



**SUBSTITUSI ALGINAT DENGAN TAPIOKA TEROKSIDASI
PADA ENKAPSULASI ANTIOKSIDAN KULIT
BUAH KOPI SECARA *COACERVATION***

SKRIPSI

oleh

**Rizka Yusraa Arditta
NIM 101710101101**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**SUBSTITUSI ALGINAT DENGAN TAPIOKA TEROKSIDASI
PADA ENKAPSULASI ANTIOKSIDAN KULIT
BUAH KOPI SECARA *COACERVATION***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan pendidikan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

oleh

Rizka Yusraa Arditta
NIM 101710101101

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, sebuah Karya Tulis Ilmiah (SKRIPSI) ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya Ibu Diah Arsyanti dan Bapak Gretta Sasmita Aditriana serta adikku Faried Haq Muhammad Adittyta;
2. Dosen Pembimbing Utama Ir. Sukatiningsih, MS dan Dosen Pembimbing Anggota Ir. Yhulia Praptiningsih S, MS yang telah dengan tulus memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, dan pengalaman dengan penuh kesabaran;
3. Guru-guruku sejak TK hingga Perguruan Tinggi;
4. Almamaterku tercinta Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;

MOTTO

*What you are going to be tomorrow,
you are becoming today*

(John Maxwell)

*Anyone who stops learning is old,
Whether at twenty or eighty.*

(Henry Ford)

*We all love to win,
But how many people love to train?*

(Mark Spitz)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizka Yusraa Arditta

NIM : 101710101101

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Substitusi Alginat dengan Tapioka Teroksidasi pada Enkapsulasi Antioksidan Kulit Buah Kopi secara *Coacervation*” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan kepada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas kebenaran isi laporan ini sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 Juni 2015

Yang menyatakan,

Rizka Yusraa Arditta
NIM 101710101101

SKRIPSI

**SUBSTITUSI ALGINAT DENGAN TAPIOKA TEROKSIDASI
PADA ENKAPSULASI ANTIOKSIDAN KULIT BUAH
KOPI SECARA *COACERVATION***

Oleh

Rizka Yusraa Arditta
NIM 101710101101

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Sukatiningsih, MS

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Yhulia Praptiningsih S., MS

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Substitusi Alginat dengan Tapioka Teroksidasi pada Enkapsulasi Antioksidan Kulit Buah Kopi secara *Coacervation*” karya Rizka Yusraa Arditta NIM 101710101101 telah diuji dan disahkan pada :

hari : Rabu

tanggal : 3 Juni 2015

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Anggota,

Ir. Wiwik Siti Windrati, M.P
NIP. 195311211979032002

Ir. Nurud Diniyah, S.TP, MP
NIP. 198202192008122002

Mengesahkan,

Dekan

Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

Dr. Yuli Witono, S.Tp. ,M.p.
NIP. 196912121998021001

RINGKASAN

Substitusi Alginat dengan Tapioka Teroksidasi pada Enkapsulasi Kulit Buah Kopi secara *Coacervation*; Rizka Yusraa Arditta; 101710101101; 2015; 49 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Kopi merupakan komoditas perkebunan terbesar ke 8 setelah karet dan wine dalam dunia internasional. Bagian buah kopi yang digunakan dalam industri kopi adalah biji kopi. Bagian buah seperti kulit buah, daging buah, kulit ari, kulit tanduk dibuang sebagai limbah. Akan tetapi, kulit buah kopi mengandung senyawa-senyawa antioksidan seperti antosianin, polifenol, betakaroten, dan vitamin C yang berpotensi digunakan sebagai bahan antioksidan alami. Karena senyawa antioksidan mudah sekali rusak oleh udara, cahaya, maupun panas, maka senyawa antioksidan perlu dilindungi. Salah satu upaya untuk melindunginya adalah dengan enkapsulasi secara *coacervation*. Bahan yang biasanya digunakan sebagai bahan pengkapsul pada enkapsulasi secara *coacervation* adalah alginat. Namun, harga alginat yang cukup mahal menyebabkan penggunaan alginat sebagai bahan enkapsulasi sering dikombinasikan dengan bahan lainnya seperti pati teroksidasi. Karakteristik pati teroksidasi yang mirip dengan alginat memungkinkan pati teroksidasi berikatan dengan kalsium, dan digunakan sebagai pengsubstitusi alginat. Akan tetapi, belum diketahui proporsi perbandingan tapioka teroksidasi terhadap alginat pada enkapsulasi ekstrak antioksidan kulit buah kopi secara *coacervation* dengan karakteristik kapsul yang baik, oleh karena itu perlu diteliti.

Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap. Tahap pertama yaitu ekstraksi senyawa antioksidan kulit buah kopi dan karakterisasi ekstrak antioksidan kulit buah kopi. Pada ekstrak kulit buah kopi dilakukan analisis terhadap kadar air, warna, kadar antosianin, total polifenol, kadar betakaroten, kadar vitamin C, dan aktivitas antioksidan. Tahap kedua adalah enkapsulasi antioksidan kulit buah kopi

dan tahap ketiga adalah karakterisasi ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi. Pada ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi dilakukan analisis terhadap kadar air, ukuran kapsul, warna, rendemen, total polifenol, kadar betakaroten, kadar vitamin C, efisiensi enkapsulasi, dan aktivitas antioksidan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh terhadap kadar air, kadar betakaroten, total polifenol, kadar vitamin C, aktivitas antioksidan, dan efisiensi enkapsulasi ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi, namun tidak berpengaruh terhadap ukuran kapsul, rendemen, dan warna kapsul antioksidan. Selain itu, proporsi tapioka teroksidasi yang tepat adalah 10% tapioka teroksidasi: 90% alginat (perlakuan B). Kapsul yang dihasilkan mempunyai karakteristik kadar polifenol, betakaroten, vitamin C, aktivitas antioksidan, dan efisiensi enkapsulasi berturut-turut sebesar 76,44 mg/g, 0,35 mg/g, 4,43 mg/g, 32,3%, dan 43,49%. Karakteristik fisik yang meliputi ukuran kapsul, kadar air, rendemen, tingkat kecerahan (L), dan °H berturut-turut adalah 1,56 mm, 19,90%, 7,50%, 51,94, dan 35,08 dengan deskripsi warna *Red*.

SUMMARY

Oxidized Tapioca Starch as Alginate Substitution for Encapsulation of Coffee Husk Antioxidant by *Coacervation*; Rizka Yusraa Arditta; 101710101101; 2015; 49 pages; Agricultural Product of Technology Department, Faculty of Agricultural Technology, Jember University.

Coffee is the 8th largest of plantation commodities after rubber and wine in the international world. The coffee berries used in the coffee industry is coffee beans. Part of the fruit such as fruit skins, pulp, silverskin, and parchment are disposed as waste. However, the coffee skin contains antioxidant compounds such as anthocyanin, polyphenols, betakaroten, and vitamin C that potentially used as natural antioxidants. Because of antioxidant compounds are easy damaged by air, light, and heat, the antioxidant compounds need to be protected. One of the efforts to protect it is with encapsulation by *coacervation*. Material which is usually used as an ingredient on encapsulation by *coacervation* is alginate. But, the price of alginate that is expensive enough make the alginate as an encapsulation ingredient often be combined by other material such as starch oxidized. Starch oxidized characteristics similar to alginate that possible to starch oxidized bonded with calcium and used as alginate substitution. However, it was not known the proportion of comparison tapioca oxidized against alginat on antioxidant encapsulation extract of coffee skin by *coacervation* to produce good capsule characteristics, hence need to be researched.

This research carried out in three stages. The first stage is the extraction of antioxidant coffee skin compounds and characterizing antioxidant the coffee skin extracts. In coffee skin extracts analysis was conducted on the water content, colour, anthocyanin content, polyphenol content, betakaroten content, vitamin C content, and antioxidant activity. The second stage is coffee skin antioxidant encapsulation and the third stage is antioxidant characterization of coffee skin extract capsules. In coffee skin extract capsules analysis was conducted on water

content, capsule size, colour, yield, polyphenol content, betakaroten content, vitamin C content, encapsulation efficiency, and antioxidant activity.

The research result show that alginate substitution with oxidized tapioca in encapsulation coffee skin antioxidant by *coecervation* impact on water content, betakaroten content, polyphenol content, vitamin C content, antioxidant activity, and encapsulation efficiency of coffee skin extract capsule, but not impact on capsule size, yield, and capsule colour. Besides, the proper of proportion oxidized tapioca is 10% oxidized tapioca: 90% alginate (B treatment). The resulted capsule has characteristics polyphenol, betakaroten, vitamin C, antioxidant activity, and encapsulation efficiency were 76,44 mg/g, 0,35 mg/g, 4,43 mg/g, 32,3%, and 43,49%. The physical characteristics such as capsule size, water content, yield, lightness (L), and °H are 1,56 mm, 19,90%, 7,50%, 51,94, and 35,08 with *red* description in colour.

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Substitusi Alginat dengan Tapioka Teroksidasi pada Enkapsulasi Kulit Buah Kopi secara *Coacervation*” ini dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Yuli Witono S.TP.,M.P., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
2. Ir. Giyarto, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
3. Ibu Ir. Sukatiningsih, MS selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ir. Yhulia Praptiningsih S., MS selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah bersedia dengan sabar memberikan arahan dan masukan dalam penulisan skripsi ini;
4. Ibu Ir. Wiwik Siti Windari, MP, selaku penguji utama dan Ibu Nurud Diniyah S.TP., MP, selaku penguji anggota yang telah memberikan saran dan evaluasi untuk perbaikan skripsi ini;
5. Ibu Nurul Isnaini Fitriyana S.TP., MP., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu dan perhatian dalam bentuk nasihat serta teguran selama kegiatan bimbingan akademik;
6. Segenap dosen, teknisi laboratorium (Mbak Ketut, Mbak Wim, Mbak Sari, Mbak Neni, dan Pak Mistar), dan karyawan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember yang telah meluangkan waktu dan membantu penyelesaian skripsi ini;
7. Ayahanda Gretta Sasmita A, Ibunda Diah Arsyanti, serta adikku Faried Haq M. Adittyia yang telah banyak memberikan segenap curahan kasih sayang, doa dan cinta yang tak terkira selama ini, tak ada yang mampu melukiskan ungkapan rasa terimakasihku untuk kalian;
8. Sahabat-sahabatku TEPAG yang tanpa lelah memberi semangat dan doa untuk terus melanjutkan pengerjaan karya ilmiah ini;

9. Keluarga pertama di FTP (Chibi) : Dhira, Citra, Jujuk, Erna, Devi, Evita, dan Ifa yang selalu memotivasi dan membantuku dalam mencapai kelulusan;
10. Keluarga besar THP “Mantab Jaya” seperjuangan angkatan 2010 dengan segala “keistimewaannya” atas perjalanan kita selama di FTP;
11. Keluarga besar SAHARA dan SYMPHONY CHOIR yang telah memberikan do’a, semangat, dan motivasi serta pengalaman berharga sebagai keluarga baru dan berorganisasi;
12. Keluarga Mastrip 2/34. Mbak titun, Uci, Mbak Fitri, Mbak Ika, Mbak Dwi, Anis, Eva, Irma, Niar yang selalu memberi semangat dan membantu kelancaran karya ilmiah ini;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu diperlukan segala bentuk kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi penulis dan pembaca.

Jember, 25 Juni 2015
Penulis

Rizka Yusraa Ardita
101710101101

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN BIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kopi Arabika	4
2.2 Senyawa Antioksidan	5
2.3 Aktivitas Antioksidan	9
2.4 Enkapsulasi	10
2.5 Bahan Pengkapsul	11
2.5.1 Alginat	12
2.5.2 Pati Teroksidasi	13
2.5.3 Kasein	15

BAB 3. METODE PENELITIAN	16
3.1 Bahan dan Alat	16
3.1.1 Bahan	16
3.1.2 Alat	16
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.3 Metodologi Penelitian	17
3.3.1 Pelaksanaan Penelitian.....	17
3.3.1.1 Pembuatan Tapioka Teroksidasi	17
3.3.1.2 Ekstraksi Senyawa Antioksidan Kulit Buah Kopi ...	17
3.3.1.3 Enkapsulasi Antioksidan Kulit Buah Kopi	18
3.3.2 Rancangan Percobaan	18
3.3.3 Analisis Data	22
3.4 Parameter Pengamatan	22
3.5 Prosedur Analisis	23
3.5.1 Kadar Air (Metode Distilasi).....	23
3.5.2 Kadar Air (Metode Thermogravimetri).....	23
3.5.3 Warna.....	24
3.5.4 Ukuran Kapsul.....	25
3.5.5 Rendemen	25
3.5.6 Efisiensi Enkapsulasi.....	25
3.5.7 Pengukuran Kadar Senyawa Antioksidan	26
3.5.7.1 Kadar Antosianin	26
3.5.7.2 Total Polifenol.....	26
3.5.7.3 Kadar Betakaroten.....	27
3.5.7.4 Kadar Vitamin C	28
3.5.3.5 Penentuan Aktivitas Antioksidan.....	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Karakteristik Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Kopi	30
4.2 Karakteristik Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi	30
4.2.1 Ukuran Kapsul.....	31
4.2.2 Kadar Air	32

4.2.3 Rendemen	33
4.2.4 Warna.....	34
4.2.5 Total Polifenol	35
4.2.6 Batakaroten.....	36
4.2.7 Vitamin C	37
4.2.8 Efisiensi Enkapsulasi.....	38
4.2.9 Aktivitas Antioksidan.....	39
BAB 5. PENUTUP.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan antioksidan kulit buah kopi arabika <i>before ripe</i>	7
Tabel 2.2 Karakteristik garam alginat	12
Tabel 2.3 Karakteristik alginat dan tapioka teroksidasi	14
Tabel 3.1 Deskripsi warna berdasarkan °Hue.....	25
Tabel 4.1 Karakteristik ekstrak antioksidan kulit buah kopi	30
Tabel 4.2 Karakteristik warna ekstrak antioksidan kulit buah kopi	30
Tabel 4.3 Warna ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagian - bagian buah kopi	5
Gambar 2.2 Ilustrasi teknik enkapsulasi secara <i>coacervation</i>	11
Gambar 2.3 Struktur molekul alginat	12
Gambar 2.4 Interaksi Alginat dengan Ca^{2+}	13
Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan tapioka teroksidasi	19
Gambar 3.2 Diagram alir ekstraksi antioksidan kulit buah kopi arabika	20
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian pembuatan antioksidan terenkapsulasi dengan teknik <i>coacervation</i>	21
Gambar 4.1 Ukuran kapsul ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi	31
Gambar 4.2 Ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi.....	31
Gambar 4.3 Kadar air ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi	32
Gambar 4.4 Rendemen ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi ..	33
Gambar 4.5 Total polifenol ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi	35
Gambar 4.6 Kadar betakaroten ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi.....	36
Gambar 4.7 Kadar vitamin C ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi	37
Gambar 4.8 Efisiensi enkapsulasi ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi.....	38
Gambar 4.9 Aktivitas antioksidan ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Kadar Air	50
Lampiran A.1 Kadar Air Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika	50
Lampiran A.2 Kadar Air Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi.....	51
Lampiran A.3 Hasil Sidik Ragam Kadar Air Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi	53
Lampiran B. Warna	54
Lampiran B.1 Warna Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika.....	54
Lampiran B.2 Warna Kapsul Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika.....	56
Lampiran B.3 Hasil Sidik Ragam Warna Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi.....	59
Lampiran C. Ukuran Kapsul	60
Lampiran C.1 Ukuran Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi.....	60
Lampiran C.2 Hasil Sidik Ragam Ukuran Esktrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi.....	61
Lampiran D. Rendemen	62
Lampiran D.1 Rendemen Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi.....	62
Lampiran D.2 Hasil Sidik Ragam Rendemen Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi	63
Lampiran E. Betakaroten	64
Lampiran E.1 Kadar Betakaroten Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika	64
Lampiran E.2 Kadar Betakaroten Ekstrak antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi.....	65
Lampiran E.3 Hasil Sidik Ragam Kadar Betakaroten Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi.....	67

Lampiran F. Antosianin	68
Lampiran F.1 Kadar Antosianin Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika	68
Lampiran G. Polifenol	70
Lampiran G.1 Kadar Polifenol Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika	70
Lampiran G.2 Kadar Polifenol Kapsul Antioksidan Kulit Buah Kopi.....	72
Lampiran G.3 Hasil Sidik Ragam Kadar Polifenol Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi	74
Lampiran H. Vitamin C	75
Lampiran H.1 Kadar vitamin C Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika	75
Lampiran H.2 Kadar Vitamin C Kapsul Antioksidan Kulit Buah Kopi.....	76
Lampiran H.3 Hasil Sidik Ragam Kadar Vitamin C Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi	77
Lampiran I. Aktivitas Antioksidan	78
Lampiran I.1 Aktivitas Penghambatan Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika	78
Lampiran I.2 Aktivitas Penghambatan Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi.....	79
Lampiran I.3 Hasil Sidik Ragam Aktivitas Antioksidan Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi	80
Lampiran J. Efisiensi Enkapsulasi	81
Lampiran J.1 Efisiensi enkapsulasi Ekstrak Kulit Buah Kopi Arabika	81
Lampiran J.2 Hasil Sidik Ragam Efisiensi Enkapsulasi Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi	82
Lampiran K. Foto Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi	83

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan komoditas perkebunan terbesar ke 8 setelah karet dan wine dalam dunia internasional. Negara Indonesia sebagai negara penghasil kopi terbesar keempat di dunia setelah Brasil, Vietnam, dan Kolombia, mampu memproduksi sedikitnya 748 ribu ton atau 6,6% dari produksi kopi dunia pada tahun 2012. Dari jumlah tersebut, produksi kopi robusta mencapai 601.092 ton (80,4%) dan produksi kopi arabika mencapai 147.017 ton (19,6%) (USDA,2013). Produksi kopi arabika jauh lebih kecil dibandingkan dengan kopi robusta, sehingga pemerintah membuat kebijakan untuk meningkatkan proporsi produksi kopi arabika melalui perluasan areal pada lahan yang sesuai dan konversi kopi robusta ke kopi arabika pada lahan yang memenuhi persyaratan ketinggian tempat (Alnopri dkk, 2009).

Bagian buah kopi yang digunakan dalam industri kopi adalah biji kopi. Bagian buah seperti kulit buah, daging buah, kulit ari, kulit tanduk dibuang sebagai limbah (Esquivel dan Jimenez, 2011). Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan kopi jumlahnya mencapai 40 - 45 % dari total berat buah kopi. Berdasarkan data, ketersediaan kulit kopi dari tahun 2010 hingga 2012 semakin meningkat yaitu sebesar 65.988; 66.042; dan 66.157 ton (AEKI, 2014). Limbah kulit buah kopi mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder yaitu kafein dan kelompok polifenol. Limbah kulit buah kopi ini berpotensi sebagai sumber antioksidan (Mahesa, 2012).

Dalam kulit buah kopi arabika terdapat senyawa antioksidan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber antioksidan alami. Senyawa-senyawa antioksidan yang terdapat dalam kulit buah kopi arabika diantaranya antosianin, polifenol, betakaroten, dan vitamin C (Sukatiningsih dan Windarti, 2011). Antioksidan bersifat mudah mendonorkan elektron sehingga senyawa antioksidan mudah terpengaruh oleh suhu dan kondisi lingkungan. Salah satu cara untuk menghindari kerusakan antioksidan adalah dilakukan enkapsulasi.

Enkapsulasi adalah proses atau teknik untuk menyalut inti yang berupa suatu senyawa aktif padat, cair, gas, ataupun sel dengan suatu bahan pelindung tertentu yang dapat mengurangi kerusakan senyawa aktif tersebut. Salah satu metode yang digunakan dalam proses enkapsulasi adalah metode *coacervation*. *Coacervation* merupakan sebuah teknologi modifikasi emulsi. Prinsipnya relatif sederhana. Metode ini sangat efisien dan menghasilkan kapsul dengan ukuran yang lebih bervariasi daripada teknik enkapsulasi yang lain (Paramita, 2010). Kapsul yang dihasilkan juga memiliki efisiensi yang tinggi (Yang dkk., 2014).

Bahan yang umum digunakan untuk enkapsulasi adalah berbagai jenis polisakarida (pati, alginat, gum arab, gelatin, karagenan) dan protein (albumin dan kasein). Bahan pengkapsul yang umumnya digunakan pada enkapsulasi secara *coacervation* adalah polimer yang bersifat anionik dan dapat membentuk matriks dengan kalsium (Ca) seperti alginat (Usmiati dkk., 2011).

Alginat adalah polisakarida anionik berasal dari rumput laut coklat yang bersifat biokompatibel dan biodegradabel. Alginat dapat membentuk gel (formasi *egg-box*), film, manik (*beads*), pelet, mikropartikel, dan nano partikel (Adrianto, 2011). Harga alginat yang cukup mahal (Rp 2.200.000 per kilo gram) (SIGMA, 2014), menyebabkan penggunaan alginat sebagai bahan enkapsulasi sering dikombinasikan dengan bahan lainnya salah satunya adalah pati teroksidasi.

Pati teroksidasi umumnya dihasilkan oleh reaksi pati dengan agen pengoksidasi yang diatur suhu dan pHnya. Penggunaan pati teroksidasi dalam industri pangan semakin meningkat karena viskositasnya rendah, stabilitas tinggi, jernih, dapat membentuk film, dan memiliki kemampuan untuk mengikat bahan lain (Rivera dkk., 2005). Karakteristik tersebut mirip dengan alginat sehingga memungkinkan pati teroksidasi berikatan dengan kalsium, dan digunakan sebagai substitusi alginat.

Enkapsulasi antioksidan kulit buah kopi secara *coacervation* dimungkinkan menggunakan pengkapsul berupa alginat yang disubstitusi tapioka teroksidasi. Untuk menghasilkan kapsul dengan karakteristik yang baik perlu dilakukan pengaturan komposisi penyusun bahan pengkapsul (alginat: pati teroksidasi).

1.2 Rumusan Masalah

Kulit buah kopi mengandung senyawa-senyawa antioksidan yang berpotensi digunakan sebagai bahan antioksidan alami. Karena senyawa antioksidan mudah sekali rusak oleh udara, cahaya, maupun panas, maka senyawa antioksidan perlu dilindungi. Salah satu upaya untuk melindunginya adalah dengan enkapsulasi secara *coacervation*. Akan tetapi, belum diketahui proporsi perbandingan tapioka teroksidasi terhadap alginat pada enkapsulasi ekstrak antioksidan kulit buah kopi secara *coacervation* dengan karakteristik kapsul yang baik, oleh karena itu perlu diteliti.

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui pengaruh substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi pada enkapsulasi antioksidan kulit buah kopi secara *coacervation* terhadap karakteristik antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi.
2. Memperoleh jumlah tapioka teroksidasi yang tepat sebagai bahan pengkapsul antioksidan kulit buah kopi.

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengeksplorasi antioksidan di dalam kulit buah kopi untuk meningkatkan nilai jual dari kulit buah kopi.
2. Potensi tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul dapat menambah cabang industri tapioka dan mengurangi penggunaan alginat yang mahal harganya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi Arabika

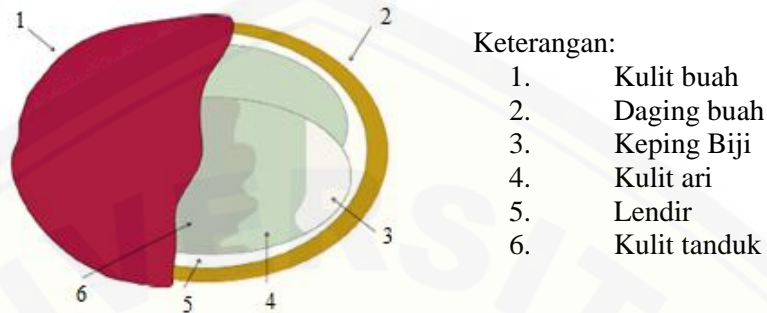
Kopi arabika (*Coffea arabica*) berasal dari hutan pegunungan di Etiopia, Afrika. Di habitat asalnya, tanaman ini tumbuh di bawah kanopi hutan tropis yang rimbun. Kopi arabika peka terhadap penyakit karat daun *Hemileia vastatrix* (HV), terutama bila ditanam di daerah dengan elevasi kurang dari 700 mdpl. Kopi arabika menguasai 70% pasar kopi dunia. Kopi arabika memiliki banyak varietas, tergantung negara, iklim, dan tanah tempat kopi ditanam. Menurut Syamsulbahri (1996), taksonomi buah kopi arabika adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisio	: <i>Spermatophita</i>
Sub-divisio	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonea</i>
Ordo	: <i>Rubiales</i>
Family	: <i>Rubiaceae</i>
Genus	: <i>Coffea</i>
Species	: <i>Coffea arabica</i>

Di Indonesia, kondisi lingkungan yang sesuai untuk kopi arabika adalah pada ketinggian 1.000 sampai dengan 2.000 mdpl (PPKKI, 2008), suhu harian 15-25°C (Siswoputranto, 1993), dan daerah dengan curah hujan 2.000 - 4.000 mm/tahun (Ernawati dkk., 2008). Ketinggian tempat dapat berpengaruh terhadap suhu bagi pertumbuhan tanaman kopi. Oleh karena itu, kopi arabika sebaiknya ditanam pada ketinggian di atas 750 mdpl (Yardha dan Karim, 2000) karena suhu di atas 25°C dapat menghambat proses fotosintesis tanaman kopi sehingga berpengaruh pada rendahnya produktivitas tanaman (Siswoputranto, 1993).

Bagian buah kopi yang dimanfaatkan adalah biji buah kopi. Bagian buah berupa kulit buah, daging buah, kulit ari, dan kulit tanduk merupakan limbah. Limbah kulit buah kopi mencapai 40-45% dari total berat buah kopi yang diolah menjadi biji kopi. Pada kulit buah kopi masih terkandung beberapa komponen seperti karbohidrat (35%), protein (5,2%), serat (30,8%), dan mineral (10,7%).

Kulit buah kopi juga mengandung beberapa metabolit sekunder yaitu kafein dan golongan polifenol (Esquivel dan Jimenez, 2011). Bagian- bagian buah kopi terdapat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagian-bagian buah kopi (Esquivel dan Jimenez, 2011)

2.2 Senyawa Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa kimia yang dapat menyumbangkan satu atau lebih elektron kepada radikal bebas, sehingga radikal bebas tersebut dapat diredam. Antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang dapat menunda, memperlambat, dan mencegah proses oksidasi lipid. Dalam arti khusus, antioksidan adalah zat yang dapat menunda atau mencegah terbentuknya reaksi radikal bebas (peroksida) dalam oksidasi lipid (Dalimartha dan Soedibyo, 1999).

Berdasarkan sumber perolehannya ada 2 macam antioksidan, yaitu antioksidan alami yang merupakan antioksidan hasil ekstraksi bahan alami dan antioksidan buatan (sintetik) merupakan antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesa reaksi kimia (Kochhar dan Rossell, 1990). Bahan pangan yang dapat menjadi sumber antioksidan alami, seperti rempah-rempah, coklat, biji-bijian, buah-buahan, sayur-sayuran seperti buah tomat, pepaya, jeruk dan sebagainya (Prakash, 2001). Beberapa contoh antioksidan sintetik yang diizinkan dan sering digunakan untuk makanan, yaitu butil hidroksi anisol (BHA), butil hidroksi toluen (BHT), propil galat, tetra-butil hidoksi quinon (TBHQ) dan tokoferol (Rohdiana, 2001).

Senyawa antioksidan di klasifikasikan dalam lima tipe antioksidan, yaitu (Maulida dan Zulkarnaen, 2011):

1. *Primary antioxidants*, yaitu senyawa-senyawa fenol yang mampu memutus rantai reaksi pembentukan radikal bebas asam lemak. Dalam hal ini memberikan atom hidrogen yang berasal dari gugus hidroksi senyawa fenol sehingga terbentuk senyawa yang stabil. Senyawa antioksidan yang termasuk kelompok ini, misalnya BHA, BHT, PG, TBHQ, dan tokoferol.
2. *Oxygen scavengers*, yaitu senyawa-senyawa yang berperan sebagai pengikat oksigen sehingga tidak mendukung reaksi oksidasi. Dalam hal ini, senyawa tersebut akan mengadakan reaksi dengan oksigen yang berada dalam sistem sehingga jumlah oksigen akan berkurang. Contoh dari senyawa-senyawa kelompok ini adalah vitamin C (asam askorbat), askorbilpalminat, asam eritorbat, dan sulfit.
3. *Secondary antioxidants*, yaitu senyawa-senyawa yang mempunyai kemampuan untuk berdekomposisi hidroperoksida menjadi produk akhir yang stabil. Tipe antioksidan ini pada umumnya digunakan untuk menstabilkan poliolefin resin. Contohnya, asam tiodipropionat dan dilauriltiopropionat.
4. *Antioxidative Enzyme*, yaitu enzim yang berperan mencegah terbentuknya radikal bebas. Contohnya glukose oksidase, superoksidase dismutase (SOD), glutathion peroksidase, dan kalalase.
5. *Chelators sequestrants*, yaitu senyawa-senyawa yang mampu mengikat logam seperti besidan tembaga yang mampu mengkatalis reaksi oksidasi lemak. Senyawa yang termasuk didalamnya adalah asam sitrat, asam amino, ethylenediaminetetra acetid acid (EDTA), dan fosfolipid.

Kulit buah kopi arabika berpotensi sebagai sumber antioksidan alami karena mengandung beberapa antioksidan seperti antosianin, polifenol, betakaroten, dan vitamin C. Kandungan antioksidan tertinggi pada kulit buah kopi adalah pada tingkat kematangan *before ripe*. Kandungan antioksidan kulit buah kopi arabika *before ripe* ditunjukkan pada tabel 2.1 (Sukatiningsih dan Windarti, 2011).

Tabel 2.1 Kandungan antioksidan kulit buah kopi arabika *before ripe*

Parameter		Jumlah
Antosianin	(mg/g)	0,946
Total Polifenol	(mg/g)	6,786
Betakaroten	(mg/g)	7,374
Vitamin C	(mg/g)	6,424
Aktivitas antioksidan	(% penghambatan)	42,128

a. Antosianin

Antosianin merupakan senyawa flavonoid yang berfungsi sebagai antioksidan dan penting bagi tanaman serta kesehatan manusia (Holton dan Cornish, 1995; Wrolstad, 2001; dan Cross dkk., 1999). Antosianin adalah pigmen larut air. Secara kimiawi, antosianin dapat dikelompokkan dalam golongan flavonoid (Harborne dan Turner, 1984) dan fenolik (Steed dan Truong, 2008). Zat tersebut berperan dalam pemberian warna terhadap bunga atau bagian tanaman lain dari mulai merah, biru sampai ke ungu termasuk juga kuning. Warna antosianin tergantung pada pH. Pada pH < 3 antosianin berwarna merah, pada pH 7-8 berwarna ungu, dan pada pH >11 antosianin berwarna biru (Samsudin dan Khoiruddin, 2008). Antosianin mudah rusak oleh suhu dan cahaya. Proses pemanasan merupakan faktor terbesar yang menyebabkan kerusakan antosianin (Astawan dan Kasih, 2008). Berdasarkan penelitian Cisse, dkk (2009), pada suhu tinggi berkisar 70-90° C menunjukkan laju degradasi antosianin yang tinggi.

Salah satu fungsi antosianin adalah sebagai antioksidan di dalam tubuh sehingga dapat mencegah terjadinya penyumbatan pembuluh darah. Berbagai manfaat positif dari antosianin untuk kesehatan adalah melindungi lambung dari kerusakan, menghambat sel tumor, meningkatkan kemampuan penglihatan mata, melindungi kerusakan otak, mencegah obesitas dan diabetes, meningkatkan kemampuan memori otak, dan menangkal radikal bebas dalam tubuh (Harborne, 1987).

b. Polifenol

Polifenol (*polyphenol*) merupakan senyawa kimia yang terkandung di dalam tumbuhan dan bersifat antioksidan kuat. Polifenol umumnya banyak terkandung dalam kulit buah. Polifenol berperan melindungi sel tubuh dari

kerusakan akibat radikal bebas dengan cara mengikat radikal bebas sehingga mencegah proses peradangan pada sel tubuh (Finarga, 2010). Sebagai antioksidan, polifenol tergolong antioksidan yang lebih tahan panas dibandingkan dengan antioksidan lain. Fenol dan flavonoid masih bersifat stabil atau tidak mengalami kerusakan sampai pada suhu 100° C (Santoso, 2011).

Senyawa polifenol adalah semua senyawa yang memiliki struktur dasar berupa fenol. Fenol merupakan struktur yang terbentuk dari benzena tersubstitusi dengan gugus –OH. Gugus –OH yang terkandung merupakan aktivator yang kuat dalam reaksi substitusi aromatik elektrofilik (Sulistiono, 2010).

c. Betakaroten

Beta karoten adalah pigmen alami larut lemak yang secara umum ditemukan pada tanaman, alga (*Dunaliella salina*, *Dunaliella bardawil*) dan sintesis mikroorganisme. Betakaroten berperan sebagai antioksidan. Kemampuan beta karoten sebagai antioksidan ditunjukkan dalam mengikat oksigen (1O_2), meredam radikal peroksil dan menghambat oksidasi lipid. Rendahnya betakaroten dapat meningkatkan resiko kanker esophagus, lambung dan kanker kulit (Kritchevsky, 1999).

Beta karoten umumnya sensitif terhadap cahaya, panas, dan oksigen, serta sulit larut dalam air. Haris dan Karmas (1989) menyatakan bahwa senyawa karoten akan mengalami penurunan atau mengalami kerusakan yang nyata pada pemanasan diatas 80°C, baik dengan pengukusan, perebusan, maupun penggorengan, dengan tingkat kerusakan 40-50%.

d. Vitamin C

Vitamin C atau asam askorbat adalah suatu senyawa berat atom karbon 6 yang dapat larut dalam air. Vitamin C banyak terdapat pada buah-buahan seperti jeruk, mangga, tomat, markisa ataupun daging buah manggis (Sherwood, 2000). Vitamin C mudah rusak karena oksigen terutama bila terkena panas, enzim oksidase, serta katalis tembaga dan besi. Vitamin C akan rusak pada suhu sekitar 35°C. Vitamin C tidak stabil dalam larutan alkali, tetapi cukup stabil dalam larutan asam (Almatsier, 2009).

Vitamin C merupakan suatu donor elektron dan agen pereduksi. Disebut antioksidan, karena dengan mendonorkan elektronnya, vitamin C mencegah senyawa - senyawa lain agar tidak teroksidasi. Walaupun demikian, vitamin C akan teroksidasi dalam proses antioksidasi tersebut, sehingga menghasilkan asam dehidroaskorbat. Radikal askorbil (suatu senyawa dengan elektron tidak berpasangan) serta asam dehidroaskorbat dapat tereduksi kembali menjadi asam askorbat dengan bantuan enzim 4-hidroksifenilpiruvat dioksigenase (Padayatty, 2003).

2.3 Aktivitas Antioksidan

Antioksidan cenderung bereaksi dengan radikal bebas terlebih dahulu dibandingkan dengan molekul yang lain karena antioksidan bersifat sangat mudah teroksidasi atau bersifat reduktor kuat dibanding dengan molekul yang lain. Jadi keefektifan antioksidan bergantung dari seberapa kuat daya oksidasinya dibanding dengan molekul yang lain. Semakin mudah teroksidasi maka semakin efektif antioksidan tersebut (Radianti, 2005).

Banyak metode untuk mengukur aktivitas antioksidan. Salah satu uji untuk menentukan aktivitas antioksidan penangkap radikal adalah metode DPPH (1,1 Diphenyl-2-picrylhidrazyl). Metode DPPH memberikan informasi reaktivitas senyawa yang diuji dengan suatu radikal stabil. DPPH memberikan serapan kuat pada panjang gelombang 517 nm dengan warna violet gelap. Penangkap radikal bebas menyebabkan elektron menjadi berpasangan yang kemudian menyebabkan penghilangan warna yang sebanding dengan jumlah elektron yang diambil (Sunarni, 2005).

Ada dua prinsip mekanisme aktivitas antioksidan. Pertama adalah mekanisme pemutusan rantai, dan kedua sebagai antioksidan sekunder. Pada prinsip pertama, antioksidan primer menjadi donor elektron pada radikal bebas. Sedangkan sebagai antioksidan sekunder, katalisator pembentuk rantai radikal seperti *reactive oxygen and nitrogen species* (ROS/RNS) diredam (Vaya dan Aviram, 2008).

2.4 Enkapsulasi

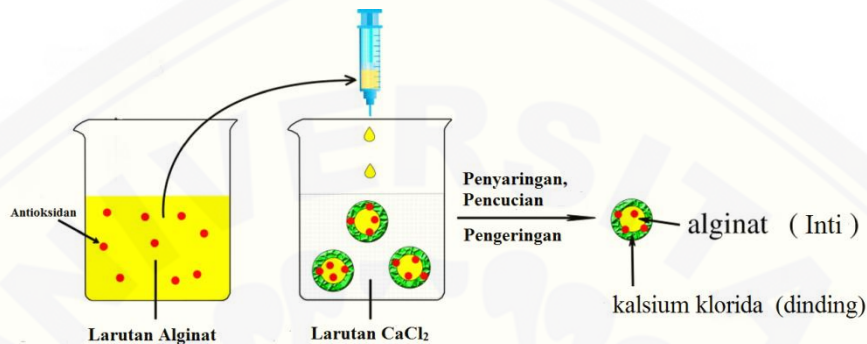
Enkapsulasi adalah proses atau teknik untuk menyalut inti yang berupa suatu senyawa aktif padat, cair, gas, ataupun sel dengan suatu bahan pelindung tertentu yang dapat mengurangi kerusakan senyawa aktif tersebut. Enkapsulasi membantu memisahkan material inti dengan lingkungannya hingga material tersebut terlepas ke lingkungan. Material inti yang dilindungi disebut core dan struktur yang dibentuk oleh bahan pelindung yang menyelubungi inti disebut sebagai dinding, membran, atau kapsul (Kailasapathy, 2002).

Teknologi enkapsulasi telah dikembangkan dalam industri obat-obatan dan makanan. Ekstrak herbal atau antioksidan dikapsulkan dengan tujuan utama untuk mengontrol terlepasnya inti, memperpanjang umur simpan, memberikan perlindungan untuk *essence*, dan meningkatkan kualitas partikel (Shu dkk., 2006; Kosaraju dkk., 2006). Hidrogel umumnya digunakan sebagai bahan enkapsulasi karena kemampuannya menyerap sejumlah besar air atau cairan biologis (Peppas dkk., 2000). Di antara semua hidrogel, alginat adalah bahan pengkapsul yang banyak digunakan karena tidak beracun, biokompatibel, mampu untuk bereaksi dengan kation divalen terutama kalsium, dan bentuk gel stabil (Chan dkk, 2006).

Coacervation merupakan sebuah teknologi modifikasi emulsi. Prinsipnya relatif sederhana. Ketika larutan dari bahan inti dan bahan pengkapsul dicampurkan, akan terbentuk struktur kompleks. Ukuran kapsul dan karakteristiknya bervariasi dengan perubahan pH, konsentrasi ion, rasio bahan inti dan bahan pengkapsul, dan jenis bahan pengkapsul. Teknik *coacervation* sebagian besar dipengaruhi oleh interaksi elektrostatis tapi juga termasuk interaksi hidrofobik (Augustin dan Hemar, 2009).

Teknik *coacervation* merupakan pemisahan fase cair/cair secara spontan yang terjadi ketika dua polimer yang bermuatan berlawanan (misalnya protein dan polisakarida) dicampur dalam media berair kemudian mengarah ke pemisahan menjadi dua fase. Fase yang lebih rendah disebut *coacervate* dan memiliki konsentrasi yang tinggi dari kedua polimer. Fase atas disebut sebagai supernatan atau fase kesetimbangan, yang merupakan larutan polimer encer. *Coacervate* digunakan sebagai bahan makanan, misalnya pengganti lemak atau memberi rasa

yang mirip daging dan biomaterial, seperti lapisan tipis (film) yang dapat dimakan dan kemasan. Metode ini sangat efisien dan menghasilkan mikrokapsul dengan ukuran yang lebih bervariasi daripada teknik mikroenkapsulasi yang lain (Paramita, 2010). Ilustrasi mengenai teknik enkapsulasi secara *coacervation* yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi teknik enkapsulasi secara *coacervation* (Wu dkk., 2011)

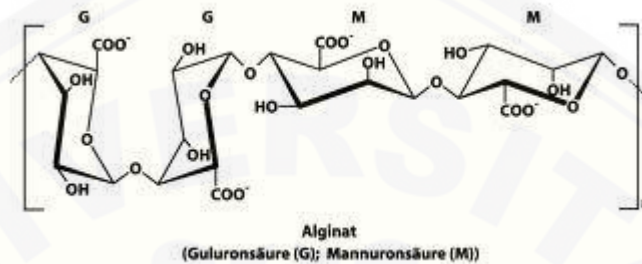
Proses *coacervation* ini meliputi tiga tahap, pertama, mencampur tiga fase yang saling tidak melarutkan (fase kontinyu atau air, bahan aktif yang akan di enkapsulasi dan bahan pelapis). Kedua, bahan pelapis membentuk lapisan film pada bahan inti. Hal ini dicapai dengan merubah pH, suhu atau kekuatan ion yang menghasilkan pemisahan fase (*coacervation*) dari pelapis dan sebaran inti yang terjebak. Terakhir, bahan pelapis memadat karena adanya panas, *crosslinking* (hubungan silang) dan teknik desolvasi. Kapsul yang dihasilkan dari pemisahan fase encer memiliki dinding yang larut air dan bahan aktif yang bersifat menjauhi air (hidrofobik), seperti minyak sayur, penyedap rasa, dan vitamin yang larut dalam minyak (Paramita, 2010).

2.5 Bahan Pengkapsul

Bahan yang umum digunakan untuk enkapsulasi adalah berbagai jenis polisakarida dan protein seperti pati, alginat, gum arab, gelatin, karagenan, albumin dan kasein. Penggunaan bahan untuk enkapsulasi perlu dipertimbangkan, karena masing-masing bahan mempunyai karakter yang berbeda dan belum tentu cocok dengan bahan inti yang akan dienkapsulasi (Desmond dkk., 2002).

2.5.1 Alginat

Alginat adalah polisakarida anionik berasal dari rumput laut coklat yang bersifat biokompatibel dan biodegradabel terdiri dari β -D Manuronat dan α -L Guluronat yang dihubungkan dengan ikatan (1-4) dengan berbagai perbandingan G / M. Struktur alginat dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur molekul alginat (Putra, 2012)

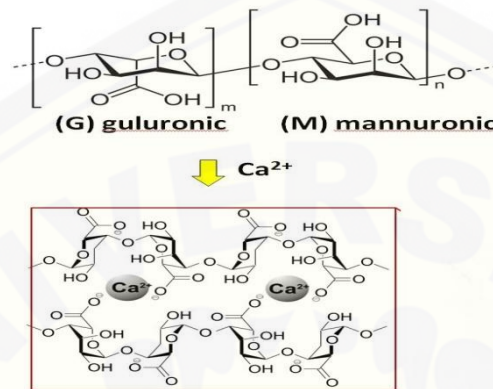
Alginat yang tersedia secara komersial adalah dalam bentuk garamnya yaitu natrium alginat (Wang dkk., 2006). Karakteristik alginat dapat dilihat pada tabel 2.2. Garam alginat larut dalam air, tetapi mengendap dan membentuk gel pada pH kurang dari tiga. Alginat dapat membentuk gel (formasi *egg-box*), film, manik (*beads*), pelet, mikropartikel, dan nano partikel (Adrianto, 2011).

Tabel 2.2 Karakteristik garam alginat (Mushollaeni, 2011)

Parameter	Kadar
Kemurnian (%)	16,93 – 30,50
Kadar air (%)	12,5 – 13,43
Kadar abu (%)	18,20 – 28,59
Pb (ppm)	0,083 ± 0,01 – 0,36 ± 0,04
Hg (ppm)	0,002 ± 0,01 – 0,3 ± 0,05
Viskositas (cps)	25 – 39
Warna	Kuning hingga coklat terang

Keunikan natrium alginat yaitu perubahannya menjadi hidrogel dengan 95% molekul air di dalamnya, yang merupakan syarat penting untuk penggunaan dalam memerangkap senyawa. Penambahan kation divalen (misalnya Ca²⁺) yang berfungsi sebagai penaut silang antar molekul alginat, akan menyebabkan terjadinya gelatinisasi yang akan membentuk gel matriks kalsium alginat. Ketika natrium alginat bertemu dengan kation divalent seperti Ca²⁺ menghasilkan pembentukan gel dikarenakan adanya muatan negatif dari gugus karboksilat

alginat yang berikatan dengan ion Ca^{2+} (Wang dkk., 2006). Kapsul kalsium alginat sangat berpori yang memungkinkan air dapat berdifusi keluar masuk matriks (Rokka dkk., 2010). Interaksi alginat dan Ca^{2+} dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Interaksi Alginat dengan Ca^{2+} (Kashima dan Imai, 2012)

Penggunaan alginat sebagai bahan enkapsulasi sering dikombinasikan dengan bahan lainnya, diantaranya dengan penambahan prebiotik (Sultana, 2000), terigu dan pollard (Widodo dkk., 2003) sebagai bahan pengisi (*filler*), chitosan sebagai *coating* (Krasaekoopt dkk., 2003), dan pektin untuk membentuk kompleks alginat-pektin yang lebih kuat (Adrianto, 2011).

2.5.2 Pati teroksidasi

Pati teroksidasi umumnya dihasilkan oleh reaksi pati dengan agen pengoksidasi yang dikontrol oleh suhu dan pH. Meskipun banyak senyawa pengoksidasi yang tersedia, hipoklorit adalah bahan kimia paling umum digunakan dalam produksi komersial pati teroksidasi. Reaksi utama yang terjadi oleh oksidasi adalah pembentukan gugus karbonil dan karboksil, dan degradasi molekul pati (Sangseethong dkk., 2009). Pati teroksidasi mengalami degradasi yang menyebabkan pati akan bersifat larut dalam air, seiring dengan meningkatnya kadar karbonil dan karboksil (El-Sheikh dkk., 2010). Sifat yang diinginkan dari pati teroksidasi adalah viskositasnya yang rendah dan meningkatnya stabilitas gel pati (Sangseethong, 2009). Selain itu, oksidasi pati

juga dapat meningkatkan derajat putih pati karena rusaknya pigmen dan protein (Rutenberg dan Solarek, 1984).

Penggunaan pati teroksidasi dalam industri pangan semakin meningkat karena viskositasnya rendah, stabilitas tinggi, jernih, dapat membentuk film, dan memiliki kemampuan untuk mengikat bahan lain (Rivera dkk., 2005). Pati teroksidasi mempunyai sifat coating (penyalut bahan) dan penutup permukaan produk pangan yang baik (Lawal, 2004).

Kejernihan pati teroksidasi diduga akibat oksidasi dari gugus OH menghasilkan gugus karbonil dan karboksil yang selanjutnya menghalangi ikatan hidrogen mengisi rantai polimer karena gugus karboksil bersifat anionik sehingga lebih mudah mengikat air yang pada akhirnya meningkatkan kelarutan pati dan menghasilkan pasta yang transparan (Wiadyani, 2010 dan Palupi, 2010). Sifat ini menguntungkan bila digunakan sebagai bahan pengkapsul karena akan memudahkan penyerapan produk yang akan dikapsulkan. Pati jagung teroksidasi dan pati amaranth teroksidasi telah dicobakan sebagai pensubstitusi gum arab pada enkapsulasi rempah dengan teknik *spray drying* (Chattopadhyaya dkk., 1998) dan sebagai pensubstitusi alginat pada enkapsulasi bubuk lada dengan teknik *coacervation* (Hasanah, 2013). Beberapa karakteristik alginat dan tapioka teroksidasi ditunjukkan oleh tabel 2.3 (Praptiningsih dan Palupi, 2014).

Tabel 2.3 Karakteristik alginat dan tapioka teroksidasi

Karakteristik	Alginat	Tapioka teroksidasi
Kadar air (%)	16,15 ± 0,1	9,35 ± 0,091
Kadar karboksil (%)	0,334 ± 0,0009	0,433 ± 0,005
Kemampuan menahan air (g/g)	8,74 ± 0,31	0,99 ± 0,015
Kemampuan menahan minyak (g/g)	1,54 ± 0,07	0,54 ± 0,06
Swelling power (g/g)		
60° C	11,88 ± 1,2	4,05 ± 0,11
75° C	12,55 ± 1,8	5,18 ± 0,11
95° C	11,97 ± 0,94	6,05 ± 0,31
Kelarutan dalam air (g/g)		
60° C	22,6 ± 0,2	1,0 ± 0,2
75° C	55,27 ± 1,1	38,4 ± 0,2
95° C	74,03 ± 0,21	53,06 ± 4,04
Sineresis/ air yang hilang (g/g)	0	0

2.5.3 Kasein

Natrium kaseinat merupakan salah satu contoh senyawa protein susu yang potensial sebagai bahan penyalut. Natrium kaseinat memiliki stabilitas panas yang cukup baik ($\pm 140^{\circ}\text{C}$), sulit larut dalam air dan aman digunakan sebagai produk pangan (Singh, 1995). Banyak penelitian telah menelaah penggunaan natrium kaseinat sebagai penyalut. Seperti pada penelitian minyak jeruk, retensi flavor yang diperoleh cukup baik dengan kadar minyak pada permukaan rendah (Kim dkk., 1996).

Penyalut berbasis protein dapat menghasilkan mikrokapsul yang mampu melindungi inti terhadap reaksi oksidasi, kondisi penyimpanan yang ekstrim, serta memiliki efisiensi mikroenkapsulasi yang cukup tinggi (Young dkk., 1993; Kim dkk., 1996; Hogan dkk., 2001). Pemilihan protein sebagai bahan penyalut disebabkan protein mempunyai sifat yang berbeda dengan karbohidrat. Protein memiliki gugus hidrofobik dan hidrofilik sekaligus dalam strukturnya (McClements, 1999) sehingga tidak memerlukan pengemulsi untuk penyalutan bahan isian. Penambahan kasein dalam bahan penyalut pada enkapsulasi antioksidan kulit buah kopi dimaksudkan agar β karoten dapat terdispersi secara sempurna sehingga senyawa inti yang dikapsulkan tidak terpisah-pisah. Gugus hidrofobik dari protein akan berinteraksi dengan senyawa karotenoid yang bersifat hidrofobik dan gugus hidrofil dari polisakarida akan terekspos keluar sehingga dapat stabil di dalam suasana polar seperti air (Gusnidar, dkk., 2011). Dari beberapa penelitian, dihasilkan bahwa penggunaan bahan enkapsulasi dari jenis protein memberi hasil ketahanan setelah proses enkapsulasi yang lebih baik dan penggunaan bahan enkapsulasi dari jenis polisakarida, menyebabkan tekstur yang kasar pada mikrokapsul yang dihasilkan maupun setelah diaplikasikan pada produk (Rizqiati dkk., 2009).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat

3.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah kulit buah kopi arabika dengan tingkat kematangan *before ripe* (kulit buah kopi didapatkan dari kebun Andongsari, Bondowoso dengan warna kulit kuning sampai orange), tapioka teroksidasi, alginat, kasein, larutan CaCl_2 0,1 M, aquades, air, ethanol 97%, asam sitrat 5%, reagen DPPH, asam galat, reagen Follin Ciocalteu, Na_2CO_3 5%, Iod 0,01 N, amilum 1%, buffer pH 1, buffer pH 4,5, kertas saring, dan tissue.

3.1.2 Alat

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini diantaranya: *glassware* (peralatan gelas), *magnetic stirrer*, batang stirer, *aluminium foil*, Spektrofotometer (Secomam *version 1.10*) dan kuvet, *digital color reader*, neraca analitik (Ohaus), saringan *stainless steel*, *syringe* 20 cc/mL, jangka sorong, lemari pendingin, penangas, *rotary evaporator*, sentrifuge, kain saring, penumbuk, distilator, dan vortex.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2014 – Desember 2014 di Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan Hasil Pertanian, Laboratorium Analisa Terpadu, dan Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Pelaksanaan penelitian

3.3.1.1 Pembuatan tapioka teroksidasi

Sebanyak 42 gram tapioka dilarutkan dalam 100 ml akuades. Campuran tapioka dengan akuades diaduk menggunakan stirer selama 15 menit. Setelah dilakukan pengadukan, dilakukan penambahan NaOH 2N hingga pH 7. Setelah tercapai pH 7, dilakukan penambahan agen pengoksidasi berupa H₂O₂ sebanyak 1,5% dari volume total dan kemudian diaduk menggunakan stirer selama 60 menit. Setelah dilakukan pengadukan, dilakukan pemisahan dengan sentrifuge untuk memisahkan endapan dari supernatan. Endapan tapioka yang telah dioksidasi tersebut dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 18 jam. Tapioka teroksidasi yang telah dikeringkan kemudian digiling dan diayak dengan ayakan 80 mesh. Diagram alir pembuatan tapioka teroksidasi ditunjukkan pada gambar 3.1.

3.3.1.2 Ekstraksi senyawa antioksidan kulit buah kopi

a. Persiapan Bahan

Buah kopi arabika dicuci bersih dan diblancing selama 4 menit kemudian disimpan di dalam freezer sampai proses maserasi.

b. Persiapan Maserasi

Buah kopi arabika beku yang disimpan dalam freezer di *thawing* kemudian kulit kopi dikupas dan dipisahkan dari biji buah kopi. Kulit buah kopi kemudian dihancurkan dengan penumbukan untuk memudahkan proses maserasi.

c. Maserasi Kulit Buah Kopi Arabika

Maserasi ini dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan penambahan pelarut setelah ekstraksi maserat pertama dan kedua. Ekstraksi dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan karena warna filtrat pada ekstraksi ke-3 sudah bening. Ekstrak yang sudah bening menandakan senyawa-senyawa antioksidan dan pigmen kulit buah kopi arabika telah banyak yang terekstrak. Pelarut yang digunakan adalah campuran etanol-akuades (1:1) dan penambahan asam sitrat 5%. Asam sitrat bertujuan untuk merusak sel-sel jaringan di dalam kulit buah kopi

sehingga antioksidan dalam kulit buah kopi banyak yang terekstrak. Filtrat yang dihasilkan kemudian dilakukan pemisahan menggunakan sentrifuge untuk memisahkan ekstrak dengan endapan berupa komponen lain seperti protein. Ekstrak kulit buah kopi kemudian di evaporasi dalam keadaan vakum dengan suhu 40° C hingga dicapai perbandingan berat bahan dan pelarut sebesar 1: 7,2. Ekstraksi antioksidan kulit buah kopi ditunjukkan oleh gambar 3.2.

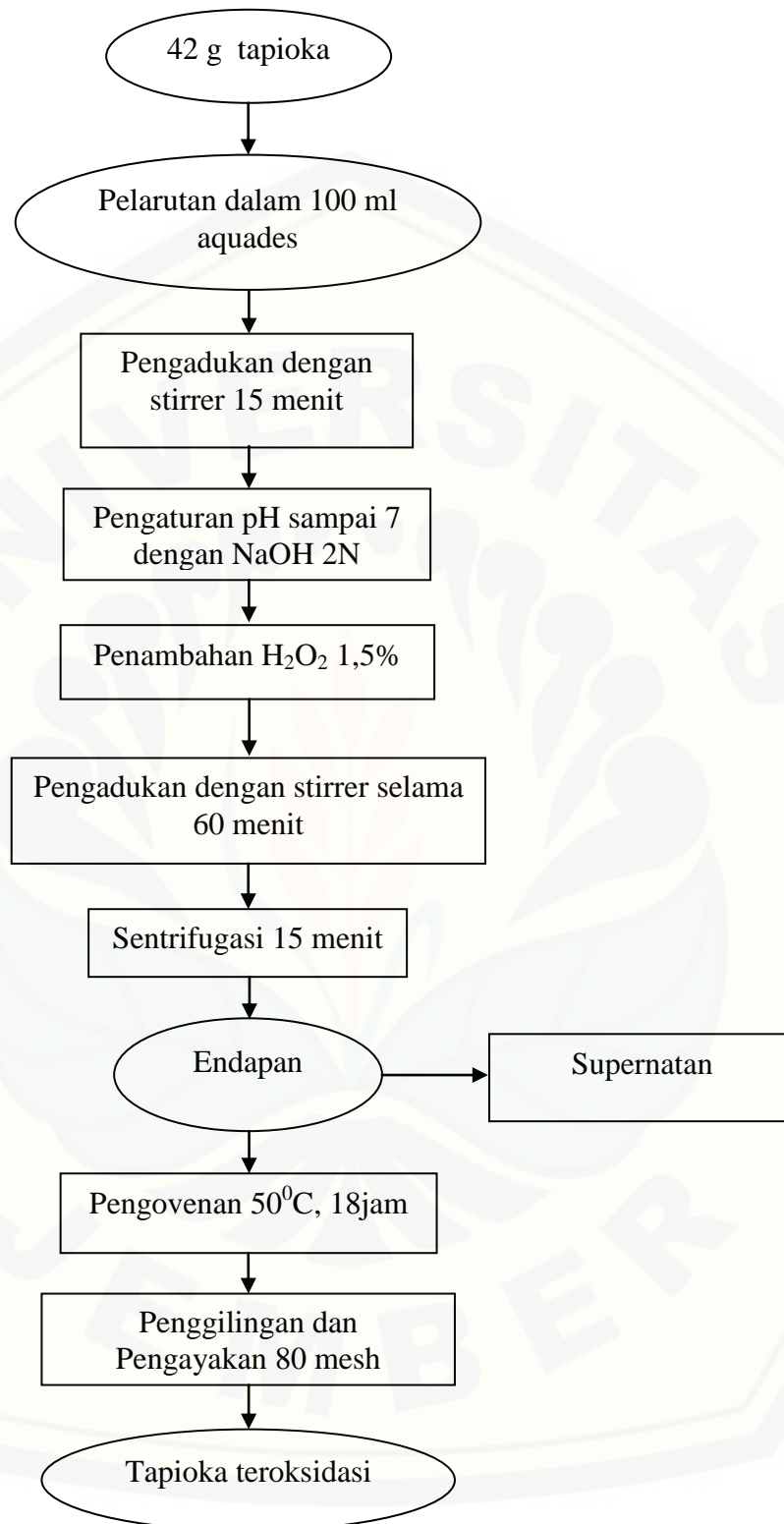
3.3.1.3 Enkapsulasi antioksidan kulit buah kopi

Emulsi dibuat dengan 6% (b/v) campuran alginat dan tapioka teroksidasi (dengan perbandingan 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, dan 100% alginat sebagai kontrol) ditambah 1,5% (b/v) kasein dan dilarutkan dalam 100 ml ekstrak antioksidan kulit buah kopi. Suspensi dipanaskan sambil diaduk pada suhu 60°C selama 30 menit hingga homogen. Suspensi tersebut kemudian didinginkan hingga suhu 40°C dan dimasukkan dalam *syringe* untuk diteteskan ke dalam larutan CaCl₂ 0,1 M sambil di stirer sehingga dihasilkan *beads*. Larutan CaCl₂ yang mengandung *beads* disaring dengan saringan *stainless steel*. Kemudian *beads* tersebut ditempatkan pada aluminium foil dan dikeringkan suhu 30° selama 12 jam. Skema proses enkapsulasi ekstrak antioksidan kulit buah kopi dengan teknik *coecervation* dapat dilihat pada gambar 3.3.

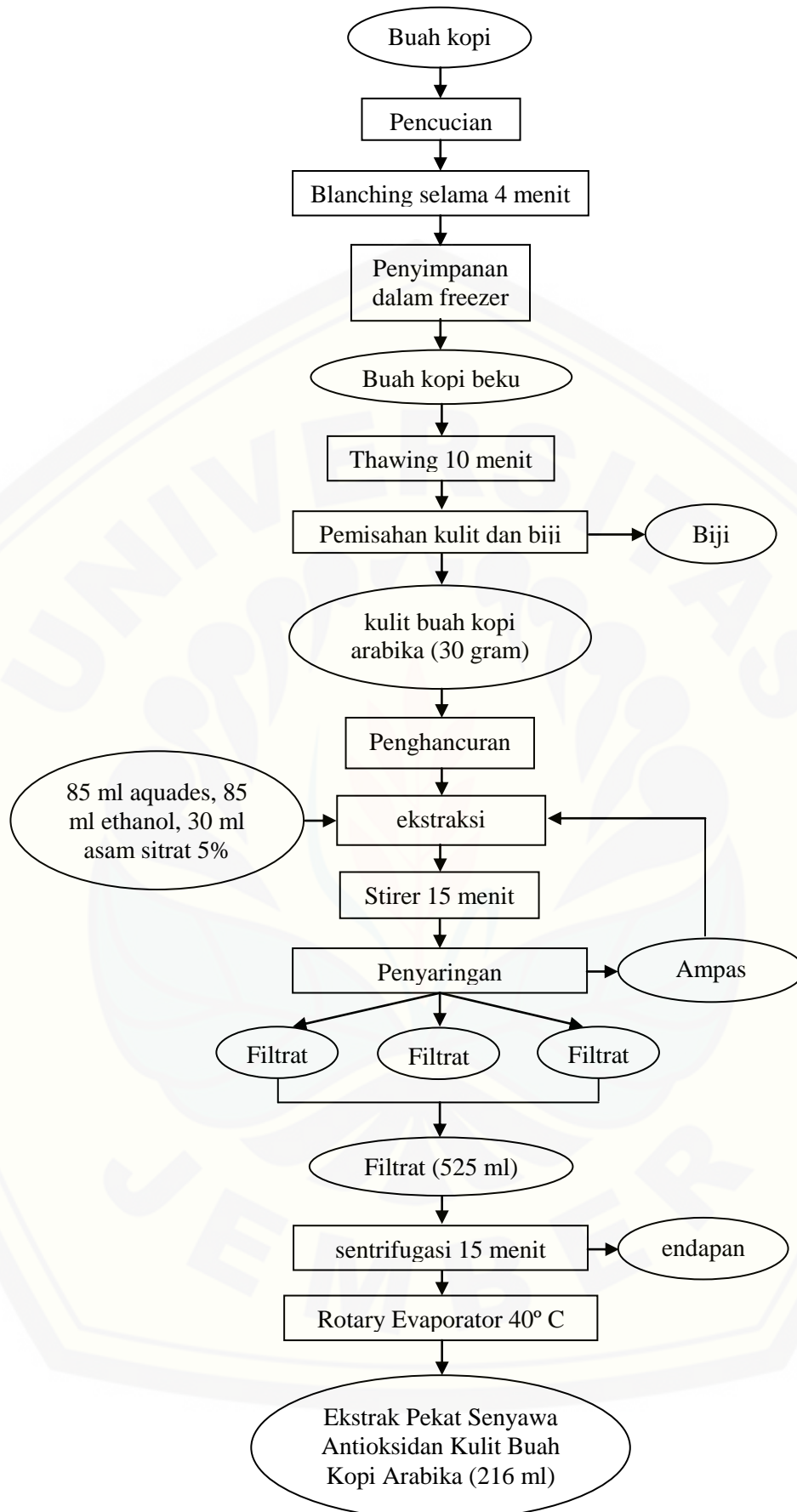
3.3.2 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu rasio tapioka teroksidasi (TO) dan alginat, yang terdapat 5 level dan dilakukan ulangan sebanyak 2 kali. Kelima proporsi perbandingan tapioka teroksidasi dan alginat adalah sebagai berikut:

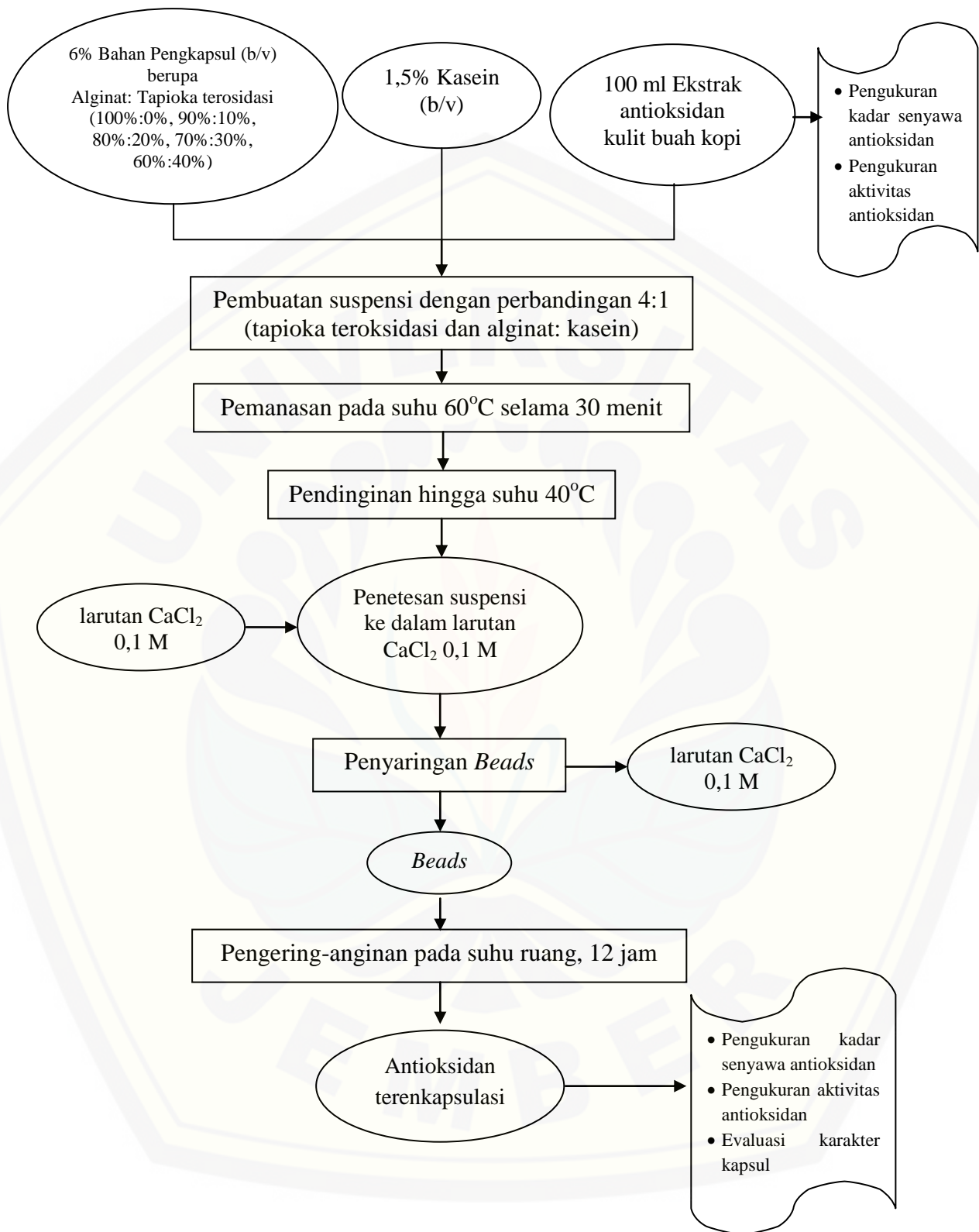
- A = 100% Alginat
- B = 10% Tapioka teroksidasi : 90% Alginat (b/v)
- C = 20% Tapioka Teroksidasi : 80% Alginat (b/v)
- D = 30% Tapioka teroksidasi : 70% Alginat (b/v)
- E = 40% Tapioka teroksidasi : 60% Alginat (b/v)



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan tapioka teroksidasi (Praptiningsih dan Palupi,2014)



Gambar 3.2 Diagram alir ekstraksi antioksidan kulit buah kopi arabika (Arista, 2011)



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian pembuatan antioksidan terenkapsulasi dengan teknik *coacervation*

3.3.3 Analisis Data

Data yang didapatkan dianalisis secara statistik dengan menggunakan sidik ragam. Apabila terdapat perbedaan, dilanjutkan dengan Duncan's Multiple Range Test (DNMRT) untuk mengetahui tingkat perbedaan antar perlakuan pada taraf uji $\alpha \leq 5\%$. Penyajian data diterapkan dalam bentuk grafik atau histogram dan masing-masing data disertai dengan standar deviasi.

3.4 Parameter Pengamatan

Beberapa parameter pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

- a. Ekstrak antioksidan kulit buah kopi
 1. Kadar air (Metode distilasi, Sudarmadji dkk., 2003)
 2. Warna (Good, 2002)
 3. Kadar antosianin (metode perbedaan pH, Lee dkk., 2005)
 4. Total polifenol (Metode follin ciocalteu)
 5. Kadar betakaroten (Metode Spektrometri, Tejasari, 2005)
 6. Kadar vitamin C (Metode titrasi, Sudarmadji dkk., 1997)
 7. Aktivitas antioksidan (Metode DPPH, Gadow dkk., 1997)
- b. Kapsul antioksidan kulit buah kopi
 1. Kadar air (Metode thermogravimetri, AOAC, 2006)
 2. Warna (Good, 2002)
 3. Ukuran kapsul (Hasanah, 2013)
 4. Rendemen
 5. Total polifenol (Metode follin ciocalteu)
 6. Kadar betakaroten (Metode Spektrometri, Tejasari, 2005)
 7. Kadar vitamin C (Metode titrasi, Sudarmadji dkk., 1997)
 8. Efisiensi enkapsulasi
 9. Aktivitas antioksidan (Metode DPPH, Gadow dkk., 1997)

3.5 Prosedur Analisis

3.5.1 Kadar air (Metode Distilasi, Sudarmadji dkk., 2003)

Sampel sebanyak 5 ml (W) dimasukkan dalam labu distilasi dengan ditambahkan 75 ml xylene sebagai pelarut. Sampel dan pelarut kemudian didistilasi selama ± 1 jam, hingga tidak ada air yang menetes pada penampung. Banyaknya air yang diuapkan dapat dilihat pada skala (V ml) yang terdapat pada penampung. Untuk mendapatkan nilai faktor distilasi, digunakan akuades yang telah diketahui beratnya dan dilakukan cara yang sama.

$$\text{Kadar air} = V/W \times \text{faktor distilasi} \times 100\%$$

Faktor distilasi = berat air yang didistilasi (blanko) / V_a

Keterangan :

V = Volume air yang didistilasi (ml)

W = Jumlah sampel yang diambil (ml)

V_a = Volume air yang didistilasi (blanko)

3.5.2 Kadar air (Metode Thermogravimetri, AOAC, 2006)

Analisis kadar air dilakukan dengan metode pemanasan. Prinsipnya adalah menguapkan molekul air (H_2O) bebas yang ada dalam sampel. Botol timbang yang digunakan dioven terlebih dahulu selama 24 jam pada suhu $100^\circ C$, kemudian didinginkan dalam eksikator selama 15 menit dan ditimbang sebagai (a). Kemudian, sebanyak 2 gram sampel dimasukkan pada botol timbang dan ditimbang sebagai (b). Botol berisi sampel dioven pada suhu $100^\circ C$ selama 24 jam lalu didinginkan dalam eksikator selama 30 menit dan ditimbang (c). Tahap ini diulangi hingga dicapai berat konstan. Kadar air dalam berat kering dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat botol timbang kosong (gram)

b = berat botol timbang dan bahan sebelum dikeringkan (gram)

c = berat botol timbang dan bahan setelah dikeringkan (gram)

3.5.3 Warna (Good, 2002)

Pengukuran warna kapsul ekstrak antioksidan kulit buah kopi menggunakan *color reader*. Pengukuran warna dibaca pada parameter L^* , a^* , b^* di 3 titik yang berbeda. L^* menunjukkan derajat kecerahan dari hitam (0) hingga putih (100). a^* mendeskripsikan warna merah hijau dengan nilai a^* positif mengindikasikan kemerahan dan a^* negatif mengindikasikan kehijauan. Sedangkan b^* mendeskripsikan warna kuning-biru dengan nilai b^* negatif mengindikasikan kebiruan dan b^* positif mengindikasikan kekuningan. Sebelum warna kapsul ekstrak antioksidan diukur, *color reader* dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan porselen khusus. Ujung lensa *color reader* ditempelkan pada permukaan sampel yang akan dianalisis pada 3 titik yang berbeda. Nilai L , a , dan b yang didapatkan kemudian dimasukkan pada rumus konversi. Penggunaan rumus konversi dikarenakan alat yang digunakan sudah tidak dapat memenuhi standard saat dikalibrasi menggunakan porselen khusus. Perhitungan nilai L , a , dan b ditujukan untuk mendapatkan nilai $^{\circ}H$ sehingga sampel dapat di deskripsikan warnanya berdasarkan tabel 3.1.

$$L^* = \frac{\text{nilai rata-rata } L \text{ di 3 titik} \times 94,35}{\text{nilai } L \text{ porselen standar}}$$

$$a^* = \frac{\text{nilai rata-rata } a \text{ di 3 titik} \times 5,75}{\text{nilai } a \text{ porselen standar}}$$

$$b^* = \frac{\text{nilai rata-rata } b \text{ di 3 titik} \times 6,51}{\text{nilai } b \text{ porselen standar}}$$

$$H = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$$

Keterangan:

L : kecerahan warna, nilai berkisar antara 0-100 yang menunjukkan warna hitam hingga putih

a^* : nilai berkisar antara -80 – (+100), menunjukkan warna hijau hingga merah

b^* : nilai berkisar antara -50 – (+70), menunjukkan warna biru hingga kuning

H : Hue, sudut warna (0° = warna netral, 90° = kuning, 180° = hijau, 270° = biru)

Tabel 3.1 Deskripsi warna berdasarkan °Hue (Hutching, 1999)

°Hue [arc tan (b/a)]	Deskripsi warna
18 – 54	<i>Red (R)</i>
54 – 90	<i>Yellow Red (YR)</i>
90 – 126	<i>Yellow (Y)</i>
126 – 162	<i>Yellow Green (YG)</i>
162 – 198	<i>Green (G)</i>
198 – 234	<i>Blue Green (BG)</i>
234 – 270	<i>Blue (B)</i>
270 – 306	<i>Blue Purple (BP)</i>
306 – 342	<i>Purple (P)</i>
342 – 18	<i>Red Purple (RP)</i>

3.5.4 Ukuran kapsul (Hasanah, 2013)

Ukuran kapsul diukur dari diameternya. Pengukuran diameter kapsul digunakan jangka sorong. Sebanyak 10 kapsul diukur diameternya, kemudian ukuran rata-rata diameter kapsul dinyatakan dalam satuan mm sebagai rata-rata diameter.

3.5.5 Rendemen

Rendemen dihitung berdasarkan berat ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan dari berat bahan yang digunakan. Rendemen ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{berat ekstrak antioksidan terenkapsulasi (g)}}{\text{berat suspensi (g)}} \times 100\%$$

3.5.6 Efisiensi Enkapsulasi (Yang dkk., 2014)

Efisiensi enkapsulasi (EE) dihitung berdasarkan total berat antioksidan kapsul (A_K) per total berat antioksidan filtrat (A_F). Efisiensi enkapsulasi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{EE (\%)} = \frac{A_K}{A_F} \times 100\%$$

3.5.7 Pengukuran kadar senyawa antioksidan

3.5.7.1 Kadar antosianin (Metode perbedaan pH, Durst, 2005)

Sebanyak 5 ml sampel dimasukkan dalam 2 labu ukur 10 ml. Pada masing-masing sampel ditambahkan larutan buffer pH 1 dan pH 4,5 hingga tanda batas. Kandungan total antosianin diuji dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 dan 700 nm pada masing-masing sampel dengan 2 pH yang berbeda. Perhitungan konsentrasi pigmen antosianin dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Antosianin (mg/g)} = \frac{\text{Abs} \times \text{BM (g/mol)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} \times \text{FP} \times \text{V(ml)} \times 10^{-3} \text{ (L/ml)}}{\varepsilon \text{ (L/cm.mol)} \times \ell \text{ (cm)} \times \text{W(g)}}$$

Keterangan:

$$\text{Abs} = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{ pH 1} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{ pH 4,5}$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

FP = Faktor Pengenceran

ℓ = Tinggi kuvet (cm)

ε = 26900 koefisien molar, dalam $\text{L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$

V = Volume pengambilan sampel (ml) (ekstrak: 5 ml)

W = berat sampel (g) (ekstrak: 5,13 gram)

3.5.7.2 Total polifenol (Metode Follin ciocalteu)

Untuk menentukan total polifenol, pertama dilakukan pembuatan larutan kurva asam galat standar (1 mg galid acid/ml). Sebanyak 0,1 gram asam galat di masukkan dalam labu ukur 10 ml dengan ditambah aquades hingga tanda batas. Kemudian, disiapkan 11 tabung reaksi dan diisi dengan aquades, larutan asam galat sebanyak: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 μl . Kemudian, ditambahkan kedalam masing-masing tabung tersebut dengan 1 ml etanol 97% dan 0,5 ml reagen Follin Ciocalteu. Campuran larutan kemudian digojog menggunakan vortex dan didiamkan selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan 1 ml larutan Na_2CO_3 5%, ditambahkan aquades hingga 10 ml dan digojog kembali

menggunakan vortex. Tabung reaksi yang berisi larutan kurva standar tersebut dibungkus/ditutup dengan aluminium foil dan didiamkan di tempat gelap selama 60 menit. Setelah 60 menit diinkubasi, diukur nilai absorbansi menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 725 nm. Kurva standar dibuat dengan menunjukkan hubungan antara konsentrasi asam galat dan nilai absorbansi.

Penentuan total polifenol ekstrak kulit buah kopi dapat dilakukan cara yang sama seperti pada pengukuran kurva standard menggunakan sampel sebanyak 50 μ l. Sedangkan pada ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi, sebanyak 0,5 gram kapsul di hancurkan perlahan dengan penambahan etanol 97% hingga didapatkan 5 ml suspensi. Untuk menentukan total polifenol pada kapsul, digunakan suspensi sebanyak 1 ml sebagai sampel yang kemudian diberi perlakuan seperti pada penentuan kurva standard maupun ekstrak kulit buah kopi. Total polifenol ditentukan berdasarkan rumus berikut:

Persamaan kurva standart : $Y = ax + b$

$$\text{Kadar Polifenol (mg/g)} = \frac{x \text{ (mg/ml)} \times \text{FP} \times \text{Volume (ml)}}{W \text{ (g)}}$$

Y = Absorbansi

x = Konsentrasi (mg/ml)

W = berat sampel (g) (ekstrak: 0,0513 gram; kapsul: 0,5 gram)

FP = faktor pengenceran (kapsul: 5 kali)

3.5.7.3 Kadar betakaroten (Metode spektrometri, Tejasari, 2005)

Penentuan kadar betakaroten ekstrak kulit buah kopi yaitu sebanyak 2 ml sampel dimasukkan dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan etanol 97% hingga tanda batas. Kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 453 nm. Sedangkan pada ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi, sebanyak 0,5 gram kapsul di hancurkan perlahan dengan penambahan etanol 97% dan disaring menggunakan kertas saring hingga didapatkan 10 ml suspensi. Suspensi kemudian diukur absorbansinya pada

panjang gelombang 453 nm. Nilai absorbansi kemudian dimasukkan dalam rumus:

$$\beta\text{-Karoten(mg/g)} = \frac{\text{Abs} \times \text{BM} \times 10^3 \text{ (mg/mol)} \times \text{FP} \times \text{V} \times 10^{-3} \text{ (L)}}{\varepsilon \text{ (L/cm.mol)} \times l \text{ (cm)} \times \text{W(g)}}$$

Keterangan:

Abs = nilai absorbansi

BM = 536,8726 g/mol

FP = Faktor pengenceran

l = Panjang kuvet (cm)

ε = 2620 (L/cm.mol)

V = Volume pengambilan sampel (ml) (ekstrak: 2 ml; kapsul 10 ml)

W = berat sampel (g) (ekstrak: 2,052 gram; kapsul: 0,5 gram)

3.5.7.4 Kadar vitamin C (Metode titrasi, Sudarmadji dkk., 1997)

Penentuan kadar vitamin C dilakukan dengan mengambil sebanyak 5 ml larutan sampel dimasukkan dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas. Larutan sampel tersebut kemudian diambil 25 ml dan dimasukkan dalam erlenmeyer 125 ml. Sampel dalam erlenmeyer tersebut kemudian ditambahkan 1 ml reagen amilum 1% dan dititrasi dengan iod 0,01 N hingga didapatkan warna biru.

Pada penentuan kadar vitamin C ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi, sebanyak 0,5 gram kapsul di hancurkan perlahan dengan penambahan aquades dan disaring menggunakan kertas saring hingga didapatkan 100 ml suspensi. Kemudian dilakukan cara yang sama seperti penentuan kadar vitamin C ekstrak kulit buah kopi.

$$\text{Kadar vitamin C (mg/g bahan)} = \frac{\text{ml titrasi} \times 0,88 \text{ mg} \times \text{FP}}{W}$$

Keterangan:

FP = Faktor pengenceran (ekstrak: 4 kali; kapsul: 4 kali)

W = Berat bahan (g) (Ekstrak: 5,13 gram; kapsul: 0,5 gram)

0,88 mg = asumsi 1 ml Iod setara dengan 0,88 mg asam askorbat

3.5.7.5 Penentuan aktivitas antioksidan (Metode DPPH, Gadow dkk., 1997)

Penentuan aktivitas antioksidan ini dilakukan dengan membuat reagen DPPH terlebih dahulu. Reagen DPPH dibuat dengan cara melarutkan 0,0158 gram *1,1 diphenyl-2-picrylhydrazyl* dalam etanol 97% hingga mencapai 100 ml (konsentrasi 400 μ mol/l). Larutan DPPH kemudian disimpan dalam wadah bersih dan gelap. Untuk menentukan daya antioksidan, sebanyak 0,1 ml sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan 2 ml larutan DPPH. Setelah penambahan larutan DPPH, suspensi tersebut ditambahkan etanol 97% hingga tanda batas dan di gojog menggunakan vortex hingga homogen. Campuran tersebut kemudian di tempatkan pada ruang gelap selama 30 menit dan diamati absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer. Sedangkan blanko dibuat dari DPPH tanpa penambahan sampel dengan cara yang sama.

Pada penentuan aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi, sebanyak 0,5 gram kapsul di hancurkan perlahan dengan penambahan etanol 97% dan disaring menggunakan kertas saring hingga didapatkan 10 ml suspensi. Kemudian dilakukan cara yang sama seperti penentuan aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah kopi. Aktivitas antioksidan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Aktivitas Antioksidan (\% penghambatan)} = \frac{\text{Abs (blanko-Sampel)}}{\text{Abs blanko}} \times 100\%$$

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Kopi

Kulit kopi arabika yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit buah kopi arabika dengan varietas *sigarar utang*. Berdasarkan SK Menteri Pertanian Nomor: 205/Kpts/SR.120/4/2005, varietas *sigarar utang* dilepas sebagai varietas anjuran untuk daerah pengembangan kopi arabika yang memiliki kondisi klimatologi serupa dengan Tapanuli Utara (Situmorang, 2013). Kulit kopi arabika dengan varietas *sigarar utang* memiliki karakteristik seperti yang dijelaskan tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik ekstrak antioksidan kulit buah kopi

Parameter	Kadar
Kadar Air (%)	98,36 ± 0,79
Antosianin (mg/g) (db)	0,01353 ± 0,00
Total Polifenol (mg/g) (db)	716,88 ± 15,76
Betakaroten (mg/g) (db)	3,62 ± 4,18
Vitamin C (mg/g) (db)	50,21 ± 0,00
Aktivitas Antioksidan (% penghambatan)	92,11 ± 0,47

Sedangkan karakteristik warna ekstrak kulit buah kopi arabika dijelaskan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Karakteristik warna ekstrak antioksidan kulit buah kopi

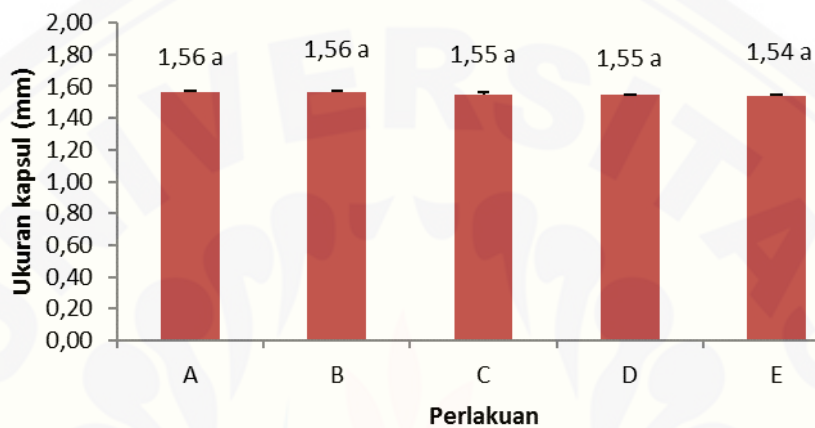
Parameter	Nilai	Deskripsi Warna
L	41,99 ± 0,25	
a*	3,4 ± 0,047	
b*	5,21 ± 0,016	
°H	56,83 ± 0,28	<i>Yellow Red</i>

4.2 Karakteristik Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

Pada antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi, tidak dilakukan pengamatan terhadap kadar antosianin. Hal ini dikarenakan senyawa antosianin yang terkandung dalam ekstrak antioksidan terenkapsulasi ini sangat kecil sekali sehingga membutuhkan sampel yang cukup besar agar dapat dianalisis menggunakan spektrofotometer.

4.2.1 Ukuran kapsul

Berdasarkan sidik ragam lampiran C.2, substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh tidak nyata terhadap ukuran kapsul antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan. Ukuran kapsul dari ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi disajikan dalam gambar 4.1 dan ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi ditunjukkan oleh gambar 4.2.



Gambar 4.1 Ukuran kapsul ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi A: Alginat:TO (100:0); B: Alginat:TO (90:10); C: Alginat:TO (80:20) D: Alginat:TO (70:30); E: Alginat:TO (60:40)

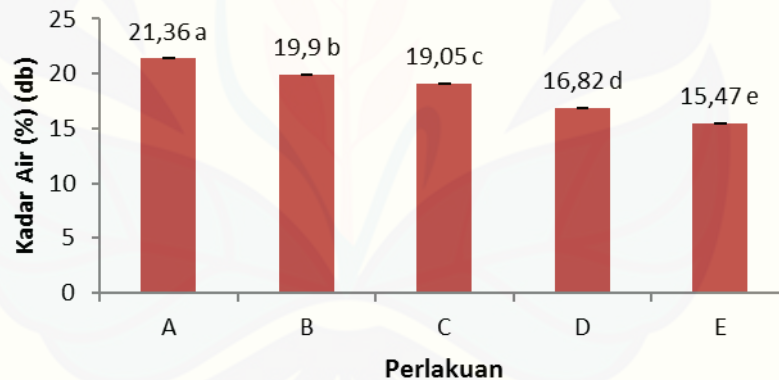


Gambar 4.2 Ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi A: Alginat:TO (100:0); B: Alginat:TO (90:10); C: Alginat:TO (80:20); D: Alginat:TO (70:30); E: Alginat:TO (60:40)

Berdasarkan gambar 4.1, diketahui bahwa ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi memiliki ukuran kapsul yang semakin kecil seiring dengan semakin banyaknya tapioka teroksidasi yang disubstitusikan, namun berbeda tidak nyata. Semakin kecilnya ukuran kapsul tersebut disebabkan dengan semakin banyak tapioka teroksidasi yang disubstitusikan maka proporsi alginat semakin kecil, sehingga matriks *egg-box* yang terbentuk dari ion kalsium dan garam alginat semakin kurang kokoh. Hasanah (2013) mengemukakan bahwa penambahan pati sebagai substitusi alginat dapat memperkecil ukuran kapsul yang dihasilkan.

4.2.2 Kadar air

Berdasarkan sidik ragam lampiran A.3, substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh nyata terhadap kadar air antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan. Besarnya kadar air antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi disajikan dalam gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kadar air ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi A: Alginat:TO (100:0); B: Alginat:TO (90:10); C: Alginat:TO (80:20); D: Alginat:TO (70:30); E: Alginat:TO (60:40)

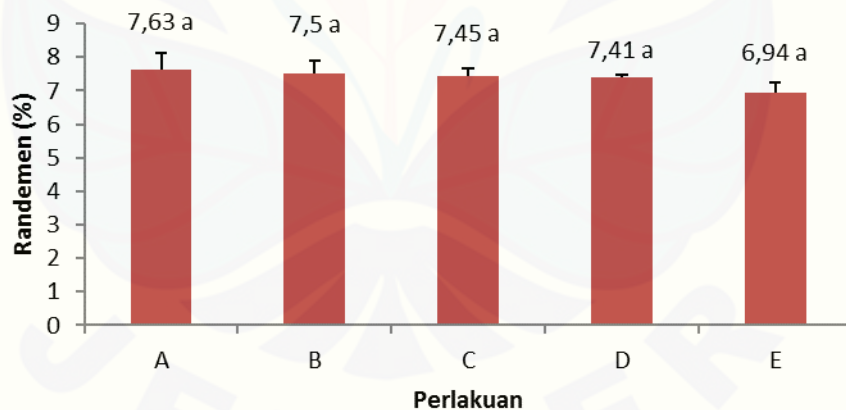
Gambar 4.3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul dari ekstrak kulit buah kopi. Semakin banyak penambahan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengsubstitusi alginat pada enkapsulasi ekstrak antioksidan kulit buah kopi, menyebabkan semakin berkurangnya kadar air dalam kapsul yang

dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh alginat memiliki kemampuan menahan air (8,74 g/g) lebih besar dibandingkan dengan kemampuan menahan air tapioka teroksidasi (0,99 g/g) (Praptiningsih dan Palupi, 2014)

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Hasanah (2013) dalam enkapsulasi lada menggunakan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengsubstitusi alginat. Pada enkapsulasi dengan bahan pengkaspul 100% alginat memiliki nilai kadar air sebesar 20,49% dan pada kapsul dengan bahan pengkaspul penambahan tapioka teroksidasi 75% memiliki kadar air sebesar 14,17%. Cordoba dkk (2013) juga berpendapat sama. Cordoba menyatakan bahwa kadar air hidrogel dengan dinding pengkaspul kalsium-alginat lebih tinggi dibandingkan dengan dinding pengkaspul kalsium-alginat-pati.

4.2.3 Rendemen

Berdasarkan sidik ragam lampiran D.2, substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh tidak nyata terhadap rendemen antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan. Rendemen antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi disajikan dalam gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rendemen ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi
A: Alginat:TO (100:0); B: Alginat:TO (90:10); C: Alginat:TO (80:20);
D: Alginat:TO (70:30); E: Alginat:TO (60:40)

Gambar 4.4 merupakan rendemen dari antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa rendemen yang dihasilkan oleh antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi semakin kecil

dengan semakin banyaknya tapioka teroksidasi yang disubstitusikan pada bahan pengkapsul namun berbeda tidak nyata. Hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan tapioka teroksidasi, kadar air kapsul yang dihasilkan semakin kecil.

4.2.4 Warna

Pengukuran warna antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi dilakukan menggunakan colour reader untuk mengetahui nilai L, a, dan b di 3 titik yang berbeda. Nilai L, a, maupun b yang didapatkan kemudian dikonversi untuk mendapatkan nilai °H atau yang biasa disebut dengan sudut warna. Sudut warna dapat digunakan untuk menentukan deskripsi warna dari antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi secara objective.

Berdasarkan sidik ragam lampiran B.3, substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh tidak nyata terhadap nilai L dan °H antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan. Parameter warna antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi disajikan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Warna ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi

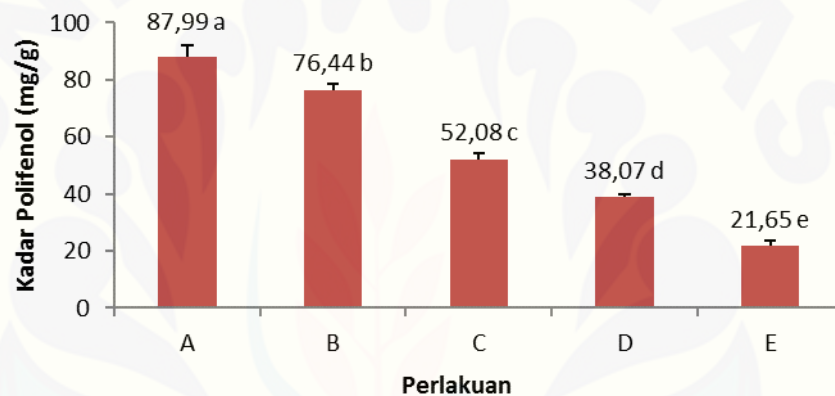
Perlakuan	parameter pengamatan				warna
	L	a*	b*	H	
A	51,64 ± 0,61 ^a	8,62 ± 0,21	6,16 ± 0,11	35,57 ± 0,19 ^a	
B	51,94 ± 0,75 ^a	8,74 ± 0,08	6,13 ± 0,08	35,08 ± 0,82 ^a	
C	52,72 ± 0,57 ^a	8,92 ± 0,59	6,17 ± 0,32	34,67 ± 0,36 ^a	<i>Red</i>
D	53,35 ± 0,11 ^a	9,86 ± 0,22	6,45 ± 0,16	33,2 ± 1,24 ^a	
E	53,73 ± 0,71 ^a	10,51 ± 0,1	6,75 ± 0,009	32,71 ± 0,28 ^a	

Berdasarkan pada tabel 4.3, dapat diketahui bahwa semakin banyak substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul pada enkapsulasi antioksidan ekstrak kulit buah kopi, tingkat kecerahan (L) yang ditunjukkan semakin tinggi dan sudut warna (°H) yang ditunjukkan semakin rendah namun berbeda tidak nyata. Tingkat kecerahan (L) yang semakin tinggi disebabkan oleh nilai kecerahan (L) tapioka teroksidasi (97,98) lebih besar dibandingkan dengan nilai kecerahan (L) alginat (68,65), sehingga semakin banyak penambahan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul akan

meningkatkan tingkat kecerahan (L) kapsul yang dihasilkan. Nilai $^{\circ}H$ yang ditunjukkan oleh antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi memiliki kisaran 32,71 hingga 35,57. Menurut Hutching (1999), $^{\circ}H$ dengan kisaran warna 18-54 di deskripsikan sebagai warna merah (*Red*).

4.2.5 Total Polifenol

Berdasarkan sidik ragam lampiran G.3, substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh nyata terhadap total polifenol antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan. Total polifenol ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi dapat dilihat pada gambar 4.5.



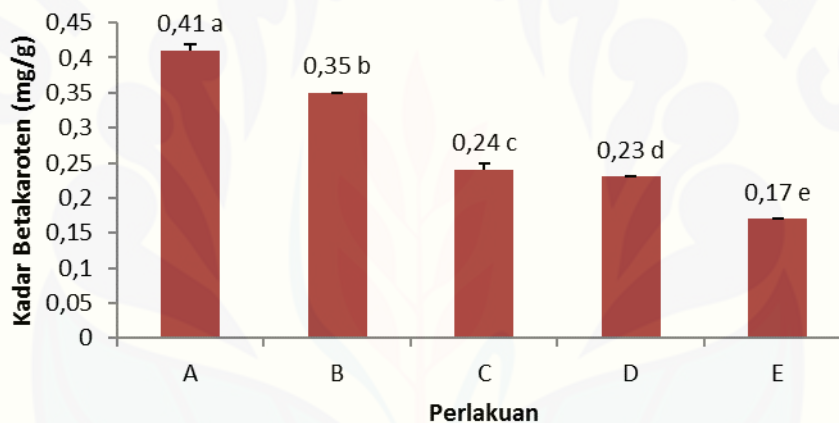
Gambar 4.5 Total polifenol ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi A: Alginat:TO (100:0); B: Alginat:TO (90:10); C: Alginat:TO (80:20); D: Alginat:TO (70:30); E: Alginat:TO (60:40)

Berdasarkan pada gambar 4.5, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul dari ekstrak kulit buah kopi. Penggunaan 100% alginat sebagai bahan pengkapsul menghasilkan total polifenol sebesar 87,99 mg/g, sedangkan penggunaan 40% tapioka teroksidasi dan 60% alginat hanya mampu menghasilkan total polifenol sebesar 21,65 mg/g. Semakin banyak penambahan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul, total polifenol yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan alginat memiliki nilai *swelling power* pada suhu 60° C lebih besar (11,88 g/g) dibandingkan dengan tapioka teroksidasi (4,05 g/g) (Praptiningsih dan Palupi, 2014) sehingga tapioka teroksidasi belum

mampu membentuk film dan *egg box* yang terbentuk memiliki kemampuan menyalut yang semakin rendah. Akibatnya, polifenol yang terperangkap semakin rendah dan menurunkan kadar polifenol kapsul yang dihasilkan.

4.2.6 Betakaroten

Betakaroten adalah salah satu dari komponen antioksidan dalam kulit buah kopi yang penting. Berdasarkan sidik ragam lampiran E.3, substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh nyata terhadap kadar betakaroten antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan. Kadar betakaroten dalam antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi dapat dilihat pada gambar 4.6.



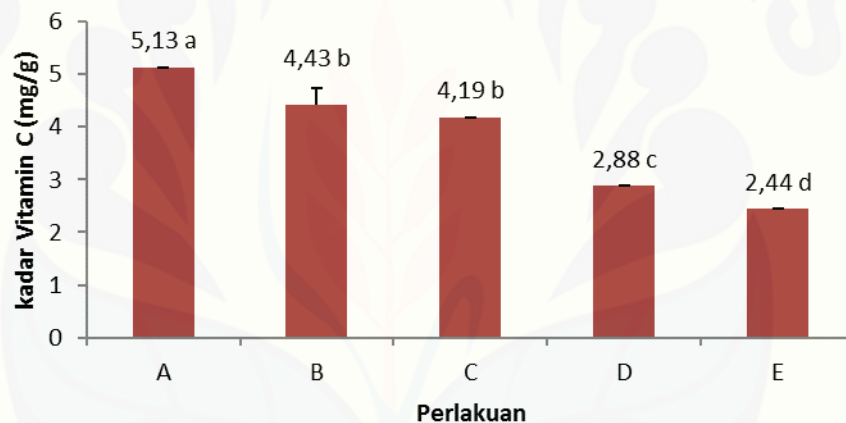
Gambar 4.6 Kadar betakaroten ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi A: Alginat:TO (100:0); B: Alginat:TO (90:10); C: Alginat:TO (80:20); D: Alginat:TO (70:30); E: Alginat:TO (60:40)

Berdasarkan pada gambar 4.6, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul dari ekstrak kulit buah kopi. Penggunaan alginat 100% sebagai bahan pengkapsul memiliki kadar betakaroten sebesar 0,41 mg/g, sedangkan penggunaan 40% tapioka teroksidasi dan 60% alginat hanya mampu menghasilkan kadar betakaroten sebesar 0,17 mg/g. Berkurangnya kadar betakaroten berbanding lurus dengan banyaknya alginat yang ada sebagai bahan pengkapsul. Semakin banyak penambahan tapioka teroksidasi sebagai pengsubstitusi alginat, maka kadar betakaroten yang dihasilkan semakin

berkurang. Hal ini dikarenakan alginat memiliki nilai *swelling power* pada suhu 60° C lebih besar (11,88 g/g) dibandingkan dengan tapioka teroksidasi (4,05 g/g) (Praptiningsih dan Palupi, 2014) sehingga tapioka teroksidasi belum mampu membentuk film dan *egg box* yang terbentuk memiliki kemampuan menyalut yang semakin rendah. Akibatnya, betakaroten yang terperangkap semakin rendah dan menurunkan kadar betakaroten kapsul yang dihasilkan.

4.2.7 Vitamin C

Berdasarkan sidik ragam lampiran H.3, substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh nyata terhadap kadar vitamin C antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan. Kadar vitamin C antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi disajikan dalam gambar 4.7.



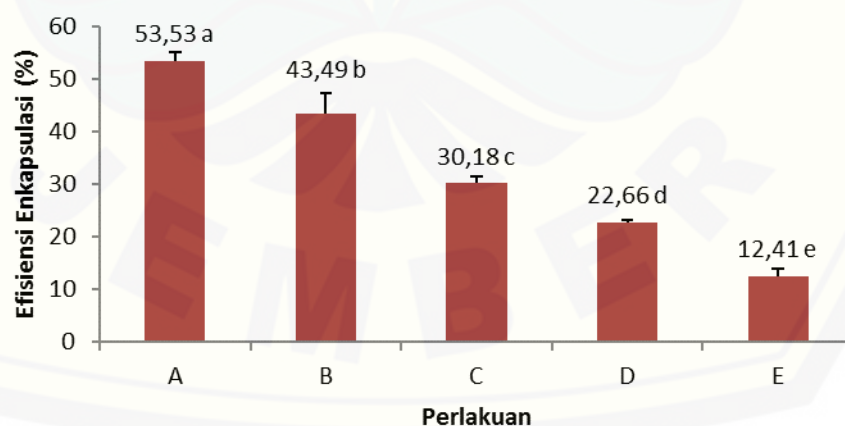
Gambar 4.7 Kadar vitamin C ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi A: Alginat:TO (100:0); B: Alginat:TO (90:10); C: Alginat:TO (80:20); D: Alginat:TO (70:30); E: Alginat:TO (60:40)

Berdasarkan pada gambar 4.7, diketahui bahwa kadar vitamin C yang dikandung oleh antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi dengan penambahan tapioka teroksidasi sebagai substituen berbeda nyata dengan kontrol (100% alginat). Kadar vitamin C variasi B (20% tapioka teroksidasi: 80% alginat) berbeda tidak nyata dengan variasi C (30% tapioka teroksidasi: 70% alginat). Kadar vitamin C variasi B dan C berbeda nyata dengan variasi D (30% tapioka teroksidasi: 70% alginat) dan kadar vitamin C variasi D berbeda nyata dengan variasi E (40% tapioka teroksidasi: 60% alginat).

Gambar 4.7 menunjukkan kadar vitamin C yang terdapat dalam antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi semakin berkurang seiring dengan semakin banyaknya penambahan tapioka teroksidasi sebagai substitusi alginat. Kadar vitamin C yang terdapat pada antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi dengan bahan pengkapsul 100% alginat sebesar 5,13 mg/g dan kadar vitamin C yang terdapat pada kapsul dengan bahan pengkapsul 40% tapioka teroksidasi: 60% alginat adalah sebesar 2,44 mg/g. Semakin berkurangnya kadar vitamin C dikarenakan alginat memiliki nilai *swelling power* pada suhu 60° C lebih besar (11,88 g/g) dibandingkan dengan tapioka teroksidasi (4,05 g/g) (Praptiningsih dan Palupi, 2014) sehingga tapioka teroksidasi belum mampu membentuk film dan *egg box* yang terbentuk memiliki kemampuan menyalut yang semakin rendah. Akibatnya, vitamin C yang terperangkap semakin rendah dan menurunkan kadar vitamin C kapsul yang dihasilkan.

4.2.8 Efisiensi enkapsulasi

Berdasarkan sidik ragam lampiran J.2, substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh nyata terhadap efisiensi enkapsulasi antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan. Besarnya efisiensi enkapsulasi dari kapsul antioksidan ekstrak dengan berbagai proporsi tapioka teroksidasi dan alginat ditunjukkan oleh gambar 4.8.



Gambar 4.8 Efisiensi enkapsulasi ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi A: Alginat:TO (100:0); B: Alginat:TO (90:10); C: Alginat:TO (80:20); D: Alginat:TO (70:30); E: Alginat:TO (60:40)

Berdasarkan pada gambar 4.8, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul dari ekstrak kulit buah kopi. Menurut Hasanah (2013), penambahan pati sebagai bahan pengkapsul dapat menurunkan efisiensi enkapsulasi yang dihasilkan. Semakin banyak penambahan tapioka teroksidasi sebagai pengsubstitusi alginat, maka efisiensi enkapsulasi yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan alginat memiliki nilai *swelling power* pada suhu 60° C lebih besar (11,88 g/g) dibandingkan dengan tapioka teroksidasi (4,05 g/g) (Praptiningsih dan Palupi, 2014) sehingga tapioka teroksidasi belum mampu membentuk film dan *egg box* yang terbentuk memiliki kemampuan menyalut yang semakin rendah. Akibatnya, antioksidan yang terperangkap semakin rendah dan menurunkan nilai efisiensi enkapsulasi kapsul yang dihasilkan. Kapsul antioksidan dengan dinding pengkapsul 100% alginat memiliki nilai efisiensi yang paling tinggi yaitu 53,53%. Penambahan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul dengan nilai efisiensi enkapsulasi tertinggi terdapat pada variasi B yaitu sebesar 43,49%. Artinya, penggunaan tapioka teroksidasi sebagai substitusi alginat pada enkapsulasi antioksidan ekstrak kulit buah kopi akan optimal pada proporsi dinding pengkapsul 10% tapioka teroksidasi dan 90% alginat.

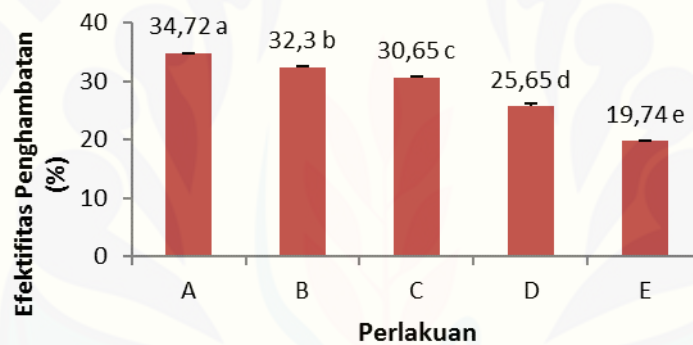
4.2.9 Aktivitas antioksidan

Aktivitas antioksidan suatu antioksidan diukur dengan tujuan untuk mengetahui besarnya daya oksidasi senyawa antioksidan terhadap radikal bebas. Salah satu uji untuk menentukan aktivitas antioksidan terhadap penangkap radikal adalah metode DPPH (*1,1 Diphenyl-2-picryllhidrazyl*) (Sunarni,2005).

Berdasarkan sidik ragam lampiran I.3, substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi berpengaruh nyata terhadap aktivitas antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi yang dihasilkan. Besarnya aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi ditunjukkan oleh gambar 4.9.

Berdasarkan gambar 4.9, diketahui bahwa banyaknya penambahan tapioka teroksidasi sebagai bahan pengsubstitusi alginat berbeda nyata terhadap aktivitas

antioksidan kapsul antioksidan. Semakin banyak penambahan tapioka teroksidasi, aktivitas antioksidan yang dihasilkan oleh kapsul antioksidan semakin berkurang. Nilai aktivitas antioksidan terbesar ditunjukkan oleh 100% alginat sebagai bahan pengkapsul yaitu 34,72% sedangkan nilai terkecil ditunjukkan oleh penambahan 40% tapioka teroksidasi sebagai bahan pengkapsul yaitu sebesar 19,74%. Hal ini dikarenakan alginat memiliki nilai *swelling power* pada suhu 60° C lebih besar (11,88 g/g) dibandingkan dengan tapioka teroksidasi (4,05 g/g) (Praptiningsih dan Palupi, 2014) sehingga tapioka teroksidasi belum mampu membentuk film dan *egg box* yang terbentuk memiliki kemampuan menyalut yang semakin rendah. Akibatnya, senyawa antioksidan yang terperangkap semakin berkurang dan menurunkan aktivitas antioksidan kapsul yang dihasilkan.



Gambar 4.9 Aktivitas antioksidan ekstrak antioksidan kulit buah kopi terenkapsulasi A: Alginat:TO (100:0); B: Alginat:TO (90:10); C: Alginat:TO (80:20); D: Alginat:TO (70:30); E: Alginat:TO (60:40)

BAB 5. PENUTUP

5.1 Simpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan pada penelitian ini antara lain:

1. Substitusi alginat dengan tapioka teroksidasi pada enkapsulasi antioksidan kulit buah kopi secara *coecervation* berpengaruh terhadap kadar air, kadar betakaroten, total polifenol, kadar vitamin C, aktivitas antioksidan, dan efisiensi enkapsulasi ekstrak kulit buah kopi terenkapsulasi, namun tidak berpengaruh terhadap ukuran kapsul, rendemen, dan warna kapsul antioksidan.
2. Proporsi tapioka teroksidasi yang tepat untuk substitusi alginat pada enkapsulasi antioksidan kulit buah kopi adalah 10% tapioka teroksidasi: 90% alginat (perlakuan B). Kapsul yang dihasilkan mempunyai karakteristik kadar polifenol, betakaroten, vitamin C, aktivitas antioksidan, dan efisiensi enkapsulasi berturut-turut sebesar 76,44 mg/g, 0,35 mg/g, 4,43 mg/g, 32,3%, dan 43,49%. Selain itu beberapa karakteristik fisik dari kapsul antioksidan dengan perlakuan B diantaranya ukuran kapsul, kadar air, rendemen, tingkat kecerahan (L), dan °H adalah 1,56 mm, 19,90%, 7,50%, 51,94, dan 35,08 dengan deskripsi warna *Red*.

5.2 Saran

Perlu adanya uji lebih lanjut terhadap umur simpan kapsul antioksidan kulit buah kopi untuk menentukan masa kadaluarsa dari kapsul antioksidan. Selain itu juga perlu dilakukan uji lebih lanjut mengenai kemampuan *release* kapsul antioksidan saat diaplikasikan dalam bahan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, A. 2011. *Enkapsulasi Lactobacillus casein dengan Teknik Ekstruksi Sebagai Starter Untuk Pembuatan Dadih Susu Sapi*. Bogor: IPB.
- AEKI. 2014. *Luas Areal dan Produksi Kopi Indonesia Menurut Jenis Tahun 1999 – 2012*. Jakarta: Badan Pengurus Pusat Asosiasi Eksportir dan Industri Kopi Indonesia.
- Almatsier, S. 2009. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Alnopri, Prasetyo, dan Ganefianti, D.W. 2009. Penampilan Morfologi dan Isoenzym Peroksidase Kopi Arabika Dataran Rendah. *Jurnal Akta Agrosia*. Vol 12: 15-20.
- AOAC. 2006. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist*. Washington DC: Association of official analytical chemist.
- Arista. 2011. “Ekstraksi Senyawa Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika (*Coffea Arabica*) : Studi Tingkat Kematangan Dan Jenis Pelarut”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Astawan, M. dan Kasih, A.L. 2008. *Khasiat Warna Warni Makanan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Umum.
- Augustin, M.A. dan Hemar, Y. 2009. Nano- and Micro-structured Assemblies for Encapsulation of Food Ingredients. *Chemical Society Reviews*. Vol 38: 902 - 912.
- Chan, E.S., Hong, W.O., Lee, B.B., Yim, Z.H., dan Ravindra, P. 2006. Formation of Alginate-Membrane Capsules by using Co-Extrusion Dripping Technique. *XIVth international workshop on Bioencapsulation*. 321-325.
- Chattopadhyaya, S., Singhal, R.S., dan Kulkarni, P.R. 1998. Oxidized Strach as Gum Arabic Substitute for Encapsulation of Flavours. *Carbohydrate Polymers*. Vol 37: 143-144.
- Cisse, M., Vaillant, F., Acosta, O., Mayer, C.D., dan Dornier, M. 2009. Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins from Blood Orange, Blackberry, and

- Roselle Using The Arrhenius, Eyring, and Ball Models. *J.Agric.Food Chem*, vol 57: 6285 – 6291.
- Cordoba, A.L., Deladino, L., dan Martino, M. 2013. Effect of Starch Filler on calcium-alginate hydrogels loaded with yerba mate antioxidants. *Carbohydrate Polymers*. Vol 95: 315-323.
- Cross, C.E, Traber, M., Eiserich J., and Vliet. 1999. “Micronutrient Antioxidants and Smoking”. *British Medical Bulletin Volume 55*. Oxford University Press.
- Dalimartha, S. dan Soedibyo, M. 1999. *Awet Muda dengan Tumbuhan Obat dan Diet Suplemen*. Jakarta: Trubus Agriwidya.
- Desmond, C., Ross R.P., O'Callaghan E., Fitzgerald G., dan Stanton, C. 2002. Improved survival of *Lactobacillus paracasei* NFBC 338 in spray dried powders containing gum acacia. *J of Appl Microbiol*. Vol 93: 1003-1012.
- El-Sheikh, M. A., Ramadan, M.A., & El-Shafie, A. 2010. Photo-oxidation of rice starch. Part I: using hydrogen peroxide. *Carbohydrate Polymers*. Vol 80: 266-269.
- Ernawati, Ratna, W.A., dan Slameto. 2008. *Teknologi Budidaya Kopi Poliklonal*. Bogor: Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Bogor.
- Esquivel, P. and Jimenez, V.M. 2011. Functional Properties of Coffee and Coffee by Products. *Food Research International*. Vol 46: 488-495.
- Finarga. 2010. Polifenol. <http://finarga.blogspot.com/2010/09/polifenol.html> [3 Maret 2014].
- Gadow, A., Joubert, E., Hansman, C.F. 1997. Comparison of The Antioxidant Activity of Asphalatin with that of Other Plant Phenol of Roibos Tea (*Asphalatus linearis*). *J. Agric. Food Chem*. Vol 45: 632-638.
- Good, H. 2002. Measurement of Colour in Cereal Products. *Cereal Food World*. Vol 4: 5-6.

- Gusnidar, T., Singgih, M., Priatni, S., Sukmawati, A.E., dan Suciati, T. 2011. Enkapsulasi dan Stabilitas Pigmen Karotenoid dari *Neuspora intermedia* N-1. *J. Manusia dan Lingkungan*. Vol 18: 206-211.
- Harborne, J.B dan Turner, B.L. 1984. *Plant Chemosystematics*. London: Academic Press.
- Harborne, J.B. 1987. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: ITB.
- Harris, R.S., dan Karmas, E. 1989. *Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan*. Bandung: ITB.
- Hasanah, U. 2013. "Tapioka Teroksidasi Sebagai Substitusi Alginat pada Enkapsulasi Lada". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Hogan, S. A., Brian, F.M., O'Riordan, E.D. dan O'Sullivan, M. 2001. Microencapsulating Properties of Sodium Caseinate. *J. Agric. Food Chem.* Vol 49: 1934-1938.
- Holton, T.A. and Cornish, E.C. 1995. "Genetics and Biochemistry of Anthocyanin Biosynthesis". *The Plant Cell*. Vol 7:1071 –1083.
- Hutching, J.B. 1999. *Food Color and Appearance*. Marylan: Aspen publisher Inc.
- Kailasapathy, K. 2002. Microencapsulation of Probiotic Bacteria: Technology and Potential Applications. *Microencapsulation of Probiotic Bacteria*. Vol 3: 39 – 48.
- Kashima, K., dan Imai, M. 2012. Advance Membrane Material from Marine Biological Polymer and Sensitive Molecular-Size Recognition for Promising Separation Technology. <http://www.intechopen.com/books/advancing-desalination/advanced-membrane-material-from-marine-biological-polymer-and-sensitive-molecular-size-recognition-f> [diakses 29 Desember 2014].
- Kim, Y.D., Morr, C.V., and Schenz, T.W. 1996. Microencapsulations Properties of Gum Arabics and Several Food Proteins: Liquid Oranges Emulsions Particles. *J. Agric. Food Chem.* Vol 44: 1308-1313.

- Kochhar, S.P., dan Rossell, J.B. 1990. *Detection, Estimation, and Evaluation of Antioxidant in Food System*. London: Elsevier Applied Science.
- Kosaraju, S.L., D'ath, L., dan Lawrence, A. 2006. Preparation and characterisation of chitosan microspheres for antioxidant delivery. *Carbohydrate Polymers*. Vol 64: 163–167.
- Krasaekoopt, W.B., Bhandari, H., and Deeth, H. 2003. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *J Int Dairy*. Vol 13:3-13.
- Kritchevsky, S.B. 1999. β -Carotene, Carotenoids and the Prevention of Coronary Heart Disease. *Journal Of Nutrition*. Vol 129: 5–8.
- Lawal, O.S. 2004. Composition, Physicochemical Properties and Retrogradation Characteristic of Native, Oxydised, Acetylated, and Acid-thinned New Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) Strach. *Food Chemistry*. Vol 87: 205-218.
- Lee, J., Durst, R.W., and Wrolstad, R.E. 2005. Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Diffeerential Method : Collaborative Study. *Journal of AOAC Int*. Vol. 88 (5): 1269-1278.
- Mahesa, F.M. 2012. “Esterifikasi Senyawa Polifenol dari Ekstrak Kulit Biji Kopi dengan Asam p-Hidroksibenzoat dengan Menggunakan Katalis $\text{SiO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4$ ”. Tidak Diterbitkan. Depok: Program Pascasarjana Universitas Indonesia.
- Maulida, D., dan Zulkarnaen, N. 2011. “Ekstraksi Antioksidan (Likopen) dari Buah Tomat dengan Menggunakan Solven Campuran, n-Heksana, Aseton, dan Etanol”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- McClements, D.J. 1999. *Food Emulsions: Principles, Practice and Technique*. USA: CRC Press.
- Mushollaeni, W. 2011. The Physicochemical Characteristics of Sodium Alginate from Indonesian Brown Seaweeds. *Afr. J. Food. Sci*. Vol 5 (6): 349 – 352.
- Padayatty, S.J. 2003. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12569111 [diakses pada tanggal 30 April 2014].

- Palupi, N.W. 2010. "Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Lama Penyinaran UV-C terhadap tingkat oksidasi dan Pengembangan Pati Kasava Pada Proses Pemangangan". Tidak Diterbitkan. Thesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Paramita, V. "Mikroenkapsulasi dalam Industri Pangan". Inovasi. Maret 2010. Halaman 19.
- Peppas, N.A., Bures, P., Leobandung, W., Ichikawa, H. 2000. Hydrogels in pharmaceutical formulations. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. Vol 50 (1): 27-46.
- PPKKI. 2008. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika Gayo*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Prakash, A. 2001. Antioxidant Activity. *Analithycal Progres*. Vol 19 (2): 1 - 4.
- Praptiningsih, Y dan Palupi, N.W. 2014. Aplikasi Tapioka Teroksidasi pada Enkapsulasi Antioksidan dari Ampas Seduhan Kopi dengan Teknik *Coacervation*. Tidak Diterbitkan. Laporan Penelitian. Jember: Universitas Jember.
- Putra, S.E. 2012. Alga Laut Sebagai bitarget Industri. <https://evanputra.wordpress.com/2012/12/27/alga-laut-sebagai-biotarget-industri/> [diakses pada 29 Desember 2014].
- Radiani, M.A. 2005. "Studi tentang Pembuatan Minuman Fungsional Tomat-Kayu Manis". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rivera, Sanchez, M.M., Suarez, F.J.L.G., Valle, M.V., Meraz, F.G., dan Perez, L.A.B. 2005. Partial Characterization of Banana Starches Oxidised by Different Levels of Sodium Hypochlorit. *Carbohydrate Polymers*. Vol 62: 50-56.
- Rizqiati, H., Jenie, B.S.L., Nurhidayat, N., dan Nurwitri, C.C. 2009. Karakteristik Mikro kapsul Probiotik *Lactobacillus plantarum* yang Dienkapsulasi dengan Susu Skim dan Gum Arab. *J.Indon.Trop.Anim.Agric*. Vol 34 [2] :139-144.
- Rohdiana, D. 2001. Aktivitas Daya Tangkap Radikal Polifenol Dalam Daun Teh. *Majalah Jurnal Indonesia*. Vol 12 (1): 53-58.

- Rokka, S., dan Rantamaki, P. 2010. Protecting probiotic bacteria by microenkapsulation: Challenges for industrial applications. *Eur. Food Res. Technol.* Vol 231: 1-12.
- Rutenberg, M.W., dan Solarek, D. 1984. Strach Derivates: Production and Uses. Dalam R.L. Whistler, J.N. BeMiller, & E.F. Paschall (Eds.) *Strach Chemistry and Technology*: 311-323. New York: Academic Press.
- Samsudin, A.M., dan Khoiruddin. 2008. “Ekstraksi, Filtrasi Membran dan Uji Stabilitas Zat Warna dari Kulit Manggis (*Garcinia mangostana*)”. Tidak Diterbitkan. Makalah Penelitian. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sangseethong, K., Lertphanich, S., dan Sriroth, K. 2009. Physicochemical Properties of Oxidized Cassava Starch Prepared under Various Alkalinity Levels. *Int. Starch/Stärke.*, Vol 61: 92-100.
- Santoso, V. 2011. “Pengaruh Rasio Teh Hitam: Daun Meniran dan Suhu Pasteurisasi Terhadap Kadar Fenol, Flavonoid, dan Aktivitas Antibakteri serta Sifat Organoleptik Minuman Fungsional Teh Meniran”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Surabaya: Widya Mandala Catholic University.
- Septiana, A. 2014. “Substitusi Gum Arab oleh Tapioka Terfotooksidasi pada Enkapsulasi Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi secara *Spray Drying*.” Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Sherwood, L. 2000. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Shu, B., Wenli, Y., Yaping, Z., dan Xiaoyong, L. 2006. Study on microenkapsulation of lycopene by spray-drying. *Journal of Food Engineering*. Vol 76: 664–669.
- SIGMA ALDRICH. 2014. Catalog Online. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/w201502?lang=en®ion=ID>. [diakses pada tanggal 23 Agustus 2014].
- Singh, H. 1995. Heat Induced Changes in Casein, Including Interactions With Whey Proteins. Heat Induced Changes in Milk. P. F. Fox. Brussels, *International Dairy Federation*: 86-104.
- Siswoputranto. 1993. *Kopi Internasional dan Indonesia*. Yogyakarta: Kanisius.

- Situmorang, T.S. 2013. Kopi Sigarar Utang dari Sumatera Utara. Online. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptpmedan/tinymcpuk/gambar/file/kopi.pdf>. [diakses pada 28 Agustus 2014].
- Steed, L.E., dan Truong, V. D. 2008. Anthocyanin Content, Antioxidant Activity, and Selected Physical Properties of Flowable Purple-Fleshed Sweetpotato Purees. *Journal of Food Science*. Vol 73 (5): 215-221.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 2003. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sukatiningih dan Windarti, W. 2011. “Ekstraksi senyawa antioksidan kulit buah kopi”. Hasil penelitian. Tidak Dipublikasikan. Jember: Universitas Jember.
- Sulistiono. 2010. Polifenol. <http://scribd.com/documents/33507652/polifenol.pdf> [29 Desember 2014].
- Sultana, R. 2000. “Competitive ability of wet-seeded boro rice against *Echinochloa crusgalli* and *Echinochloa colonum*”. Not Published. Thesis. Bangladesh: BAU.
- Sunarni, T. 2005. Aktivitas Antioksidan Penangkap Radikal Bebas Beberapa Kecambah dari Biji Tanaman Familia Papilionaceae. *Jurnal Farmasi Indonesia*. Vol 2 (2): 53-61.
- Syamsulbahri. 1996. *Bercocok Tanam Tanaman Perkebunan Tahunan*. Yogyakarta: Gadjaja Mada Press.
- Tejasari. 2005. *Nilai Gizi Pangan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- USDA. 2013. *Coffee: World Markets and Trade*. United State: United State Departement of Agriculture.
- Usmiati, S., Yuliani, S., dan Noor, E. 2011. Aktivitas Hambat Terhadap Bakteri Patogen oleh Serbuk Bakteriosin Asal *Lactobacillus sp.* Galur SCG 1223. *J. Tek. Ind. Pert.* Vol. 21 (2): 102-112.

- Vaya, J. and Aviram, M. 2008. Nutritional Antioxidants: *Mechanisms of Action, Analyses of Activities and Medical Applications*. Lipid Research Laboratory Rambam Medical Center, Bat-Galim, Haifa. <http://www.betham.org/Cmciema/Sample/Cmciema11/VayaMs.Htm> [28 Februari 2014]
- Wang, B., Audebert, F., Dirks, V., Liu, J. and Zhang, P. 2006. Subsalt Velocity Analysis by Combining Wave Equation Based Redatuming and Kirchhoff Based Migration Velocity Analysis. 76th Annual International Meeting, SEG, *Expanded Abstracts*: 2442-2445.
- Wiadnyani, A.A.I.S. 2010. Modifikasi Pati Kasava dengan Oksidasi dan Asidifikasi untuk Meningkatkan Pengembangan pada *Baking*. Tidak Dipublikasikan. Tesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Widodo, S., dan Wahyuni, E.. 2003. Bioenkapsulasi probiotik (*Lactobacillus casei*) dengan pollard dan tepung terigu serta pengaruhnya terhadap viabilitas dan laju pengasaman. *J.Tek. dan Industri Pangan*. Vol 14: 98 - 106.
- Wrolstad, R.E. 2001. The Possible Health Benefits of Anthocyanin Pigments and Polyphenolics. <http://ipi.oregonstate.edu/ss01/anthocyanin.html> [6 Maret 2014].
- Wu, C., Fan, W., Gelinsky, M., Xiao, Y., Chang, J., Friis, T., Cuniberti, G. 2011. In situ Preparation and Protein Delivery of Silicate-Alginate Composite Microspheres with Cor-Shell Structure. <http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/early/2011/05/14/rsif.2011.0201> [diakses 29 Desember 2014].
- Yang, Z., Peng, Z., Li, J., Li, S., Kong, L., Li, L., dan Wang, Q. 2014. Development and Evaluation of Novel Flavour Microcapsules Containing Vanilla Oil Using Complex Coacervation Approach. *Food Chemistry*. Vol 145: 272-277.
- Yardha dan Karim, A. 2000. *Pengembangan Kopi Arabika di Aceh Tengah: Ketersediaan dan Kesesuaian Lahan*. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Young, S.L., Sarda, X., and Rosenberg, M. 1993. Microencapsulating Properties of Whey Proteins: Combination of Whey Proteins With Carbohydrates. *J. Dairy Science*. Vol 76: 2878-2885.

Lampiran A. Kadar Air

Lampiran A.1 Kadar Air Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika

Ulangan	Kadar air (%)	Rata-rata	Standar deviasi
1	97,8		
2	98,91	98,36	0,79

Keterangan:

Berat aquades = 4,89 g

Volume aquades yang terdestilasi = 4,4 ml

Faktor destilasi = $(4,89 / 4,4) = 1,11$

Contoh perhitungan

Kadar air (%) = $(V/W) \times \text{faktor destilasi} \times 100\%$

= $(4,4 \text{ (ml)} / 5 \text{ (ml)}) \times 1,11 \times 100 \% = 97,8 \%$

Lampiran A.2 Kadar Air Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

Kode	Ulangan	Kadar air (%) (wb)	Rata-rata	Standar deviasi	Kadar air (%) (db)	Rata-rata	Standar deviasi
A	1	17,6	17,6	0	21,36	21,36	0
	2	17,6			21,36		
B	1	16,6	16,6	0	19,90	19,90	0
	2	16,6			19,90		
C	1	16	16	0	19,05	19,05	0
	2	16			19,05		
D	1	14,4	14,4	0	16,82	16,82	0
	2	14,4			16,82		
E	1	13,4	13,4	0	15,47	15,47	0
	2	13,4			15,47		

Keterangan:

A = berat botol timbang kosong (g)

B = berat botol timbang + berat bahan sebelum dioven (g)

C = berat botol timbang + berat bahan setelah dioven (g)

Rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{b-c}{b-a} \times 100\%$$

(wb)

$$\text{Kadar air (\%)} == \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$$

(db)

Contoh Perhitungan:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{13,288 - 13,2}{13,288 - 12,788} \times 100\% = 17,6\%$$

(wb)

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{13,288 - 13,2}{13,2 - 12,788} \times 100\% = 21,36\%$$

(db)

Lampiran A.3 Hasil Sidik Ragam Kadar Air Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

ANNOVA

Sumber keragaman (sk)	db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	44,8868	11,2217	~	6,39
Galat	4	0	0		
Jumlah	8	44,8868			

uji lanjut DNMRT

$$Sf = \sqrt{\text{galat } KT / \text{Perlakuan}}$$

$$= 0$$

	A	B	C	D	E
	21,36	19,90	19,05	16,82	15,47
		2	3	4	5
		3,927	4,013	4,033	4,033
range		0	0	0	0
A	21,36	1,46	2,31	4,54	5,89
B	19,90		0,85	3,08	4,43
C	19,05			2,23	3,58
D	16,82				1,35
E	15,47				
notasi	a	b	c	d	e

Lampiran B. Warna

Lampiran B.1 Warna Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika

ulangan	titik pengamatan	Pengamatan			Analisa Warna					rata-rata	Standar	rata-rata	standar
		L	a	b	L	a*	b*	b*/a*	H	L	Deviasi	H	deviasi
1	1	27,9	3,3	15,1									
	2	27,3	3,4	15,3	41,82	3,37	5,20	1,54	57,03				
	3	27,9	3,5	15,1									
	rata-rata	27,70	3,40	15,17						41,99	0,25	56,83	0,28
2	1	28,1	3,5	15,3									
	2	27,8	3,5	15,2	42,17	3,44	5,22	1,52	56,64				
	3	27,9	3,4	15,2									
	rata-rata	27,93	3,47	15,23									

Keterangan

Nilai L alginat = 97,98

Nilai L tapioka teroksidasi = 68,65

Nilai Standar

L = 94,35

a = 5,75

b = 6,51

Nilai Keramik

L = 62,5

a = 5,8

b = 19

Contoh perhitungan:

$$L \text{ sampel} = \frac{L \text{ rata-rata} \times \text{nilai standar } L}{\text{Nilai } L \text{ keramik}}$$

$$L \text{ sampel} = \frac{27,70 \times 94,35}{62,5} = 41,82$$

$$a^* = \frac{a \text{ rata-rata} \times \text{nilai standar } a}{\text{Nilai } a \text{ keramik}}$$

$$a^* = \frac{3,40 \times 5,75}{5,8} = 3,37$$

$$b^* = \frac{b \text{ rata-rata} \times \text{nilai standar } b}{\text{Nilai } b \text{ keramik}}$$

$$b^* = \frac{15,17 \times 6,51}{19} = 5,20$$

$$H = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$$

$$H = \tan^{-1} \frac{5,20}{3,37}$$

$$H = 57,03$$

Lampiran B.2 Warna Kapsul Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika

Kode	ulangan	titik pengamatan	Analisa Warna				rata-rata	standar deviasi	rata-rata	standar deviasi
			L	a*	b*	b*/a*	H	L	H	
A	1	1								
		2	51,21	8,77	6,24	0,71	35,44			
		3								
		rata-rata					51,64	0,61	35,57	0,19
	2	1								
		2	52,06	8,47	6,08	0,72	35,71			
3										
	rata-rata									
B	1	1								
		2	51,41	9,01	6,20	0,69	34,50			
		3								
		rata-rata					51,94	0,75	35,08	0,82
	2	1								
		2	52,47	8,47	6,07	0,72	35,66			
3										
	rata-rata									

kode	Ulangan	titik pengamatan	pengamatan			Analisa Warna					rata-rata	standar	rata-rata	standar	
			L	a	b	L	a*	b*	b*/a*	H	L	deviasi	H	deviasi	
C	1	1	34,4	7,7	19,3										
		2	34,7	7,6	19	52,32	9,34	6,40	0,69	34,41					
		3	34,7	7,6	18,6										
	rata-rata		34,60	7,63	18,97						52,72	0,57	34,67	0,36	
	2	1	34,8	7,1	17,8										
		2	35,6	7,2	17,6	53,12	8,51	5,94	0,70	34,93					
3		35	7	17,7											
rata-rata		35,13	7,10	17,70											
D	1	1	35	8,2	19,5										
		2	35,1	8	19,2	53,42	9,71	6,57	0,68	34,08					
		3	35,9	7,6	19,7										
	rata-rata		35,33	7,93	19,47						53,35	0,11	33,20	1,24	
	2	1	35,3	8,2	18,9										
		2	35,5	8,7	19,4	53,27	10,02	6,34	0,63	32,33					
3		34,9	8,2	18,4											
rata-rata		35,23	8,37	18,90											
E	1	1	35	8,7	20,4										
		2	35,2	8,6	20	53,22	10,44	6,76	0,65	32,91					
		3	35,4	8,3	19,7										
	rata-rata		35,20	8,53	20,03						53,73	0,71	32,71	0,28	
	2	1	36,1	8,9	20,5										
		2	36,2	8,7	19,9	54,23	10,58	6,74	0,64	32,51					
3		35,3	8,9	19,9											
rata-rata		35,87	8,83	20,10											

Keterangan

Nilai Standar

$$L = 94,35$$

$$a = 5,75$$

$$b = 6,51$$

Nilai Keramik

ulangan 1

$$L = 62,4$$

$$a = 4,7$$

$$b = 19,3$$

ulangan 2

$$L = 62,4$$

$$a = 4,8$$

$$b = 19,4$$

Contoh perhitungan:

$$L \text{ sampel} = \frac{L \text{ rata-rata} \times \text{nilai standar } L}{\text{Nilai } L \text{ keramik}}$$

$$L \text{ sampel} = \frac{33,87 \times 94,35}{62,4} = 51,21$$

$$a^* = \frac{a \text{ rata-rata} \times \text{nilai standar } a}{\text{Nilai } a \text{ keramik}}$$

$$a^* = \frac{7,17 \times 5,75}{4,7} = 8,77$$

$$b^* = \frac{b \text{ rata-rata} \times \text{nilai standar } b}{\text{Nilai } b \text{ keramik}}$$

$$b^* = \frac{18,5 \times 6,51}{19,3} = 6,24$$

$$H = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$$

$$H = \tan^{-1} \frac{6,24}{8,77}$$

$$H = 35,44$$

Lampiran B.3 Hasil Sidik Ragam Warna Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

ANNOVA

Analisa Nilai L

sumber keragaman (sk)	db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	6,34956	1,58739	3,582464	6,39
Galat	4	1,7724	0,4431		
Jumlah	8	8,12196			

Analisa Nilai H

sumber keragaman (sk)	db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	12,16906	3,042265	4,955434	6,39
Galat	4	2,4557	0,613925		
Jumlah	8	14,62476			

Karena nilai F hitung < F tabel maka perlakuan substitusi alginat oleh tapioka teroksidasi *berpengaruh tidak nyata* terhadap nilai L dan nilai H pada warna kapsul yang dihasilkan.

Lampiran C. Ukuran Kapsul

Lampiran C.1 Ukuran Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

Kode	Ulangan	rata-rata	rata-rata ukuran kapsul (mm)	standar deviasi
A	1	1,57	1,56	0,01
	2	1,55		
B	1	1,55	1,56	0,01
	2	1,56		
C	1	1,56	1,55	0,01
	2	1,54		
D	1	1,55	1,55	0,00
	2	1,55		
E	1	1,53	1,54	0,01
	2	1,54		

Contoh perhitungan:

$$\text{Ukuran kapsul} = \frac{1,5 + 1,5 + 1,6 + 1,5 + 1,6 + 1,5 + 1,6 + 1,4 + 2 + 1,5}{10} = 1,57 \text{ mm}$$

10

Lampiran C.2 Hasil Sidik Ragam Ukuran Esktrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

ANNOVA

Sumber keragaman (sk)	db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	0,0007	0,000175	1,4	6,39
Galat	4	0,0005	0,000125		
Jumlah	8	0,0012			

Karena nilai F hitung $<$ F tabel maka perlakuan substitusi alginat oleh tapioka teroksidasi *berpengaruh tidak nyata* terhadap ukuran kapsul yang dihasilkan.

Lampiran D. Rendemen

Lampiran D.1 Rendemen Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

Kode	Ulangan	Rendemen (%)	rata-rata	standar deviasi
A	1	7,28	7,63	0,50
	2	7,99		
B	1	7,22	7,50	0,39
	2	7,77		
C	1	7,60	7,45	0,21
	2	7,30		
D	1	7,45	7,41	0,05
	2	7,38		
E	1	7,15	6,94	0,29
	2	6,74		

Rumus:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak antioksidan terenkapsulasi}}{\text{berat suspensi pengkapsul}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan:

$$\text{Rendemen} = \frac{8,771}{120,532} \times 100\% = 7,28\%$$

Lampiran D.2 Hasil Sidik Ragam Rendemen Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

ANNOVA

Sumber keragaman (sk)	Db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	0,54656	0,13664	1,02199	6,39
Galat	4	0,5348	0,1337		
Jumlah	8	1,08136			

Karena nilai F hitung $<$ F tabel maka perlakuan substitusi alginat oleh tapioka teroksidasi *berpengaruh tidak nyata* terhadap rendemen kapsul yang dihasilkan.

Lampiran E. Betakaroten

Lampiran E.1 Kadar Betakaroten Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika

Ulangan	kadar betakaroten (mg/g) (wb)	rata- rata	standar deviasi	kadar betakaroten (mg/g) (db)	rata rata	Standar Deviasi
1	0,0108	0,0109	0,0001	0,6576	0,66	0,0086
2	0,0110			0,6698		

Rumus:

$$\beta\text{-Karoten(mg/g)} = \frac{\text{Abs} \times \text{BM (g/mol)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} \times \text{FP} \times \text{V (ml)} \times 10^{-3} \text{ (L/ml)}}{\epsilon \text{ (L/cm.mol)} \times \ell \text{ (cm)} \times \text{W(g)}}$$

contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \beta\text{-Karoten(mg/g)} &= \frac{0,054 \times 536,8726 \text{ (g/mol)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} \times 1 \times 2 \text{ (ml)} \times 10^{-3} \text{ (L/ml)}}{2620 \text{ (L/cm.mol)} \times 1 \text{ (cm)} \times 2,052 \text{ (g)}} \\ \text{(wb)} &= 0,0108 \text{ (mg/g)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta\text{-Karoten(mg/g)} &= \frac{0,0108}{1 - 0,9836} \\ \text{(db)} &= 0,6576 \text{ (mg/g)} \end{aligned}$$

Lampiran E.2 Kadar Betakaroten Ekstrak antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

Kode	ulangan	kadar betakaroten (mg/g) (wb)	rata-rata	standar deviasi	kadar betakaroten (mg/g) (db)	rata rata	Standar Deviasi
A	1	0,34	0,33	0,009	0,41	115,89	0,01
	2	0,33			0,40		
B	1	0,30	0,30	0	0,35	105,16	0
	2	0,30			0,35		
C	1	0,20	0,20	0,006	0,23	81,97	0,01
	2	0,20			0,24		
D	1	0,19	0,19	0,003	0,23	79,00	0
	2	0,20			0,23		
E	1	0,15	0,15	0,003	0,17	66,73	0
	2	0,14			0,17		

Keterangan:

Nilai Abs alginat = 0,035

Nilai Abs = nilai Abs sampel – nilai Abs alginat

Rumus:

$$\beta\text{-Karoten(mg/g)} = \frac{\text{Abs} \times \text{BM (g/mol)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} \times \text{FP} \times \text{V (ml)} \times 10^{-3} \text{ (L/ml)}}{\varepsilon \text{ (L/cm.mol)} \times \ell \text{ (cm)} \times \text{W(g)}}$$

contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \beta\text{-Karoten(mg/g)} &= \frac{(0,118 - 0,035) \times 536,8726 \text{ (g/mol)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} \times 1 \times 10 \text{ (ml)} \times 10^{-3} \text{ (L/ml)}}{2620 \text{ (L/cm.mol)} \times 1 \text{ (cm)} \times 0,5 \text{ (g)}} \\ \text{(wb)} & \\ &= 0,34 \text{ (mg/g)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta\text{-Karoten(mg/g)} &= \frac{0,34}{1 - 0,176} \\ \text{(db)} & \\ &= 0,41 \text{ (mg/g)} \end{aligned}$$

Lampiran E.3 Hasil Sidik Ragam Kadar Betakaroten Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

ANNOVA

Sumber keragaman (sk)	db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	0,07426	0,018565	742,6	6,39
Galat	4	0,00010	0,000025		
Jumlah	8	0,07436			

Uji DNMRT

$$Sf = \sqrt{\frac{\text{galat } KT}{\text{Perlakuan}}}$$

$$= 0,002$$

	A	B	C	D	E
	0,41	0,35	0,24	0,23	0,17
		2	3	4	5
		3,927	4,013	4,033	4,033
range		0,008781	0,008973	0,009018	0,009018
A	0,41	0,06	0,17	0,18	0,24
B	0,35		0,11	0,12	0,18
C	0,24			0,01	0,07
D	0,23				0,06
E	0,17				
notasi	a	b	c	d	e

Lampiran F. Antosianin

Lampiran F.1 Kadar Antosianin Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika

ulangan	kadar Antosianin (mg/g) (wb)	rata-rata	standar deviasi	kadar		Standar Deviasi
				antosianin (mg/g) (db)	rata-rata	
1	0,00022	0,00022	0	0,01353	0,01353	0
3	0,00022			0,01353		

Keterangan:

ϵ = 29600 (L/ cm.mol)

ℓ = 1 cm

BM = 449,2 g/mol

Rumus:

$$\text{Kadar Antosianin (mg/g)} = \frac{\text{Abs} \times \text{BM (g/mol)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} \times \text{FP} \times \text{V (ml)} \times 10^{-3} \text{ (L/ml)}}{\epsilon \text{ (L/cm.mol)} \times \ell \text{ (cm)} \times \text{W (g)}}$$

contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Kadar Antosianin (mg/g)} &= \frac{((0,843 - 0,464) - (0,862 - 0,498)) \times 449,2 \text{ (g/mol)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} \times 1 \times 5 \text{ (ml)} \times 10^{-3} \text{ (L/ml)}}{26900 \text{ (L/mol.cm)} \times 1 \text{ (cm)} \times 5,13 \text{ (g)}} \\ \text{(wb)} & \\ &= 0,00022 \text{ (mg/g)} \end{aligned}$$

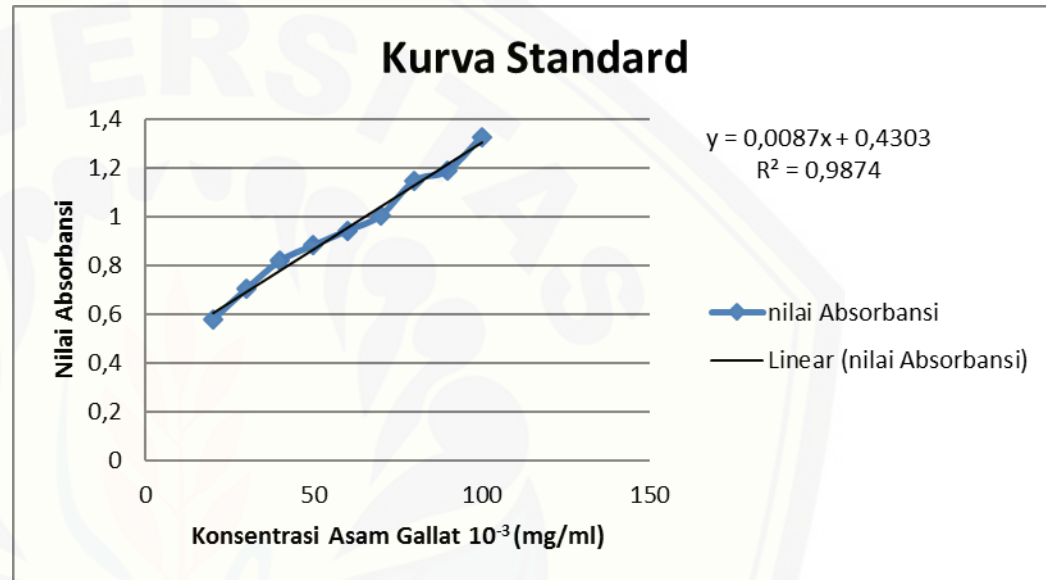
$$\begin{aligned} \text{Kadar Antosianin (mg/g)} &= \frac{0,00022}{1 - 0,9836} \\ \text{(db)} & \\ &= 0,01353 \text{ (mg/g)} \end{aligned}$$

Lampiran G. Polifenol

Lampiran G.1 Kadar Polifenol Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika

Kurva standar

konsentrasi asam gallat 10 ⁻³ (mg/ml)	nilai Absorbansi
20	0,576
30	0,703
40	0,818
50	0,882
60	0,942
70	1,004
80	1,146
90	1,188
100	1,327



Ulangan	kadar polifenol (mg/g) (wb)	rata-rata	standar deviasi	kadar polifenol (mg/g) (db)	rata-rata	standar deviasi
1	11,94	11,76	0,26	728,02	716,88	15,76
2	11,57			705,74		

Rumus:

$$Y = 0,008x + 0,430$$

$$x \text{ (mg/ml)} = \frac{\text{Abs} - 0,430}{0,008}$$

$$\text{Kadar Polifenol (mg/g)} = \frac{x \text{ (mg/ml)} \times \text{FP} \times V \text{ (ml)}}{W \text{ (g)}}$$

Contoh perhitungan:

$$x \text{ (mg/ml)} = \frac{0,528 - 0,430}{0,008}$$
$$= 12,25$$

$$\text{Kadar polifenol (mg/g)} = \frac{12,25 \text{ (mg/ml)} \times 1 \times 0,05 \text{ (ml)}}{0,0513 \text{ (g)}}$$

(wb)

$$= 11,94 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Polifenol (mg/g)} = \frac{11,94}{1 - 0,9836}$$

(db)

$$= 728,02 \text{ mg/g}$$

Lampiran G.2 Kadar Polifenol Kapsul Antioksidan Kulit Buahn Kopi

kode	Ulangan	Kadar Polifenol (wb) (mg/g)	rata-rata	standar deviasi	kadar polifenol (db) (mg/g)	rata-rata	standar deviasi
A	1	70	72,5	3,54	84,95	87,99	4,29
	2	75			91,02		
B	1	62,5	63,75	1,77	74,94	76,44	2,12
	2	65			77,94		
C	1	45	43,75	1,77	53,37	52,08	2,10
	2	42,5			50,6		
D	1	32,5	33,13	0,88	37,97	38,70	1,03
	2	33,75			39,43		
E	1	20	18,75	1,77	23,09	21,65	2,04
	2	17,5			20,21		

Keterangan:

Nilai Abs alginat = 0,147

Nilai Abs = nilai Abs sampel – nilai Abs alginat

Rumus:

$$Y = 0,008x + 0,430$$

$$x \text{ (mg/ml)} = \frac{\text{Abs} - 0,430}{0,008}$$

$$\text{Kadar Polifenol (mg/g)} = \frac{x \text{ (mg/ml)} \times \text{FP} \times V \text{ (ml)}}{W \text{ (g)}}$$

Contoh perhitungan:

$$x \text{ (mg/ml)} = \frac{(0,633 - 0,147) - 0,430}{0,008}$$

$$= 7$$

$$\text{Kadar polifenol (mg/g)} = \frac{7 \text{ (mg/ml)} \times 5 \times 1 \text{ (ml)}}{0,5 \text{ (g)}}$$

(wb)

$$= 70 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Polifenol (mg/g)} = \frac{70}{1 - 0,176}$$

(db)

$$= 84,95 \text{ mg/g}$$

Lampiran G.3 Hasil Sidik Ragam Kadar Polifenol Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

ANNOVA

Sumber keragaman (sk)	db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	5866,80326	1466,701	180,2624	6,39
Galat	4	32,5459	8,136475		
Jumlah	8	5899,34916			

Uji Lanjut DNMRT

$$Sf = \sqrt{\text{galat } KT / \text{Perlakuan}}$$

$$= 1,276$$

	A	B	C	D	E
	87,99	76,44	52,08	38,70	21,65
		2	3	4	5
p		3,927	4,013	4,033	4,033
range		5,009496	5,119202	5,144716	5,144716
A	87,99	11,55	35,91	49,29	66,34
B	76,44		24,36	37,74	54,79
C	52,08			13,38	30,43
D	38,70				17,05
E	21,65				
notasi	a	b	c	d	e

Lampiran H. Vitamin C

Lampiran H.1 Kadar vitamin C Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika

ulangan	kadar vitamin C (mg/g) (wb)	rata-rata	standar deviasi	kadar vitamin C (mg/g) (db)	rata-rata	standar deviasi
1	0,82	0,82	0	50,21	50,21	0
2	0,82			50,21		

Keterangan:

1 ml 0,01 N Iod = 0,88 mg asam askorbat

Rumus:

$$\text{Kadar Vitamin C (mg/g)} = \frac{\text{volume titrasi (ml)} \times 0,88 \text{ mg} \times \text{FP}}{\text{W (g)}}$$

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Kadar vitamin C (mg/g)} &= \frac{1,2 \text{ (ml)} \times 0,88 \text{ (mg)} \times 1}{5,13 \text{ (g)}} \\ \text{(wb)} &= 0,82 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar vitamin C (mg/g)} &= \frac{0,82}{1 - 0,9836} \\ \text{(db)} &= 50,21 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Lampiran H.2 Kadar Vitamin C Kapsul Antioksidan Kulit Buah Kopi

kode	ulangan	kadar vitamin C (mg/g) (wb)	rata-rata	standar deviasi	kadar vitamin C (mg/g) (db)	rata-rata	standar deviasi
A	1	4,22	4,22	0	5,13	5,13	0
	2	4,22			5,13		
B	1	3,87	3,70	0,25	4,64	4,43	0,30
	2	3,52			4,22		
C	1	3,52	3,52	0	4,19	4,19	0
	2	3,52			4,19		
D	1	2,46	2,46	0	2,88	2,88	0
	2	2,46			2,88		
E	1	2,11	2,11	0	2,44	2,44	0
	2	2,11			2,44		

Keterangan:

1 ml 0,01 N Iod = 0,88 mg asam askorbat

Rumus:

$$\text{Kadar Vitamin C (mg/g)} = \frac{\text{volume titrasi (ml)} \times 0,88 \text{ mg} \times \text{FP}}{\text{W (g)}}$$

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Kadar vitamin C (mg/g)} &= \frac{0,6 \text{ (ml)} \times 0,88 \text{ (mg)} \times 4}{0,5 \text{ (g)}} \\ \text{(wb)} &= 4,22 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar vitamin C (mg/g)} &= \frac{4,22}{1 - 0,176} \\ \text{(db)} &= 5,13 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Lampiran H.3 Hasil Sidik Ragam Kadar Vitamin C Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

ANNOVA

Sumber keragaman (sk)	db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	10,02584	2,50646	113,6717	6,39
Galat	4	0,0082	0,02205		
Jumlah	8	10,11404			

Uji DNMRT

$$Sf = \sqrt{\text{galat } KT / \text{Perlakuan}}$$

$$= 0,066$$

	A	B	C	D	E
	5,13	4,43	4,19	2,88	2,44
		2	3	4	5
		3,927	4,013	4,033	4,033
range		0,260784	0,266495	0,267823	0,267823
A	5,13	0,70	0,94	2,25	2,69
B	4,43		0,24	1,55	1,99
C	4,19			1,31	1,75
D	2,88				0,44
E	2,44				
notasi	a	b	b	c	d

Lampiran I. Aktivitas Antioksidan

Lampiran I.1 Aktivitas Penghambatan Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Arabika

ulangan	efektivitas penghambatan (%) (wb)	rata-rata	standar deviasi
1	91,78	92,11	0,47
2	92,44		

Rumus:

$$\text{Efektivitas penghambatan (\%)} = \frac{\text{Abs Blanko} - \text{Abs Sampel}}{\text{Abs Blanko}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas penghambatan (\%)} &= \frac{0,754 - 0,062}{0,754} \times 100\% \\ &= 91,78 \% \end{aligned}$$

Lampiran I.2 Aktivitas Penghambatan Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

Kode	Ulangan	Efektifitas	rata-rata	Standar
		Penghambatan (%)		Deviasi
A	1	34,66	34,72	0,09
	2	34,78		
B	1	32,42	32,30	0,18
	2	32,17		
C	1	30,52	30,65	0,18
	2	30,78		
D	1	25,32	25,65	0,46
	2	25,97		
E	1	19,74	19,74	0,00
	2	19,74		

Rumus:

$$\text{Efektivitas penghambatan (\%)} = \frac{\text{Abs Blanko} - \text{Abs Sampel}}{\text{Abs Blanko}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas penghambatan (\%)} &= \frac{0,805 - 0,526}{0,805} \times 100\% \\ &= 34,66 \% \end{aligned}$$

Lampiran I.3 Hasil Sidik Ragam Aktivitas Antioksidan Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

ANNOVA

Sumber keragaman (sk)	db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
Perlakuan	4	285,0821	71,27052	1005,581	6,39
Galat	4	0,2835	0,070875		
Jumlah	8	285,3656			

Uji DNMRT

$$Sf = \sqrt{\text{galat } KT / \text{Perlakuan}}$$

$$= 0,119$$

	A	B	C	D	E
	34,72	32,30	30,65	25,65	19,74
		2	3	4	5
		3,927	4,013	4,033	4,033
range		0,467544	0,477783	0,480164	0,480164
A	34,72	2,42	4,07	9,07	14,98
B	32,30		1,65	6,65	12,56
C	30,65			5,00	10,91
D	25,65				5,91
E	19,74				
notasi	a	b	c	d	e

Lampiran J. Efisiensi Enkapsulasi

Lampiran J.1 Efiseinsi enkapsulasi Ekstrak Kulit Buah Kopi Arabika

kode	Ulangan	efisiensi enkapsulasi (%)	rata-rata	standar deviasi
A	1	52,41	53,53	1,57
	2	54,64		
B	1	40,79	43,49	3,82
	2	46,19		
C	1	31,16	30,18	1,38
	2	29,21		
D	1	22,23	22,66	0,62
	2	23,10		
E	1	13,35	12,41	1,55
	2	11,32		

Rumus:

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi(\%)} = \frac{\text{total antioksidan terenkapsulasi}}{\text{total antioksidan ekstrak}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi(\%)} = \frac{654}{1.247,75} \times 100\% = 52,41\%$$

Lampiran J.2 Hasil Sidik Ragam Efisiensi Enkapsulasi Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

ANNOVA

sumber keragaman (sk)	db	JK	KT	F Hitung	F tabel 5%
perlakuan	4	2137,03	534,258	98,3793	6,39
galat	4	21,7224	5,43059		
jumlah	8	2158,75			

Uji DNMRT

$$Sf = \sqrt{\text{galat } KT / \text{Perlakuan}}$$

$$= 1,042$$

	A	B	C	D	E
	53,53	43,49	30,18	20,66	12,41
		2	3	4	5
		3,927	4,013	4,033	4,033
range		4,0926	4,18223	4,20307	4,20307
A	53,53	10,04	23,35	32,87	41,12
B	43,49		13,31	22,83	31,08
C	30,18			9,52	17,77
D	20,66				8,25
E	12,41				
notasi	a	b	c	d	e

Lampiran K. Foto Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Terenkapsulasi

