perlakuan pH 12 yaitu sebesar 52,67% dan rendemen tertinggi pada perlakuan pH 2 yaitu sebesar 73,33. Hal ini menunjukkan bahwa pH yang semakin rendah dapat menyebabkan rendemen encapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* yang dihasilkan lebih besar.

4.7 Pengaruh Perlakuan pH Terhadap Struktur dan Morfologi Encapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Morfologi mikrokapsul dapat mempengaruhi karakteristik dari mikrokapsul itu sendiri. Pada penelitian ini pengamatan terhadap struktur mikrokapsul encapsulasi ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dilakukan dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil pengamatan dengan SEM dapat dilihat pada Gambar 7.





Gambar 7. Hasil Pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy) dengan Perbesaran 250 Kali

Keterangan :

- A = Hasil SEM bahan penyalut Dekstrin
- B = Hasil SEM bahan penyalut Gum Arab
- C = Hasil SEM mikrokapsul ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* tersalut gum arab dan dekstrin
- D = Hasil SEM mikrokapsul ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* yang diberi perlakuan pH 2
- E = Hasil SEM mikrokapsul ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* yang diberi perlakuan pH 7
- F = Hasil SEM mikrokapsul ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* yang diberi perlakuan pH 12

Pada Gambar 7A dapat diketahui bentuk dekstrin berbentuk bulat dan halus. Pada Gambar 7B dapat diketahui bentuk gum arab berbentuk agak bulat, terdapat cekungan pada permukaan dan permukaan sedikit kasar. Pada Gambar 7C bentuk enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* tersalut gum arab dan dekstrin memiliki bentuk yang bulat namun tidak sempurna, ada yang berbentuk cekung pada permukaannya, adapun beberapa mikrokapsul yang mempunyai bentuk yang mengempis. Bentuk mengempis pada mikrokapsul diduga selama pengeringan semprot telah terjadi peristiwa *balloning*. Assagaf et

al. (2013), menyatakan *balloning* merupakan peristiwa penggelembungan partikel mikrokapsul akibat pembentukan uap air didalamnya, hasil tersebut menunjukkan bahwa penyalut dapat melindungi secara maksimal. Pada Gambar 7D dapat diketahui bentuk dari mikrokapsul ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dengan perlakuan pH asam tidak memiliki bentuk yang bulat lagi, terjadi sedikit keretakan dan permukaannya agak halus. Hal ini terjadi karena penyalut gum arab dan dekstrin lebih cenderung bersifat asam. Hasil tersebut sesuai dengan Khairunizar (2009), yang menyatakan bahwa dekstrin memiliki pH asam akibat masih adanya sisa asam pada dekstrin akibat proses hidrolisis dengan asam atau enzim. Reaksi hidrolisis oleh asam dapat memutuskan ikatan α -D-(1,4) dan α -D-(1,6) glikosida dalam pati yang dapat menurunkan viskositas pati bila terkena air sehingga pada saat gugus alkohol reaktif mengakibatkan sifat asam. Glicksman (1969), menyatakan gum arab mempunyai sifat sedikit asam (pH 4,5-5,5) dan membentuk larutan yang stabil pada kondisi pH 5,0-7,0. Kemampuan gelatinisasi akan menurun pada kondisi pH asam, sehingga hidrolisis asam ini tidak banyak mengubah bentuk granula hanya saja menurunkan kemampuan mengembang dan viskositasnya (Winarti *et al.*, 2014). Pada Gambar 7E bentuk dari mikrokapsul ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dengan perlakuan pH 7 memiliki bentuk yang tidak bulat lagi, terjadi sedikit keretakan dan permukaannya agak halus. Pada gambar 7F bentuk dari mikrokapsul ekstrak daun *Sargassum cristaefolium* dengan perlakuan pH basa memiliki lapisan-lapisan yang tebal, menggumpal, bentuk yang tak beraturan dan rapuh serta terdapat lubang-lubang kecil pada permukaan. Hal ini dikarenakan bahwa penyalut lebih cenderung stabil pada pH asam. Penelitian yang dilakukan Maharini (2011), yaitu morfologi mikrokapsul ibuprofen tersalut polipaduan PLA dan PCL setelah proses disolusi pada medium basa selama 360 menit memperlihatkan mikrokapsul hancur setelah proses disolusi. Mikrokapsul terkikis sehingga bentuknya tidak lagi bulat

seperti bentuk mikrokapsul awal sebelum disolusi. Terkikisnya mikrokapsul mengakibatkan kontak luas permukaan mikrokapsul dengan medium disolusi menjadi lebih besar sehingga ibuprofen dapat lebih mudah terlepas dari matriks penyalut, permukaan mikrokapsul terlihat kasar dan mengalami retakan.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh pH terhadap efisiensi enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* tersalut kombinasi gum arab dan dekstrin menunjukkan bahwa efisiensi enkapsulasi flavonoid terbaik diperoleh pada pH asam. Nilai efisiensi enkapsulasi flavonoid tertinggi diperoleh pada perlakuan pH 2 dengan nilai efisiensi sebesar 46,79%, kandungan flavonoid sebesar 0,202 mg ekuivalen kuersetin, ukuran diameter sebesar 14,67 μm , nilai organoleptik aroma sebesar 4,3, nilai organoleptik warna sebesar 2,033, dan nilai rendemen sebesar 73,33%.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini menunjukkan nilai efisiensi yang terbaik diperoleh pada pH asam, maka dari itu pengaplikasian serbuk enkapsulat ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium* dapat digunakan pada produk pangan yang bersifat asam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, D. Y., P. Darmadji dan Y. Pranoto. 2014. Optimasi Nanoenkapsulasi Asap Cair Tempurung Kelapa dengan *Response Surface Methodology* dan Karakterisasi Nanokapsul. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 25 (1) : 23 – 30.
- Anggadiredja, J.T., A. Zalnika, H. Purwoto dan S. Istini. 2006. Rumput Laut, Pembudidayaan, Pengelolaan dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Anggraeni, N.H. 2008. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite. *Seminar Nasional Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*. ITENAS. Bandung.
- Arief, M. 1987. Ilmu Meracik Obat Berdasar Teori Dan Praktek. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Aschida, C.J., Adhitiyawarman dan L. Destiarti. 2014. Enkapsulasi dan Uji Stabilitas Pigmen Karotenoid dari Buah Tomat yang Tersalut *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC). *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 3 (2) : 44-49.
- Assagaf, M., P. Hastuti, C. Hidayat, S. Yuliani dan Supriyadi. 2013. Karakter Oleoresin Pala (*Myristica fragrans houtt*) yang Dimikroenkapsulasi: Penentuan Rasio *Whey Protein Concentrate* (WPC) : Maltodekstrin (MD). *Jurnal Agriteknologi*. 33 (1): 16 – 23.
- Barbosa, G.V., C.E. Ortega., R.P. Juliano, dan H. Yan. 2005. Food Powders, Physical Properties, Processing and Functionality. Kluwer Academic/ Plenum Publisher. New York. 199-303 hlm.
- Bhat, S.V., B.A. Nagasampagi and S. Meenakshi. 2009. Natural Products: Chemistry and Application. Narosa Publishing House, New Delhi. India.
- Belitz, H.D dan W. Grosch. 1999. Food Chemistry. Springer. Berlin.
- Bertolini A.C., A.C Siani dan C.R.F. Grosso. 2001. Stability of Monoterpenes Encapsulated in Gum Arabic by Spray Drying. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 49 : 780-785.
- Chandra, A., H.M. Ingrid dan Verawati. 2013. Pengaruh pH dan Jenis Pelarut pada perolehan dan Karakterisasi Pati dari Biji Alpukat. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Universitas Katolik Parahyangan.
- Chen, L. G.E. Remondetto dan M. Subirade. 2006. Food Protein-Based Materials as Nutraceutical Delivery Systems. *Trends in Food Science & Technology*. 17 : 272-283.

- Daugan, E. dan A., Abdullah. 2013. Utilization of Gum Arabic for Industries and Human Health. *American Journal of Applied Sciences*. 10 (10) : 1270-1279.
- Diba, R.F. 2014. Kajian *In Vitro* Produk Enkapsulasi Nanoemulsi Ekstrak Jintan Hitam (*Nigella sativa*). Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Effendi, M.S., C. Wisnu dan H.P. Vita. 2013. Kajian Jenis Teh serta Konsentrasi Ekstrak Jahe Merah dan Temulawak terhadap Karakteristik Minuman Jahe Enkapsulasi. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. 2 (1) : 1-25.
- Embuscado, M.E. 2014. Functionalizing Carbohydrates for Food Applications. Destech Publication Inc. USA. 181 hlm.
- Fahri, M. 2010. Kajian kandungan metabolit sekunder dari alga coklat *sargassum cristaefolium*. Tesis. Fakultas perikanan dan ilmu kelautan. Universitas brawijaya.
- Firdaus, M., S.S. Karyono dan M. Astawan. 2009. Penapisan Fitokimia dan Identifikasi Ekstrak Rumput Laut Coklat (*Sargassum duplicatum*). *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati (Life Sciences)*, 21 : 1.
- Glicksman, M. 1969. Gum Technology In The Food Industry. Academic Press. New York.
- Hakim, A.R. dan A. Chamidah. 2013. Aplikasi Gum Arab dan Dekstrin sebagai Bahan Pengikat Protein dan Kepala Udang. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 8 (1) : 45-54.
- Harbone, J.B. 1987. Metode Fitokimia: Penentuan Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. (Diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro). Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Hildayati, A. 2011. Efisiensi Mikroenkapsulasi dan Uji Disolusi Ibuprofen Secara In Vitro dengan Penyalut Polipaduan Poli (Asam Laktat) dan Polikaprolakton. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok.
- Hui. 1992. Bahan Tambahan Makanan (Food Additive). Yogyakarta: UGM-Press.
- Imeson, A. 2010. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. Blackwell Publishing Ltd. 11-30 hlm.
- Ismarani, D., I. Pradono dan L.K. Darusman. 2011. Mikroenkapsulasi Ekstrak Formula Pegagan Kumis Kucing Sambiloto sebagai Inhibitor *Angiotensin I Converting Enzyme* secara *In Vitro*. *Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*. 3 (1) : 1-14.
- Isnaeni, N.F. 2007. Formulasi Produk Pure Instan Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) Sebagai Salah Satu Upaya Diversifikasi Pangan Pokok. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Istiyani, K. 2008. Mikroenkapsulasi Insulin Untuk Sediaan Oral Menggunakan Metode Emulsifikasi dengan Penyalut Natrium Alginat dan Kitosan. Skripsi. Jurusan Farmasi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Jafari, S.M., E. Assadpoor., Y. He dan B. Bhandari. 2008. Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils During Spray Drying. *Drying Technology*. 26: 816-835.
- Jaya, F., D. Amertaningtyas dan H. Tistianan. 2013. Evaluasi Mutu Organoleptik *Mayonnaise* dengan Bahan Dasar Minyak Nabati dan Kuning Telur Ayam Buras. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*. 8 (1) : 30 – 34.
- Jeyabalan, J.P.P. and J. Marimuthu. 2012. Preliminary Phytochemical Analysis of *Sargassum myriocystum* J. Ag. and *Turbinaria ornata* (Turner) J. Ag. from The Southern Coast of Tamil Nadu, India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1-4.
- Kadi, A. 2005. Beberapa Catatan Kehadiran Marga *Sargassum* Diperairan Indonesia. Jakarta : Bidang Sumberdaya Laut, Puslitbang Oseanologi-LIPI.
- Karinawatie, S., J. Kusnadi dan E. Martati. 2008. Efektifitas Konsentrat Protein *Whey* dan Dekstrin untuk Mempertahankan Viabilitas Bakteri Asam Laktat dalam Starter Kering Beku *Yoghurt*. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 9 (2) : 121 – 130.
- Khairunizar, S. 2009. Peranan Pendispersi Asam Stearate Terhadap Kompabilitas Campuran Plastik Polipropilena Bekas dengan Bahan Pengisi Dekstrin. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Khrisnan S, Bhasole R, Singhal RS. 2005. Microencapsulation of Cardamom Oleoresin: Evaluation of Blends of Gum Arabic, Maltodextrin and a Modified Starch as Wall Materials. *Carbohydr Polym*. 61: 95-102. DOI: 10.1016/j.carbpol.2005.02.020.
- Kumalaningsih. S. Prayogi dan Beni Yudha. 2014. Membuat Makanan Siap Saji. Trubus Agrisarana. Surabaya.
- Kumalasari, V. D. A. R. 2001. Pembuatan Madu Bubuk dengan Metode Pengeringan Semprot Pada Komposisi bahan Pengisi (Gum Arab dan Dekstrin) yang Berbeda. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kurniawan, A. 2010. Belajar Mudah SPSS Untuk Pemula. Mediakom. Yogyakarta.
- Kusumaningrum, I., B.H. Rini dan H. Sri. 2007. Pengaruh Perasan *Sargassum crassifolium* dengan Konsentrasi yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill). *Jurnal Anatomi Fisiologi*. 15 (2). 1-5.

- Lelon, J.K., I.O. Jumba, J.K. Keter, W. Chemuku dan F.D.O, Oduor. 2010. Assessment of physical properties of gum arabic from *Acacia senegal* varieties in Baringo District, Kenya. *African Journal of Plant Science*. 4 (4) : 95-98.
- Lian, W.C., H.C. Hsio and C.C. Chou. 2002. Survival of *Bifidobacterium longum* After Spray Drying. *Int. Journal Food Microbiol.* 74 : 79-86.
- Limantara, L. dan Heriyanto. 2010. Studi Komposisi Pigmen dan Kandungan Fukosantin Rumput Laut Cokelat dari Perairan Madura dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 15 (1): 23-32.
- Maharani, M.A dan R. Widyayanti. 2013. Pembuatan Alginat Dari Rumput Laut Untuk Menghasilkan Produk Dengan Rendemen Dan Viskositas Tinggi. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Maharini, P. 2011. Pelepasan Ibuprofen dari Mikrokapsul Tersalut Polipaduan Poli (Asam Laktat) dan Poli (ϵ -Kapolakton) Secara *In Vitro*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mahmood, T., N. Akhtar dan B.A. Khan. 2010. The Morphology, Characteristics and Medicinal Properties of *Camelia Sinensis*' Tea. *Journal of Medicinal Plants Research*. 4 (19) : 2028 – 2033.
- Manchun, S., C.R. Dass dan P. Sriamornsak. 2014. Designing Nanoemulsion Templates for Fabrication of Dextrin Nanoparticles Via Emulsion Cross-Linking Technique. *Carbohydrate Polymers*. 101 : 650 - 655.
- Mardaningsih, F.M., A.M. Andriani dan Kawiji. 2012. Pengaruh Konsentrasi Etanol dan Suhu *Spray dryer* terhadap Karakteristik Bubuk Klorofil Daun Alfalfa (*Medicago sativa* L.) dengan Menggunakan Bahan penyalut Maltodekstrin. *Jurnal Teknologi Sains Pangan*. 1 (1) : 110 - 117.
- Mariyana, A. 2012. Pengaruh Penguasaan Penggunaan Mikroskop terhadap Nilai Praktikum IPA Materi Pokok Organisasi Kehidupan pada Siswa Kelas VII di MTs Negeri Ketanggungan Brebes Tahun Pelajaran 2011-2012. Skripsi. Ilmu Pendidikan Biologi. Institut Agama Islam Negeri Walisongo. Semarang.
- Meda, A., C.E. Lamien, M. Romito, J. Miliogo and O.G. Nacoulina. 2005. Determination of The Total Phenolic, Flavonoid, and Proline Content in Burkina Fasan Money, As Well As Their Radical Scavenging Activity. *Journal Food Chemistry*. 91 : 571-577.
- Meenakshi, S., D.M. Gnanambigai, S.T. Mozhi, M. Arumugam and T. Balasubramanian. 2009. Total Flavonoid and In Vitro Antioxidant Activity of Two Seaweed of Rameshwaram Coast. *Global Journal of Pharmacology*. 3 (2) : 59-62.
- Midian, S. 2007. Penuntun Fitokimia dalam Farmasi. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

- Naufalin, R. 2012. Karakterisasi Nanoenkapsulan Kecombrang (*Nicolaia speciosa*). *Research Gate*. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto
- Nazir, M. 2005. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Bogor. Hal 58-59.
- Ningsih, D.R., A. Asnani dan A. Fatoni. 2010. Pembuatan Dekstrin dari Pati Ubi Kayu Menggunakan Enzim Amilase dari *Azospirillum* sp. JG3 dan Karakterisasinya. *Jurnal Molekul*. 5 (1) : 15 – 21.
- Nofiani, R. 2008. Urgensi dan Mekanisme Biosintesis Metabolit Sekunder Mikroba Laut. *Jurnal Natur Indonesia*. 10 (2) : 120-125.
- Nugroho, E.S., S. Tamaroh dan A. Setyowati. 2006. Pengaruh konsentrasi Gum Arab dan Dekstrin terhadap Sifat Fisik dan Tingkat Kesukaan Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) Madu Instan. *Logika*. 3 (2) : 78 – 86.
- Nugroho, Y. 2012. Metode Penelitian Cara Kerja Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Nurhasanah, S., Komari, P. Hariyadi dan S. Budijanto. 2011. Mikroenkapsulasi Lemak Kaya DHA untuk Fortifikasi Pada Makanan. *Jurnal Ilmu – Ilmu Hayati dan Fisik*. 13 (2) : 140 – 149.
- Patel, P., M.P. Patel dan A.M. Suthar. 2009. Spray Drying Technology : an Overview. *Indian Journal of Science and Tecnology*. 2 (10) : 44-47.
- Pramitasari, D. 2010. Penambahan Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale* rosc.) dalam Pembuatan Susu Kedelai Bubuk Instan dengan Metode Spray Drying: Komposisi Kimia, Sifat Sensoris dan Aktivitas Antioksidan. Skripsi. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Pudiastuti, L. dan T. Pratiwi. 2013. Pembuatan Dekstrin dari Tepung Tapioka Secara Enzimatik dengan Pemanasan Microwave. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2 (2) : 169 – 176.
- Putranti, R. I. 2013. Skrining Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut *Sargassum duplicatum* dan *Turbinaria* dari Jepara. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Putri, K.H. 2011. Pemanfaatan Rumput Laut Coklat (*Sargassum sp*) sebagai Serbuk Minuman Pelangsing Tubuh. Skripsi. Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Redha, A. 2010. Flavonoid: Struktur, Sifat Antioksidatif dan Peranannya dalam Sistem Biologis. *Jurnal Belian*. 9 (2) : 196 - 202.
- Respati, S.M.B. Macam-Macam Mikroskop dan Cara Penggunaan. *Momentum*. 4 (2): 42-44.
- Reynolds, J.E.F. 1982. Martindale The Extra Pharmacopolia, Edition Twenty Eight. The Pharmaceutical Press. London.

- Ridho, E. A. 2013. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Buah Lakum (*Cayratia trifolia*) dengan Metode DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil). Skripsi. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Risjani, Y dan W.A Kenty. 2009. Karakterisasi Metabolit Bioaktif Rumput Laut *Sargassum sp* (*Phaeophyta*) yang Berpotensi sebagai Senyawa Antitumor. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sarifudin, A dan M.A. Alhussein. 2014. Some Physicochemical Properties of Dextrin Produced By Extrusion Process. *Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences*. 13 : 100-106.
- Senatore, D. 2008. Study on Microencapsulation for Controlled Release of Liquid Crosslinker. Geboren te Cava de Tirreni. Italy.
- Septiana, R. 2011. Identifikasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Fraksi Teraktif Daun Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav.). Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Setijawati, D., S. Wijaya, Aulanium dan I. Santoso. 2011. Viabilitas dan Struktur Mikrokapsul *Lactobacillus acidophilus* dengan Bahan Penyalut Karaginan Semi Murni Jenis *Eucheuma cottoni*. *Jurnal Teknologi Pangan*. 2 (1) : 50-61.
- Shu, B. 2006. Study on Microencapsulation of Lycopene by spray dryer. *Journal Food Engineering Technology*. 76: 664-669.
- Silitonga, P dan B. Sitorus. 2014. Enkapsulasi Pigmen Antosianin dari Kulit Terong Ungu. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 3 (3) : 49-54.
- Sjahid, L.R. 2008. Isolasi dan Identifikasi Flavonoid dari Daun Dewandaru (*Eugenia uniflora* L.). Skripsi. Universitas Muhammadiyah. Surakarta.
- Sukmawati, A., R. Yuliani, A.S. Wahyuni, Lisdayani dan S. Listyaningrum. 2015. Formulasi dan Evaluasi Mikropartikel *Dexamethasone* Lepas Lambat dengan Matriks *Ethyl Cellulose* (EC). *University Research Colloquium*. ISSN 2407-9189.
- Suparti, W. 2000. Pembuatan Pewarna Bubuk dari Ekstrak Angkak: pengaruh Suhu, Tekanan dan Konsentrasi Dekstrin. Tesis. Program Pasca sarjana. Universitas Brawijaya. Malang.
- Supirman, H. Kartikaningsih dan K. Zaelanie. 2013. Pengaruh perbedaan pH Perendaman Asam Jeruk Nipis (*Citrus auratifolia*) dengan Pengeringan Sinar Matahari Terhadap Kualitas Kimia Teh Alga Coklat (*Sargassum fillipendula*). *THPi Student Journal*. 1 (1) : 46 – 52.
- Surakhmad, W. 2004. Pengantar Penelitian Ilmiah. Tarsito. Bandung.
- Tedeschi, C., V. Clement, M. Rouvet and B.V. Pamies. 2009. Dissolution Tests as a Tool for Predicting Bioaccessibility of Nutrients During Digestion. *Food Hydrocolloids*. 23 : 1228-1235.

- Tranggono, S., Haryadi, Suparno dan A. Murdiati. 1989. Bahan Tambahan Pangan. Proyek Pengembangan Pusat Fasilitas Bersama Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM. Yogyakarta.
- Truus, K., M. Vaheer and I. Taure. 2001. Algal Biomass from *Fucus vesiculosus* (Phaeophyta): Investigation of the Mineral and Alginate Components. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences Chemistry*. 50 (2): 95-103.
- Usmiati, S., S. Yuliani dan E. Noor. 2015. Aktivitas Hambat Terhadap Bakteri Patogen oleh Serbuk Bakteriosin Asal *Lactobacillus sp.* Galur SCG 1223. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 21 (2) : 102 – 112.
- Verbeek, J. 2012. Products and Applications of Biopolymers. In Tech. Europe. 3-26 hlm.
- Wandrey, C., A. Bartkowiak., S.E. Harding. 2010. Materials for Encapsulation. Science Business Media LLC. USA. 31-53 hlm.
- Winarsi, H. 2007. Antioksidan Alami dan Radikal Bebas: Potensi dan Aplikasinya dalam Kesehatan. Kanisius. Yogyakarta.
- Winarti, C., N. Richana, D. Mangunwidjaja dan T.C Sunarti. 2014. Pengaruh Lama Hidrolisis Asam Terhadap Karakteristik Fisiko-Kimia Pati Garut. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 24 (3) : 218-225.
- Wirakusumah, S.E. 2007. Jus Buah dan Sayuran. Swadaya. Jakarta. 18 hlm.
- Wiyono, R. 2007. Studi Pembuatan Serbuk *Effervescent* Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza Roxb*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 13 (3) : 63-64.
- Wukirsari, T. 2006. Enkapsulasi Ibuprofen dengan Penyalut Alginat-Kitosan. Skripsi. Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yunizal. 2004. Teknologi Pengolahan Alginate. Pusat Riset Pengolahan Produk Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Yulianto, K. 2010. Sistem Reproduksi Alginat: Percobaan Produksi Alginat Berbagai Grade pada Skala Semi Pilot dengan Teknologi Meshsize Filtration dan Potensi Bahan Baku *Sargassum duplicatum C. Agardh* serta Usaha Budidayanya. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Zaidar, E., B. Rumadong dan D. Lestari. 2013. Pembuatan Edible Film dari Campuran Tepung Rumput Laut. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Lampung.

Lampiran 1. Foto Prosedur Persiapan Bahan dalam Pembuatan Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*



1

Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*



2

Pencucian *Sargassum cristaefolium*



3

Pemisahan antara daun dan batang



4

Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*



5

Pembuatan Larutan Kapur (CaCO_3)



6

Pengukuran pH Air Kapur pada pH 11



Perendaman dengan Air Kapur (CaCO_3) Selama 1 Hari



Perendaman dengan Air Tawar Selama 3 Hari dan Dilakukan Pergantian Air Setiap Pagi dan Sore



Penirisan daun *Sargassum cristaefolium*



Penjemuran daun *Sargassum cristaefolium* di bawah sinar matahari



Lampiran 2. Foto Prosedur Pembuatan Ekstrak Daun Alga Coklat
Sargassum cristaefolium



Daun *Sargassum cristaefolium* kering



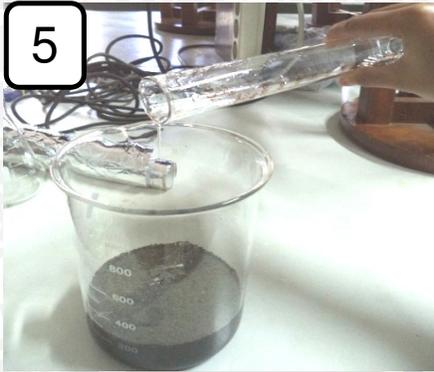
Penghalusan Daun *Sargassum cristaefolium* Menggunakan Blender



Pengayakan Sampel yang Telah Halus Dengan Menggunakan Ayakan 60 Mesh



Penimbangan Sampel Halus Sebanyak 24 g



5
Penambahan Akuades
Sebanyak 600 mL



6
Penghomogenan Larutan
Menggunakan *Magnetic stirrer*
 \pm 10-15 menit



7
Pemanasan Larutan Dalam
Waterbath Selama 5 Jam
dengan Suhu 90°C



8
Pemisahan Filtrat dan Residu
dengan Menggunakan Kain
Blancu dan Kertas Saring no.
41



9
Ekstrak Daun *Sargassum
cristaeifolium*

Lampiran 3. Foto Prosedur Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* dengan Menggunakan *Spray Dryer*



1

Dekstrin 2,67% (13,35 g) dan gum arab 5,33 % (26,65 g)



2

Ekstrak Daun *Sargassum cristaefolium*



3

Dihomogenkan menggunakan homogenizer dengan kecepatan 8000 rpm ± 10 menit



4

Enkapsulasi menggunakan *Spray dryer* pada suhu inlet 150°C dan suhu outlet 70°C



5

Serbuk enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*

Lampiran 4. Prosedur Pembuatan Larutan *Buffer* pH Asam dan Basa untuk Perlakuan pH Pada Serbuk Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Menurut Mohan (2003)

➤ **Pembuatan *Buffer* pH 2 (Asam klorida dan Kalium klorida (HCl - KCl))**

- (1) 0.1 M Kalium klorida : 7.45 g/l (74.5) dan V 50 ml
- (2) 0.1 M Asam klorida

ml of HCl	97	64.5	41.5	26.3	16.6	10.6	6.7
pH	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2

Perhitungan :

Diketahui : M KCl = 0,1

Mr = 74,5 (Ar K = 39, Ar Cl = 35,5)

V = 50 ml (0,05 L)

Ditanya: gr KCl ?

Jawab : $M = \frac{n}{V}$

$$0,1 = \frac{n}{0,05}$$

$$n = 0,1 \times 0,05$$

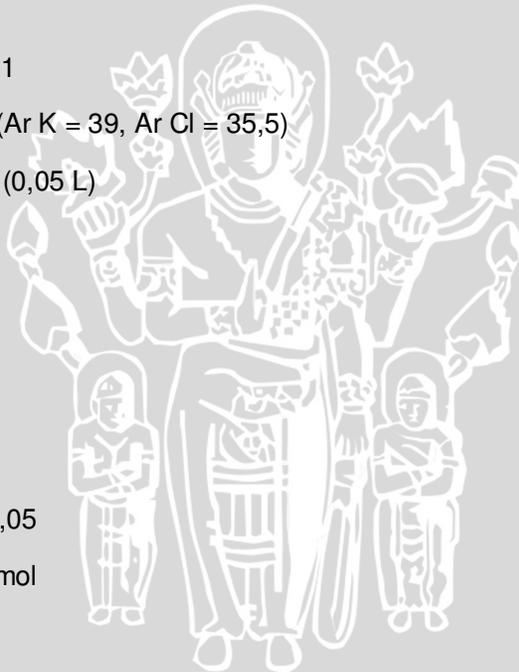
$$n = 0,005 \text{ mol}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$0,005 = \frac{\text{gr}}{74,5}$$

$$\text{gr} = 0,005 \times 74,5$$

$$\text{gr} = 0,3725$$



Disiapkan 0,1 M KCl sebanyak 50 ml dan HCl 0,1 M sebanyak 10,6 ml

Dimasukkan larutan tersebut kedalam labu ukur bervolume 100 ml

Ditambahkan aquades kedalam labu ukur sampai tanda batas

Dikocok labu ukur sampai larutan tercampur merata

Diuji pH menggunakan pH meter atau pH paper

Dituang larutan kedalam tabung reaksi dan berilah label pH 2

Larutan pH 2 siap digunakan

➤ **Pembuatan *Buffer* pH 4 (Asam asetat)**

- (1) 0.1 M Asam asetat (5.8 ml)
- (2) 0.1 M natrium asetat (Mr 82)

ml of Acetic acid	46.3	41.0	30.5	20.0	14.8	10.5	4.8
ml of Sodium acetate	3.7	9.0	19.5	30.0	35.2	39.5	45.2
pH	3.6	4.0	4.4	4.8	5.0	5.2	5.6

Disiapkan 0,1 M asam asetat sebanyak 41,0 ml dan 0,1 M sodium asetat 9,0 ml

Dimasukkan dan campur larutan tersebut kedalam labu ukur bervolume 100 ml

Ditambahkan akuades kedalam labu ukur sampai tanda batas

Dikocok labu ukur sampai larutan tercampur merata

Diuji pH menggunakan pH meter atau pH paper

Dituang larutan kedalam tabung reaksi dan berilah label pH 4

Larutan pH 4 siap digunakan

➤ **Pembuatan *Buffer* pH 7 (Sodium fosfat)**

- (1) 0.1 M Sodium fosfat monobasic
- (2) 0.1 M Sodium fosfat dibasic

ml of Sodium phosphate, Monobasic	81.5	73.5	62.5	51.0	39.0	28.0	19.0	13.0	8.5
ml of Sodium phosphate, Dibasic	18.5	26.5	37.5	49.0	61.0	72.0	81.0	87.0	91.5
pH	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8

Disiapkan 0,1 M sodium fosfat monobasic sebanyak 39,0 ml dan 0,1 M sodium fosfat dibasic sebanyak 61,0

Dimasukkan dan dicampur larutan tersebut kedalam labu ukur

Ditambahkan akuades kedalam labu ukur sampai mencapai volume 200 ml

Dikocok labu ukur sampai larutan merata

Diuji pH menggunakan pH meter atau pH paper

Dituang larutan kedalam tabung reaksi dan berilah label pH 7

Larutan pH 7 siap digunakan

➤ **Pembuatan *Buffer* pH 9 (Sodium hidroksida - Glisin)**

- (1) 0.1 M Glisin 7.5 g/l (Mr 75.0) dan V 50 ml
 (2) 0.1 M Sodium hidroksida 4.0 g/l (Mr 40.0)

ml of Sodium hydroxide	4.0	8.8	16.8	27.2	32.0	38.6	45.5
pH	8.6	9.0	9.4	9.8	10.0	10.4	10.6

Perhitungan :

Diketahui : M Glisin = 0,1

Mr Glisin = 75 (Ar C= 12, Ar H= 1, Ar N = 14, Ar O = 16)

V = 50 ml (0,05 L)

Ditanya: gr glisin?

$$\text{Jawab : } M = \frac{n}{V}$$

$$0,1 = \frac{n}{0,05}$$

$$n = 0,1 \times 0,05$$

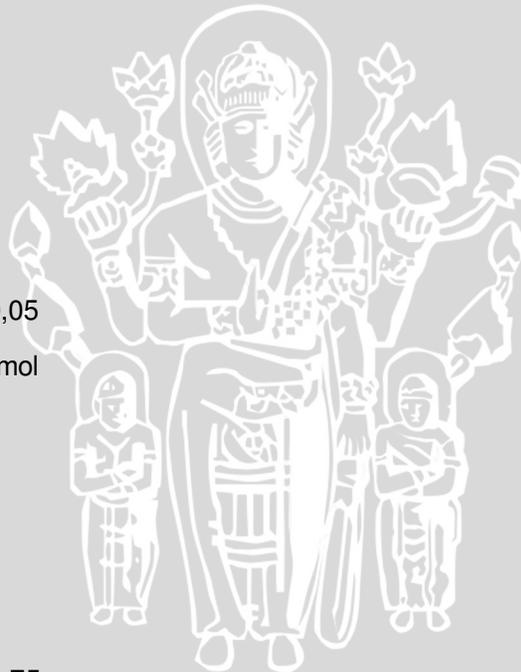
$$n = 0,005 \text{ mol}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$0,005 = \frac{\text{gr}}{75}$$

$$\text{gr} = 0,005 \times 75$$

$$\text{gr} = 0,375$$



Disiapkan 0,1 M glisin sebanyak 50 ml dan 0,1 M sodium hidroksida
sebanyak 8,8 ml

Dimasukkan larutan kedalam labu ukur

Ditambahkan aquades kedalam labu ukur sampai mencapai volume 200 ml

Diuji pH larutan menggunakan pH meter atau pH paper

Dituang larutan kedalam tabung reaksi dan berilah label pH 9

Larutan pH 9 siap digunakan



➤ Pembuatan **Buffer pH 12** (Asam klorida dan Natrium hidroksida) HCl dan NaOH

- (1) 0.1 M HCl (Mr 36,5) dan Volume 50 ml
- (2) 0.2 M NaOH dan Volume 30 ml

ml of Sodium hydroxide pH	26.0	28.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
	11.42	11.89	12.10	12.37	12.52	12.62	12.70

Perhitungan :

Diketahui : M NaOH = 0,2

$$Mr = 40$$

$$V = 30 \text{ ml}$$

Ditanya: gr NaOH?

$$\text{Jawab : } M = \frac{n}{V}$$

$$0,2 = \frac{n}{0,05}$$

$$n = 0,2 \times 0,05$$

$$n = 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{gr}}{Mr}$$

$$0,01 = \frac{\text{gr}}{40}$$

$$\text{gr} = 0,01 \times 40$$

$$\text{gr} = 0,4$$



Disiapkan 0,1 M asam klorida sebanyak 50 ml dan 0,2 M sodium hidroksida
sebanyak 30 ml

Dimasukkan larutan kedalam labu ukur

Ditambahkan aquades kedalam labu ukur sampai mencapai volume 100 ml

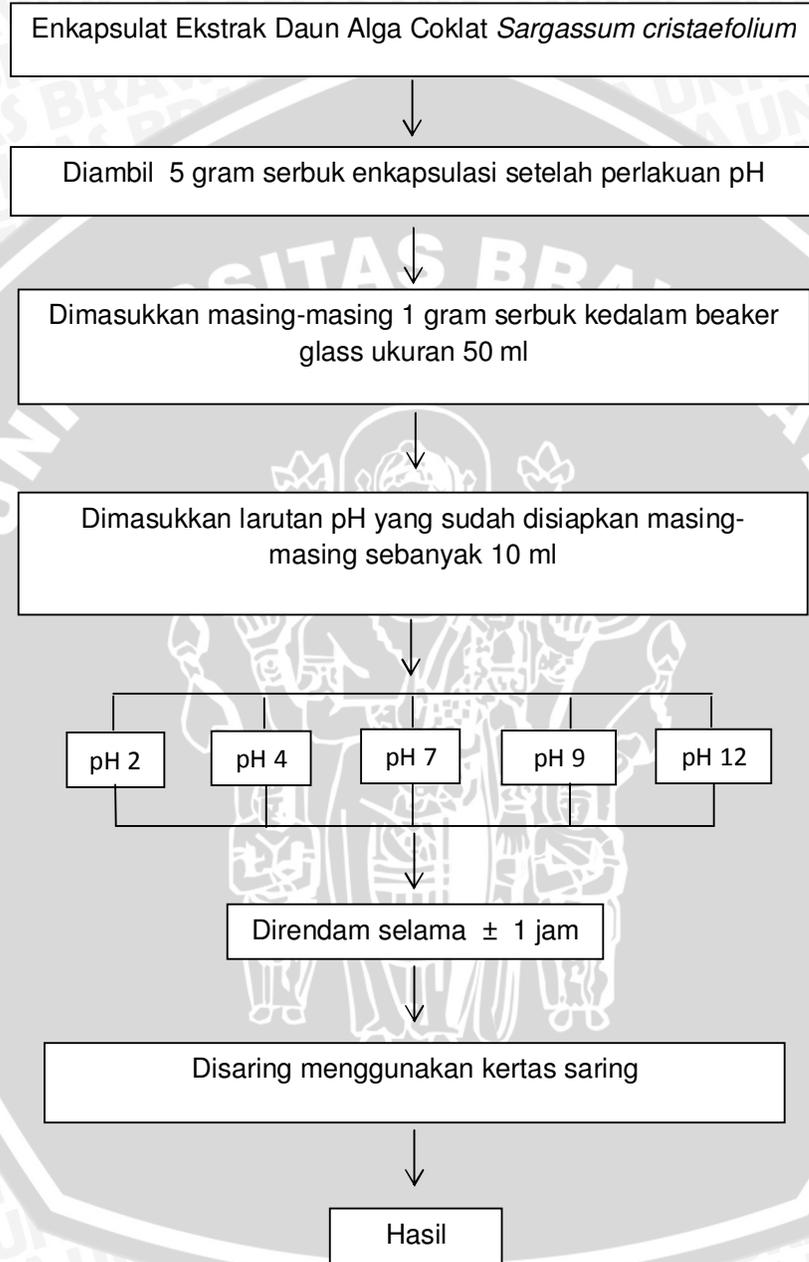
Diuji pH larutan menggunakan pH meter atau pH paper

Dituang larutan kedalam tabung reaksi dan berilah label pH 12

Larutan pH 12 siap digunakan



Lampiran 5. **Prosedur Perlakuan pH Pada Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Menggunakan Metode Setijawati (2011), yang termodifikasi**



Lampiran 6. Foto Proses Perlakuan pH Pada Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*



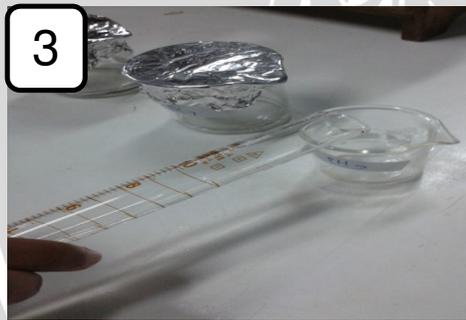
1

Serbuk Enkapsulat *Sargassum cristaefolium*



2

Proses Penimbangan Serbuk *Sargassum cristaefolium*



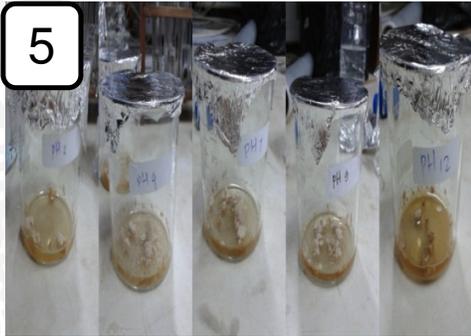
3

Larutan pH Sebanyak 10 ml Dimasukkan Kedalam Beaker Glass



4

Proses Pencampuran Serbuk *Sargassum cristaefolium* Dengan Larutan pH



Proses Perendaman Selama 1 Jam



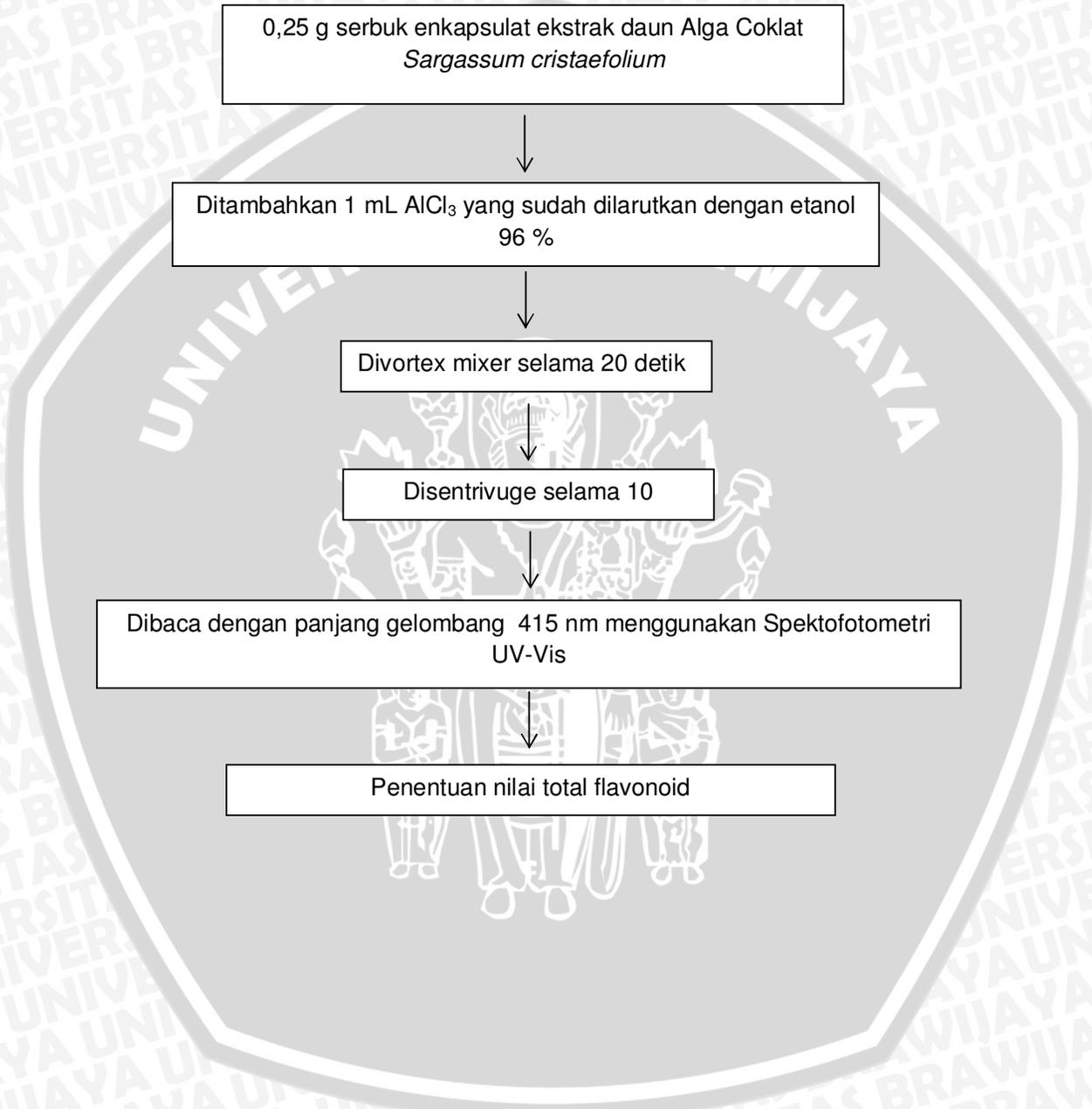
Proses Penyaringan



Hasil Serbuk Setelah Perlakuan pH



Lampiran7. Pengujian Total Flavonoid menggunakan metode Meda *et al.*, (2005)



Lampiran 8. Prosedur Analisis Diameter Enkapsulat Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* (Mariyana, 2012)

Prosedur analisis diameter enkapsulat dilakukan dengan mikroskop cahaya. Proses pengamatan adalah sebagai berikut:

1. Letakkan mikroskop pada meja yang sesuai, untuk memudahkan pengamatan melalui tabung
2. Atur pencahayaan dengan mengarahkan bagian cermin pada mikroskop pada datangnya sumber cahaya matahari
3. Gunakan lensa objektif terendah untuk dapat melihat objek preparat
4. Letakkan *objek glass* beserta sediaan yang telah ditutup dengan *cover glass* pada meja objek
5. Jepitkan *object glass* dengan penjepit yang terletak di atas meja objek
6. Sambil melihat dari samping, turunkan lensa objektif secara perlahan dengan menggunakan pengatur kasar (makrometer) hingga jarak lensa objektif dengan preparat yang akan diamati 5 mm. Lakukan hal tersebut hingga preparat terlihat jelas
7. Setelah preparat terlihat jelas, gunakanlah pemutar halus (mikrometer) dengan menaik turunkan lensa objektif agar tepat pada fokus lensa sehingga preparat terlihat lebih jelas
8. Mendapatkan perbesaran yang lebih kuat, ubahlah lensa objektif dengan mengatur revolver, usahakan agar preparat tidak bergeser

Lampiran 9. Prosedur Pengujian Organoleptik Aroma pada Serbuk Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Siapkan semua sampel yang akan diuji dan siapkan pula sampel ekstrak daun *S.cristaefolium* sebagai standar (R)

Beri kode sampel yang akan diuji dengan kode yang telah ditentukan dan beri kode sampel ekstrak daun *S.cristaefolium* dengan R

Panelis diberi sampel R untuk diuji terlebih dahulu kemudian baru diberi sampel uji, lalu panelis membandingkan sampel uji dengan sampel R dalam segi aroma

Panelis mencatat hasil pengamatan pada lembar kuisisioner yang telah disediakan

Hasil

Lampiran 10. Lembar Uji Organoleptik Aroma *Multiple Comparson* (Jaya et al., 2013)

Uji organoleptik yang dilakukan meliputi uji aroma.
Lembar uji organoleptik adalah sebagai berikut :

LEMBAR UJI ORGANOLEPTIK

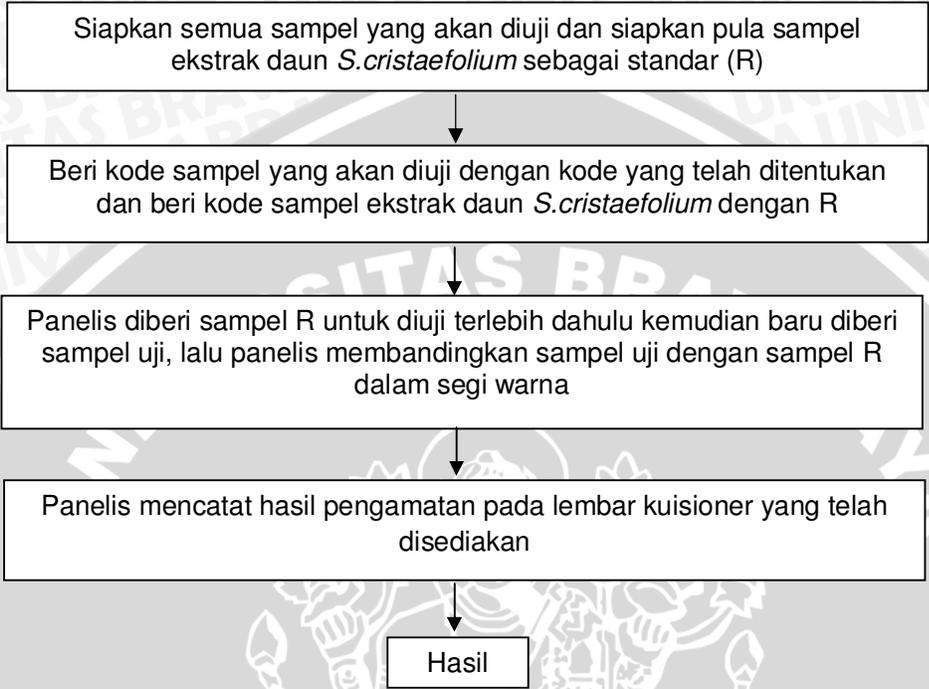
Nama panelis :
Waktu pengujian :
Nama produk : Enkapsulat ekstrak daun *S. cristaefolium*
Perintah :

Saudara akan diberi sampel ekstrak daun *S. cristaefolium* untuk dibandingkan dengan serbuk/enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Masing-masing sampel harus dibandingkan dengan R (standart / ekstrak daun *S. cristaefolium*) dengan cara mencium aroma R terlebih dahulu, kemudian mencium sampel yang diuji. Apakah sampel-sampel tersebut lebih baik, sama, atau lebih buruk dari R. Kemudian beri tanda centang (✓) pada tingkat perbedaan yang ada.

Tingkat perbedaan:

No	Penilaian	Kode Sampel														
		9	9	5	2	7	5	8	1	6	6	9	9	3	6	4
		6	0	0	7	5	0	0	1	1	2	3	8	5	0	3
		2	5	4	4	3	3	7	0	5	1	6	1	4	2	0
1	Lebih berbau amis dari R															
2	Agak berbau amis dari R															
3	Sama berbau amis dengan R															
4	Agak kurang berbau amis dari R															
5	Kurang berbau amis dari R															

Lampiran 11. Prosedur Pengujian Organoleptik Warna pada Serbuk Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*



Lampiran 12. Lembar Uji Organoleptik Warna *Multiple Comparson* (Jaya et al., 2013)

Uji organoleptik yang dilakukan meliputi uji warna.
Lembar uji organoleptik adalah sebagai berikut :

LEMBAR UJI ORGANOLEPTIK

Nama panelis :
 Waktu pengujian :
 Nama produk : Enkapsulat ekstrak daun *S. cristaefolium*
 Perintah :

Saudara akan diberi sampel ekstrak daun *S. cristaefolium* untuk dibandingkan dengan serbuk/enkapsulat ekstrak daun *Sargassum cristaefolium*. Masing-masing sampel harus dibandingkan dengan R (standart / ekstrak daun *S. cristaefolium*) dengan cara melihat warna R terlebih dahulu, kemudian melihat sampel yang diuji. Apakah sampel-sampel tersebut lebih baik, sama, atau lebih buruk dari R. Kemudian beri tanda centang (✓) pada tingkat perbedaan yang ada.

Tingkat perbedaan:

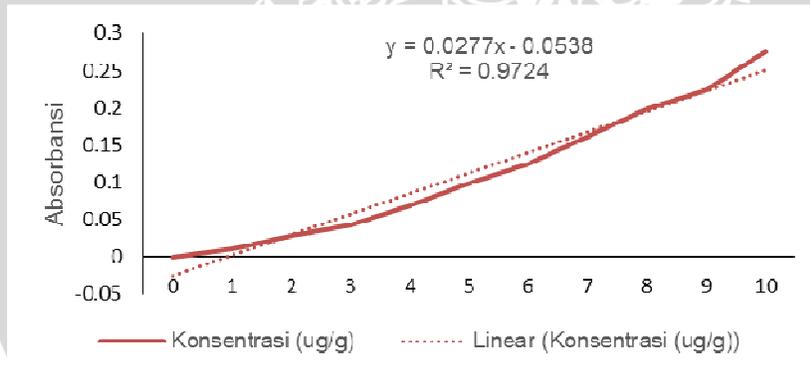
No	Penilaian	Kode Sampel														
		9	9	6	2	1	6	4	6	9	5	2	4	4	1	3
		9	4	5	3	5	6	2	8	8	8	9	5	4	0	9
		2	1	8	8	9	2	0	0	4	4	3	8	1	9	1
1	Lebih berwarna coklat dari R															
2	Agak berwarna coklat dari R															
3	Sama berwarna coklat dengan R															
4	Agak kurang berwarna coklat dari R															
5	Kurang berwarna coklat dari R															

Lampiran 13. Perhitungan dan Analisis Data Total Flavonoid Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Pada Perlakuan pH

- **Data Hasil Nilai Absorbansi Quersetin**

Konsentrasi (ug/g)	Absorbansi
0	0
1	0,011
2	0,028
3	0,042
4	0,068
5	0,099
6	0,124
7	0,162
8	0,198
9	0,225
10	0,276

- **Grafik Hubungan Antara Absorbansi dengan Konsentrasi Quersetin**



- **Data Hasil Flavonoid Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium* Pada Perlakuan pH**

Sampel	Ulangan	m sampel (g)	abs	Total Flavonoid (mg ekuivalen kuersetin)	Rata-rata
A	1	0,24	0,0861	0,2104	0,2017
	2	0,26	0,0864	0,1947	
	3	0,25	0,0847	0,2000	
B	1	0,25	0,0805	0,1939	0,1913
	2	0,24	0,0797	0,2008	
	3	0,27	0,0801	0,1790	
C	1	0,25	0,0590	0,1629	0,1648
	2	0,26	0,0631	0,1623	
	3	0,25	0,0634	0,1692	
D	1	0,24	0,0611	0,1728	0,1617
	2	0,27	0,0631	0,1563	
	3	0,27	0,0628	0,1559	
E	1	0,26	0,0508	0,1452	0,1466
	2	0,25	0,0492	0,1487	
	3	0,26	0,0512	0,1458	

Perhitungan total flavonoid

Rumus:

$$C = C_1 \times \frac{V}{m} \times FP$$

Sampel A (Ulangan 1)

$$y = a + bx$$

$$y = 0,0277x - 0,0538$$

$$x = (0,0861 + 0,0538) / 0,0277$$

$$x = 5,0505 \text{ mg/L}$$

Nilai x digunakan sebagai C_1 dalam rumus perhitungan total flavonoid.

$$C = C_1 \times \frac{V}{m} \times FP$$

$$C = 5,0505 \times \frac{0,001}{0,24} \times 10$$

$$C = 0,2104 \text{ mg ekuivalen kuersetin}$$

(*Perhitungan data selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama)

Analisis Data

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	1	2	3			
A	0,2104	0,1947	0,2000	0,6051	0,2017	0,008022
B	0,1939	0,2008	0,1790	0,5738	0,1913	0,011132
C	0,1629	0,1623	0,1692	0,4944	0,1648	0,003844
D	0,1728	0,1563	0,1559	0,4850	0,1617	0,009661
E	0,1452	0,1487	0,1458	0,4398	0,1466	0,00188

$$\begin{aligned}
 FK &= (0,2104 + 0,1947 + 0,2000 + 0,1939 + \dots + 0,1458)^2/15 \\
 &= (2,5981)^2/15 \\
 &= 6,7503/15 \\
 &= 0,45002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (0,2104^2 + 0,1947^2 + 0,2000^2 + \dots + 0,1458^2) - FK \\
 &= 0,45677 - 0,45002 \\
 &= 0,00675
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= ((0,6051^2 + 0,5738^2 + \dots + 0,4398^2)/3) - FK \\
 &= (1,3685/3) - 0,4500 \\
 &= 0,45617 - 0,45002 \\
 &= 0,00615
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP \\
 &= 0,00675 - 0,00615 \\
 &= 0,00060
 \end{aligned}$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,00615	0,00154	25,62676	3,48	5,99
Galat	10	0,00060	0,00006			
Total	14	0,00675				

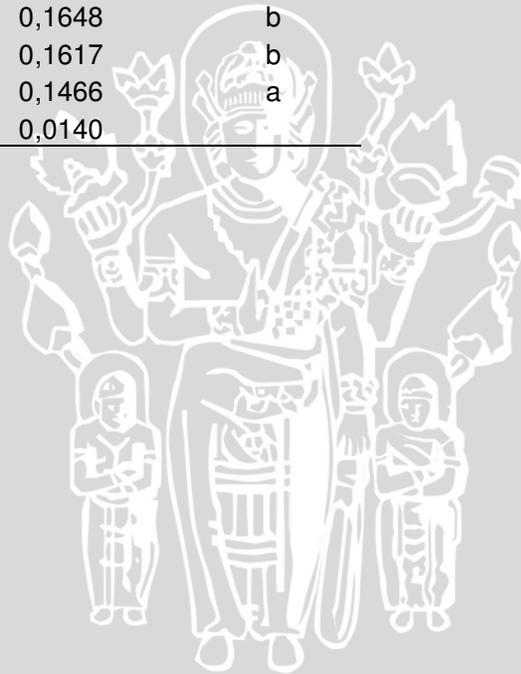
Berpengaruh Nyata

- Uji BNT

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}\alpha &= t_{\alpha} (\text{db galat}) \times \sqrt{(2 \text{ KTG})/\text{ulangan}} \\
 &= t_{0,05 (10)} \sqrt{(2 \times 0,00006)/3} \\
 &= 2,228 \times \sqrt{0,00004} \\
 &= 2,228 \times 0,0063 \\
 &= 0,0140
 \end{aligned}$$

NOTASI

Perlakuan	Rata – rata	Notasi
pH 2	0,2017	c
pH 4	0,1913	c
pH 7	0,1648	b
pH 9	0,1617	b
pH 12	0,1466	a
BNT 5%	0,0140	



Lampiran 14. Perhitungan dan Analisis Data Efisiensi Enkapsulasi Flavonoid Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Data Pengamatan

Ulangan	Perlakuan	Total Flavonoid Sebelum Perlakuan pH (mg ekuivalen kuersetin)	Total Flavonoid Setelah Perlakuan pH (mg ekuivalen kuersetin)	Efisiensi Enkapsulasi Flavonoid (%)
1	A	0,431	0,21	48,7239
	B	0,431	0,194	45,0116
	C	0,431	0,163	37,8190
	D	0,431	0,173	40,1392
	E	0,431	0,145	33,6427
2	A	0,431	0,195	45,2436
	B	0,431	0,201	46,6357
	C	0,431	0,162	37,5870
	D	0,431	0,156	36,1949
	E	0,431	0,149	34,5708
3	A	0,431	0,2	46,4037
	B	0,431	0,179	41,5313
	C	0,431	0,169	39,2111
	D	0,431	0,156	36,1949
	E	0,431	0,146	33,8747

Perhitungan efisiensi enkapsulasi flavonoid :

Rumus :

$$\% \text{ Efisiensi Flavonoid} = \frac{\text{Flavonoid setelah perlakuan pH}}{\text{Flavonoid sebelum perlakuan pH}} \times 100\%$$

Sampel A (Ulangan 1)

$$\begin{aligned} \% \text{ Efisiensi Flavonoid} &= \frac{0,21}{0,431} \times 100\% \\ &= 48,7239 \% \end{aligned}$$

(*Perhitungan data selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama)

Analisis Data

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	1	2	3			
A	48,72	45,24	46,40	140,37	46,79	1,7721
B	45,01	46,63	41,53	133,18	44,39	2,6078
C	37,82	37,59	39,21	114,62	38,20	0,8784
D	40,14	36,19	36,195	112,53	37,51	2,2772
E	33,64	34,57	33,87	102,09	34,03	0,4830

$$\begin{aligned}
 FK &= ((48,72 + 45,24 + 46,4 + 45,01 + 46,63 + \dots + 33,87)^2)/15 \\
 &= (602,78)^2/15 \\
 &= 363.348,819/15 \\
 &= 24.223,2546
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (48,72^2 + 45,24^2 + 46,4^2 + 45,01^2 + 46,63^2 + \dots + 33,87^2) - FK \\
 &= 24.586,4309 - 24.223,2546 \\
 &= 363,1763
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= ((140,37^2 + 133,18^2 + 114,62^2 + 112,53^2 + 102,09^2)/3) - FK \\
 &= (73.662,5018/3) - 24.223,2546 \\
 &= 24.554,1673 - 24.223,2546 \\
 &= 330,9127
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP \\
 &= 363,1763 - 330,9127 \\
 &= 32,2637
 \end{aligned}$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	330.9127	82.728165	25.64127	3.48	5.99
Galat	10	32.2637	3.2263679			
Total	14	363.1763				

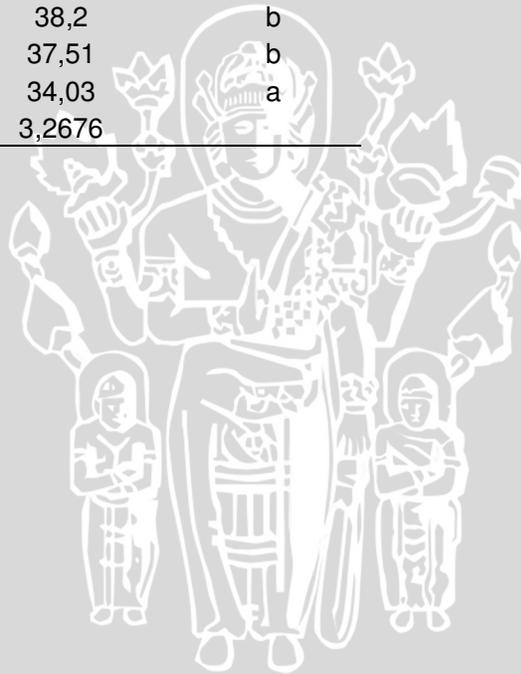
Berpengaruh Nyata

- Uji BNT

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}\alpha &= t_{\alpha} (\text{db galat}) \times \sqrt{(2 \text{ KTG})/\text{ulangan}} \\
 &= t_{0,05 (10)} \sqrt{(2 \times 3,22637)/3} \\
 &= 2,228 \times \sqrt{2,150913} \\
 &= 2,228 \times 1,4666 \\
 &= 3,2676
 \end{aligned}$$

NOTASI

Perlakuan	Rata – rata	Notasi
pH 2	46,79	c
pH 4	44,39	c
pH 7	38,2	b
pH 9	37,51	b
pH 12	34,03	a
BNT 5%	3,2676	



Lampiran 15. Perhitungan dan Analisis Data Diameter Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Data Hasil Pengujian

Perlakuan	Ulangan	Diameter
A	1	15,40
	2	14,08
	3	14,52
B	1	14,08
	2	14,52
	3	14,96
C	1	13,20
	2	12,32
	3	12,32
D	1	14,52
	2	14,08
	3	15,84
E	1	15,84
	2	16,28
	3	16,28

Analisis Data

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	1	2	3			
A	15,40	14,08	14,52	44,00	14,66667	0,672111
B	14,08	14,52	14,96	43,56	14,52000	0,440000
C	13,20	12,32	12,32	37,84	12,61333	0,508068
D	14,52	14,08	15,84	44,44	14,81333	0,915933
E	15,84	16,28	16,28	48,40	16,13333	0,254034

$$\begin{aligned}
 FK &= (15,40 + 14,08 + 14,52 + 14,08 + \dots + 16,28)^2 / 15 \\
 &= (218,24)^2 / 15 \\
 &= 47628,6976 / 15 \\
 &= 3175,247
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (15,40^2 + 14,08^2 + 14,52^2 + \dots + 16,28^2) - FK \\
 &= 3197,8848 - 3175,247 \\
 &= 22,6383
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 JKP &= ((44^2 + 43,56^2 + 37,84^2 + 44,44^2 + 48,4^2)/3) - FK \\
 &= (9582,8128)/3 - 3175,247 \\
 &= 3194,2709 - 3175,247 \\
 &= 19,024
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP \\
 &= 22,6383 - 19,024 \\
 &= 3,614
 \end{aligned}$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	19,024	4,756107	13,16071	3,48	5,99
Galat	10	3,614	0,361387			
Total	14	22,6383				

Berpengaruh Nyata

- Uji BNT

$$\begin{aligned}
 BNT\alpha &= t_{\alpha (db\ galat)} \times \sqrt{(2\ KTG)/ulangan} \\
 &= t_{0,05 (10)} \sqrt{(2 \times 0,361387)/3} \\
 &= 2,228 \times \sqrt{0,2409} \\
 &= 2,228 \times 0,4908 \\
 &= 1,0935
 \end{aligned}$$

NOTASI

Perlakuan	Rata – rata	Notasi
pH 2	14,6667	b
pH 4	14,5200	b
pH 7	12,6133	a
pH 9	14,8133	b
pH 12	16,1333	c
BNT 5%	1,0935	

Lampiran 16. Perhitungan dan Analisis Data Uji Organoleptik Aroma Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Organoleptik Aroma

No	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	Total
1	5	4	3	4	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5	3	65
2	5	4	4	5	4	4	3	4	4	4	5	5	4	3	4	62
3	4	5	5	5	4	5	2	3	3	4	2	3	4	4	3	56
4	4	4	5	4	3	5	3	3	4	5	4	4	4	3	5	60
5	5	5	4	4	5	4	4	5	4	4	3	5	3	5	4	64
6	4	5	5	3	4	4	3	4	4	3	2	3	4	4	5	57
7	3	4	4	4	3	3	4	4	5	5	4	4	2	4	5	58
8	5	4	4	5	5	4	5	4	3	4	5	4	5	3	4	64
9	4	4	5	4	3	4	4	3	4	5	3	4	4	5	4	60
10	4	5	3	4	5	3	3	5	4	4	5	3	5	4	5	62
Total	43	44	42	42	41	41	36	39	39	43	38	39	39	40	42	608
Rata-rata	4,3	4,4	4,2	4,2	4,1	4,1	3,6	3,9	3,9	4,3	3,8	3,9	3,9	4	4,2	4,053

Analisis Data

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	1	2	3			
A	4,3	4,4	4,2	12,9	4,3	0,1
B	4,2	4,1	4,1	12,4	4,13333	0,05774
C	3,6	3,9	3,9	11,4	3,8	0,17321
D	4,3	3,8	3,9	12	4	0,26458
E	3,9	4	4,2	12,1	4,033333	0,15275

$$\begin{aligned}
 FK &= (4,3 + 4,4 + 4,2 + 4,2 + \dots + 4,2)^2 / 15 \\
 &= (60,8)^2 / 15 \\
 &= 3696,64 / 15 \\
 &= 246,4427
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (4,3^2 + 4,4^2 + 4,2^2 + 4,2^2 + \dots + 4,2^2) - FK \\
 &= 247,12 - 246,4427 \\
 &= 0,6773
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= ((12,9^2 + 12,4^2 + 11,4^2 + 12^2 + 12,1^2)/3) - FK \\
 &= (740,54/3) - 246,4427 \\
 &= 246,8467 - 246,4427 \\
 &= 0,404
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP \\
 &= 0,6773 - 0,404 \\
 &= 0,2733
 \end{aligned}$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,404	0,101	3,695122	3,48	5,99
Galat	10	0,273333	0,027333			
Total	14	0,677333				

Berpengaruh Nyata

- Uji BNT

$$\begin{aligned}
 BNT\alpha &= t_{\alpha (db\ galat)} \times \sqrt{(2\ KTG)/ulangan} \\
 &= t_{0,05 (10)} \sqrt{(2 \times 0,027333)/3} \\
 &= 2,228 \times \sqrt{0,0182} \\
 &= 2,228 \times 0,1349 \\
 &= 0,3005
 \end{aligned}$$

NOTASI

Perlakuan	Rata – rata	Notasi
pH 2	4,3	b
pH 4	4,133	b
pH 7	3,8	a
pH 9	4	a
pH 12	4,033	a
BNT 5%	0,3005	



Lampiran 17. Perhitungan dan Analisis Data Uji Organoleptik Warna Enkapsulat Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Organoleptik Warna

No	A 1	A 2	A 3	B 1	B 2	B 3	C 1	C 2	C 3	D 1	D 2	D 3	E 1	E 2	E 3	Total
1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	23
2	2	1	2	3	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	2	24
3	1	2	4	2	2	3	3	2	2	1	2	2	2	1	1	30
4	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	1	3	2	2	1	29
5	3	2	1	3	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	26
6	1	2	3	1	1	2	3	1	2	1	1	2	2	1	2	25
7	2	1	2	2	2	3	1	2	1	2	1	1	1	2	2	25
8	4	3	2	1	2	3	1	1	2	2	2	3	1	1	2	30
9	4	2	1	2	1	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	30
10	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	22
Total	22	19	20	19	15	21	18	17	18	16	16	18	14	16	15	264
Rata-rata	2,2	1,9	2	1,9	1,5	2,1	1,8	1,7	1,8	1,6	1,6	1,8	1,4	1,6	1,5	1,76

Analisis Data

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	1	2	3			
A	2,2	1,9	2	6,1	2,033333	0,152753
B	1,9	1,5	2,1	5,5	1,833333	0,305505
C	1,8	1,7	1,8	5,3	1,766667	0,057735
D	1,6	1,6	1,8	5	1,666667	0,11547
E	1,4	1,6	1,5	4,5	1,5	0,1

$$\begin{aligned}
 FK &= (2,2 + 1,9 + 2 + 1,9 + \dots + 1,5)^2 / 15 \\
 &= (26,4)^2 / 15 \\
 &= 696,69 / 15 \\
 &= 46,464
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (2,2^2 + 1,9^2 + 2^2 + \dots + 1,5^2) - FK \\
 &= 47,22 - 46,464 \\
 &= 0,756
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= ((6,1^2 + 5,5^2 + 5,3^2 + 5^2 + 4,5^2)/3) - FK \\
 &= (140,8/3) - 46,464 \\
 &= 46,933 - 46,464 \\
 &= 0,469
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP \\
 &= 0,756 - 0,469 \\
 &= 0,287
 \end{aligned}$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,4693	0,11733	4,093023	3,48	5,99
Galat	10	0,2867	0,02867			
Total	14	0,756				

Berpengaruh Nyata

- Uji BNT

$$\begin{aligned}
 BNT\alpha &= t_{\alpha} (db\ galat) \times \sqrt{(2\ KTG)/ulangan} \\
 &= t_{0,05 (10)} \sqrt{(2 \times 0,02867)/3} \\
 &= 2,228 \times \sqrt{0,0191} \\
 &= 2,228 \times 0,1382 \\
 &= 0,3709
 \end{aligned}$$

NOTASI

Perlakuan	Rata – rata	Notasi
pH 2	2,0333	b
pH 4	1,8333	a
pH 7	1,7667	a
pH 9	1,6667	a
pH 12	1,5	a
BNT 5%	0,3709	

Lampiran 18. Perhitungan dan Analisis Data Rendemen Enkapsulasi Ekstrak Daun Alga Coklat *Sargassum cristaefolium*

Data Pengamatan

Ulangan	Perlakuan	Sebelum Perlakuan pH (g)	Setelah Perlakuan pH (g)	% Rendemen
1	A	1	0,73	73
	B	1	0,71	71
	C	1	0,61	61
	D	1	0,58	58
	E	1	0,52	52
2	A	1	0,72	72
	B	1	0,7	70
	C	1	0,59	59
	D	1	0,6	60
	E	1	0,55	55
3	A	1	0,75	75
	B	1	0,76	76
	C	1	0,57	57
	D	1	0,54	54
	E	1	0,51	51

Perhitungan rendemen enkapsulasi ekstrak daun alga coklat *Sargassum cristaefolium*

Rumus :

$$\% \text{ Rendemer} = \frac{\text{Setelah perlakuan pH}}{\text{Sebelum perlakuan pH}} \times 100\%$$

Sampel A1 (Ulangan 1) :

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen} &= \frac{0,73}{1} \times 100\% \\ &= 73 \% \end{aligned}$$

(*Perhitungan data selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama)

Analisis Data

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	1	2	3			
A	73	72	75	220	73,333	1,527525
B	71	70	76	217	72,333	3,21455
C	61	59	57	177	59	2
D	58	60	54	172	57,333	3,05505
E	52	55	51	158	52,667	2,08166

$$\begin{aligned}
 FK &= ((73 + 72 + 75 + 71 + 70 + \dots + 51)^2)/15 \\
 &= (944^2)/15 \\
 &= 891.136/15 \\
 &= 59.409,07
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (73^2 + 72^2 + 75^2 + 71^2 + 70^2 + \dots + 51^2) - FK \\
 &= 60.516 - 59.409,07 \\
 &= 1.106,933
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= ((220^2 + 217^2 + 177^2 + 172^2 + 158^2)/3) - FK \\
 &= (181.366/3) - 59.409,07 \\
 &= 60.455,33 - 59.409,07 \\
 &= 1.046,267
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP \\
 &= 1.106,933 - 1.046,267 \\
 &= 60,6667
 \end{aligned}$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	1046.267	261.5667	43.11538	3.48	5.99
Galat	10	60.66667	6.066667			
Total	14	1106.933				

Berpengaruh Nyata

- Uji BNT

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}\alpha &= t_{\alpha} (\text{db galat}) \times \sqrt{(2 \text{KTG})/\text{ulangan}} \\
 &= t_{0,05} (10) \sqrt{(2 \times 6,06667)/3} \\
 &= 2,228 \times \sqrt{4,04445} \\
 &= 2,228 \times 2,01108 \\
 &= 4,4807
 \end{aligned}$$

NOTASI

Perlakuan	Rata – rata	Notasi
pH 2	73,33	c
pH 4	72,33	c
pH 7	59	b
pH 9	57,33	b
pH 12	52,33	a
BNT 5%	4,4807	

