



**PENGUNAAN INDIKATOR FILM *EDIBLE* DARI ANTOSIANIN UBI
UNGU (*Ipomoea batatas* L.) UNTUK MONITORING KESEGERAN
JAMUR TIRAM PUTIH (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm)**

SKRIPSI

Oleh:

**Mita Seftyani
NIM 152210101053**

**BAGIAN KIMIA DAN BIOSENSOR
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2019



**PENGUNAAN INDIKATOR FILM *EDIBLE* DARI ANTOSIANIN UBI
UNGU (*Ipomoea batatas* L.) UNTUK MONITORING KESEGERAN
JAMUR TIRAM PUTIH (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Farmasi
dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

Oleh:

Mita Seftyani
NIM 152210101053

BAGIAN KIMIA DAN BIOSENSOR

FAKULTAS FARMASI

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan anugerah-Nya kepada setiap hamba-Nya yang selalu berjuang di jalan-Nya dalam kebaikan dan menuntut ilmu, serta junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang selalu menginspirasi penulis.
2. Orang tua penulis, Ayah Ahmad Subandi dan Ibu Nur Hadiyani tercinta yang selalu memberikan pengorbanan, kasih sayang, kekuatan, semangat, dan doa yang tidak pernah putus bagi hidup penulis.
3. Kakak tersayang Reni Febrianti yang selalu memberikan semangat dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan studi ini.
4. Guru-guruku sejak Taman Kanak-Kanak sampai dengan Perguruan Tinggi.
5. Teman-teman seperjuangan Fakultas Farmasi 2015 (Libitum) dan Almamater Fakultas Farmasi Universitas Jember.

MOTO

“Wa man jaahada fa-innamaa yujaahidu linafsihi”

“Barangsiapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya
itu adalah untuk dirinya sendiri”

(QS Al-Ankabut [29]: 6)

“Kita tidak bisa memecahkan masalah dengan menggunakan cara
berpikir yang sama ketika kita menciptakannya”

(Albert Einstein)

“Miracle is another name for hard work”

(Kang Tae Joon)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Mita Seftyani

NIM : 152210101053

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Penggunaan Indikator Film *Edible* dari Antosianin Ubi Ungu (*Ipomoea Batatas* L.) Untuk Monitoring Kesegaran Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm)" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,

Yang menyatakan,

Mita Seftyani

NIM. 152210101053

SKRIPSI

**PENGGUNAAN INDIKATOR FILM *EDIBLE* DARI ANTOSIANIN UBI
UNGU (*Ipomoea batatas* L.) UNTUK MONITORING KESEGRAN
JAMUR TIRAM PUTIH (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm)**

Oleh:

Mita Seftyani
NIM 152210101053

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Koko Pratoko, S.Farm., MSc., Apt.

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc., Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ Penggunaan Indikator Film *Edible* dari Antosianin Ubi Ungu (*Ipomoea Batatas* L.) Untuk Monitoring Kesegaran Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm) karya Mita Seftyani telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dwi Koko Pratoko, S.Farm., MSc., Apt.
NIP. 198504282009121004

Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc.,
Ph.D.
NIP. 196902011994031002

Tim Penguji

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Nia Kristiningrum, S.Farm., Apt., M. Farm.
NIP. 198204062006042001

Ari Satia Nugraha S.F., GDipSc.,
Msc- res., PhD., Apt
NIP. 197807212003121001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,

Lestyo Wulandari, S.Si., Apt., M.Farm.

NIP. 197604142002122001

RINGKASAN

Penggunaan Indikator Film *Edible* dari Antosianin Ubi Ungu (*Ipomoea batatas* L.) untuk Monitoring Kesegaran Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm): Mita Seftyani: 152210101053; 2019; 56 Halaman; Fakultas Farmasi, Universitas Jember

Konsumsi sayuran dan buah sangat penting untuk memastikan kecukupan asupan nutrisi yang dibutuhkan dan juga memberikan manfaat bagi kesehatan jangka panjang (Jongenelis dkk., 2018). Salah satu sayur yang banyak ditemukan di pasaran dan diminati masyarakat adalah jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm), namun jamur tiram putih memiliki waktu simpan yang singkat dan kecepatan penurunan kualitas dapat diperburuk dengan penyimpanan yang tidak tepat. Salah satu alternatif untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan penggunaan kemasan cerdas (*smart packaging*). Kemasan cerdas dirancang dengan dilengkapi indikator, salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengamati penurunan kualitas produk melalui perubahan visual adalah indikator pH. Indikator pH yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari ekstrak ubi ungu dengan membran film *edible* dari kitosan dan pati jagung.

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi ubi ungu dengan etanol 96%, sehingga diperoleh kadar antosianin total sebesar 35,07 mg/L. Membran film *edible* dibuat dari kitosan dan pati jagung sehingga diperoleh membran dengan tebal 0,27 mm, kemudian dilakukan optimasi kondisi fabrikasi sensor meliputi waktu imobilisasi, perbandingan PVA dengan ekstrak, dan konsentrasi PVA. Waktu imobilisasi optimum adalah 90 menit dengan rasio PVA dengan ekstrak adalah 1:3, dan konsentrasi optimum PVA adalah 1%. Pengamatan perubahan warna sensor dianalisis menggunakan program *ImageJ* dengan menggunakan nilai *mean green*.

Karakterisasi sensor yang dilakukan pada penelitian ini meliputi waktu respon, reproduktibilitas, dan waktu pakai. Karakterisasi sensor dilakukan dengan mereaksikan sensor pada pH segar jamur tiram putih (5,33) dan pH busuk jamur tiram putih (6,82). Pada pH 5,33 dan 6,82 sensor menunjukkan perubahan nilai yang tidak signifikan pada menit ke-6 dengan nilai *mean green* berturut-turut

102,502 dan 118,617. Pengamatan reproduibilitas dilakukan selama 3 hari pada pH 5,33 dan 6,82 dengan 3 kali pengulangan dan menunjukkan nilai RSD <5%. Penentuan waktu pakai sensor dilakukan dengan membandingkan antara sensor yang disimpan pada suhu ruang dan suhu *chiller*, pengamatan dilakukan sampai sensor menunjukkan perubahan karakteristik dengan penurunan nilai *mean green* >15%. Perubahan karakteristik sensor yang disimpan pada suhu ruang terjadi setelah hari ke-13 dan setelah hari ke-17 pada suhu *chiller*.

Aplikasi sensor kesegaran pada sampel jamur tiramh putih yang disimpan pada suhu ruang dan suhu *chiller* menghasilkan hasil yang sesuai dengan parameter kesegaran jamur tiram putih. Sensor kesegaran berwarna ungu tua saat jamur tiram putih dalam keadaan segar, ungu muda saat masih segar dan masih layak dikonsumsi, dan hijau ketika sudah busuk dan tidak layak untuk dikonsumsi.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penggunaan Indikator Film *Edible* dari Antosianin Ubi Ungu (*Ipomoea Batatas* L.) untuk Monitoring Kesehatan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm)”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Farmasi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Farmasi.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas izin dan pertolongan-Nya, sehingga bisa menyelesaikan skripsi dan mendapatkan gelar sarjana;
2. Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., Apt., M.Farm., selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember;
3. Bapak Dwi Koko Pratoko S.Farm, M.Sc.,Apt. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Prof. Drs. Bambang Kuswandi., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah bersedia meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan dengan sabar membimbing penulis yang penuh kekurangan ini untuk menyelesaikan penelitian dan skripsi ini;
4. Ibu Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm., Apt. selaku Dosen Penguji Utama dan. Bapak Ari Satia Nugraha S.F.,GDipSc.,Msc-res.,Ph.D.,Apt. selaku Dosen Penguji Anggota untuk kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dalam penulisan skripsi ini;
5. Ibu Lidya Ameliana S.Si., M.Farm., Apt. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, memberi dukungan dan semangat penulis selama masa perkuliahan;
6. Seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan pada penulis;

7. Ayah Ibu tercinta, Kakakku tersayang Reni Febrianti serta seluruh keluarga besar, yang selalu memberi perhatian, kasih sayang, kekuatan, semangat dan doa yang tidak pernah putus bagi penulis;
8. Ibu Wayan dan Mbak Hani selaku asisten lab yang telah banyak membantu dan memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
9. Sahabat CCC-ku (Enggar, Kartini, Yemima, dan Retno), terimakasih sudah menjadi teman berbagi pengalaman selama diperantauan;
10. Anak-anak lab kimia (Enggar, Aissa, Among, Diana, Gayuh, Juju, dkk) yang sudah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini;
11. Partner Biosensor Ashoy (Enggar dan Aissa) yang selalu membantuku disegala kondisi, terimakasih atas kritik dan saran yang membangun, dan sudah menjadi teman tersabar dalam menghadapi segala sikap abnormal penulis;
12. Kakakku dipantauan Dewi Enggar Fitriani sebagai teman disegala kondisi (teman nge-lab, teman makan, teman jalan-jalan, teman curhat, teman seper-idolan). Terimakasih sudah selalu ada dan menjadi kakak rantauan yang sangat peduli dan sabar menghadapi sifat kekanakanku;
13. Kelompok praktikum B-5 (Aissa, Fantoni, Husniya, Dinda) dari zaman Maba sampai semester akhir;
14. Teman dan kating Bali ku (Kartini, Fantoni, Wangi, Winda, Evita, Widya, Yusuf, Kak Agus) yang sudah banyak membantu selama dipantauan;
15. Calon Ibu Dokter Alvien Zahrotun Nadiva sebagai teman makan, jalalan, dan teman kosan yang peduli, perhatian, baperan dan tempat bertukar keluh kesah selama menjadi anak rantauan;
16. Teman menuju akad-ku (Gita, Eka, dan Anisa) yang selalu memberikan energi positif, mengingatkan dikala salah dan selalu mengajak kearah kebaikan. Terimakasih juga telah menghibur dan mengurangi stresku selama menghadapi skripsi;

17. Wilda Al-Aluf yang merupakan teman semenjak SMP ku yang selalu ada memberikan semangat, perhatian, dan dengan sabar mendengar keluh kesahku;
18. Teman KKN 277 Mentor (Sindy, Anis, Andy, Iman, Taufik, Sherly, Arthur, Ulfa, dan Tiwi) yang sudah memberikan pengalaman yang sangat berharga dan tak terlupakan;
19. Serta untuk semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan untuk seluruh doa yang terucap tanpa sepengetahuan penulis;

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada skripsi ini, sehingga penulis menerima saran dan kritik dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSEMBAHAN	ii
MOTO	iii
PERNYATAAN	iv
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kemasan Cerdas (<i>Smart Packaging</i>)	5
2.2 Sensor Kimia	6
2.2.1 Sensor pH	7
2.2.2 Karakteristik Sensor	7
2.3 Antosianin	8
2.3.1 Struktur Antosianin	8
2.3.2 Sumber Antosianin	9
2.3.3 Sifat dan Reaksi Antosianin	10
2.4 Ubi Ungu (<i>Ipomoea batatas L.</i>)	11
2.5 Ekstraksi	12
2.5.1 Pelarut Ekstraksi.....	12
2.5.2 Metode Ekstraksi.....	12
2.6 Film <i>Edible</i>	14
2.6.1 Bahan – Bahan Film <i>Edible</i>	15
2.7 Polivinil Alkohol (PVA)	17

2.8 Indikator Kesegaran.....	18
2.9 Teknik Imobilisasi Reagen.....	18
2.9.1 Teknik Imobilisasi Fisika.....	20
2.9.2 Teknik Imobilisasi Kimia.....	20
2.10 ImageJ.....	21
2.11 Tinjauan Sampel.....	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Jenis Penelitian.....	24
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.3.1 Alat.....	24
3.3.2 Bahan.....	24
3.4 Tahapan Penelitian.....	25
3.4.1 Tahap Percobaan.....	25
3.4.2 Diagram Alur Penelitian.....	26
3.5 Prosedur Penelitian.....	27
3.5.1 Pembuatan Indikator Film <i>Edible</i>	27
3.5.2 Optimasi Indikator Film <i>Edible</i>	28
3.5.3 Karakterisasi Indikator Film <i>Edible</i>	29
3.5.4 Aplikasi Indikator Film <i>Edible</i> pada Sampel.....	30
3.5.5 Penurunan Mutu Sampel.....	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Pembuatan Sensor Membran Film <i>Edible</i>.....	32
4.1.1 Pembuatan Ekstrak Ubi Ungu.....	32
4.1.2 Pembuatan Membran Film <i>Edible</i>	34
4.2 Karakterisasi Sensor Kesegaran Jamur Tiram Putih.....	34
4.2.1 Ketebalan Membran Film <i>Edible</i>	34
4.2.2 Morfologi Permukaan Membran Film <i>Edible</i>	35
4.3 Pemilihan Nilai RGB.....	36
4.4 Optimasi Membran Film <i>Edible</i>.....	37
4.4.1 Optimasi Waktu Imobilisasi.....	37
4.4.2 Optimasi Ekstrak Ubi Ungu.....	39

4.4.3	Optimasi Konsentrasi PVA	40
4.5	Fabrikasi Sensor Kesegaran Membran Film <i>Edible</i>	41
4.6	Karakterisasi Sensor Kesegaran Membran Film <i>Edible</i>.....	41
4.6.1	Waktu Respon	42
4.6.2	Reproduktibilitas	43
4.6.3	Waktu Pakai	44
4.7	Perubahan Warna Sensor Membran Film <i>Edible</i> Selama Penyimpanan Jamur Tiram Putih Pada Suhu Ruang <i>Chiller</i>...	46
4.8	Hubungan Antara Perubahan Warna Sensor Membran Film <i>Edible</i> dengan Parameter Kesegaran Jamur Tiram Putih pada Suhu Ruang <i>Chiller</i>.....	47
4.8.1	Uji pH.....	48
4.8.2	Susut Bobot	50
4.8.3	Uji Tekstur.....	52
4.8.4	Uji Organoleptis	54
4.9	Aplikasi Sensor Kesegaran Membran Film <i>Edible</i> Untuk Monitoring Kesegaran Jamur Tiram Putih	56
BAB 5.	KESIMPULAN.....	58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN.....		65

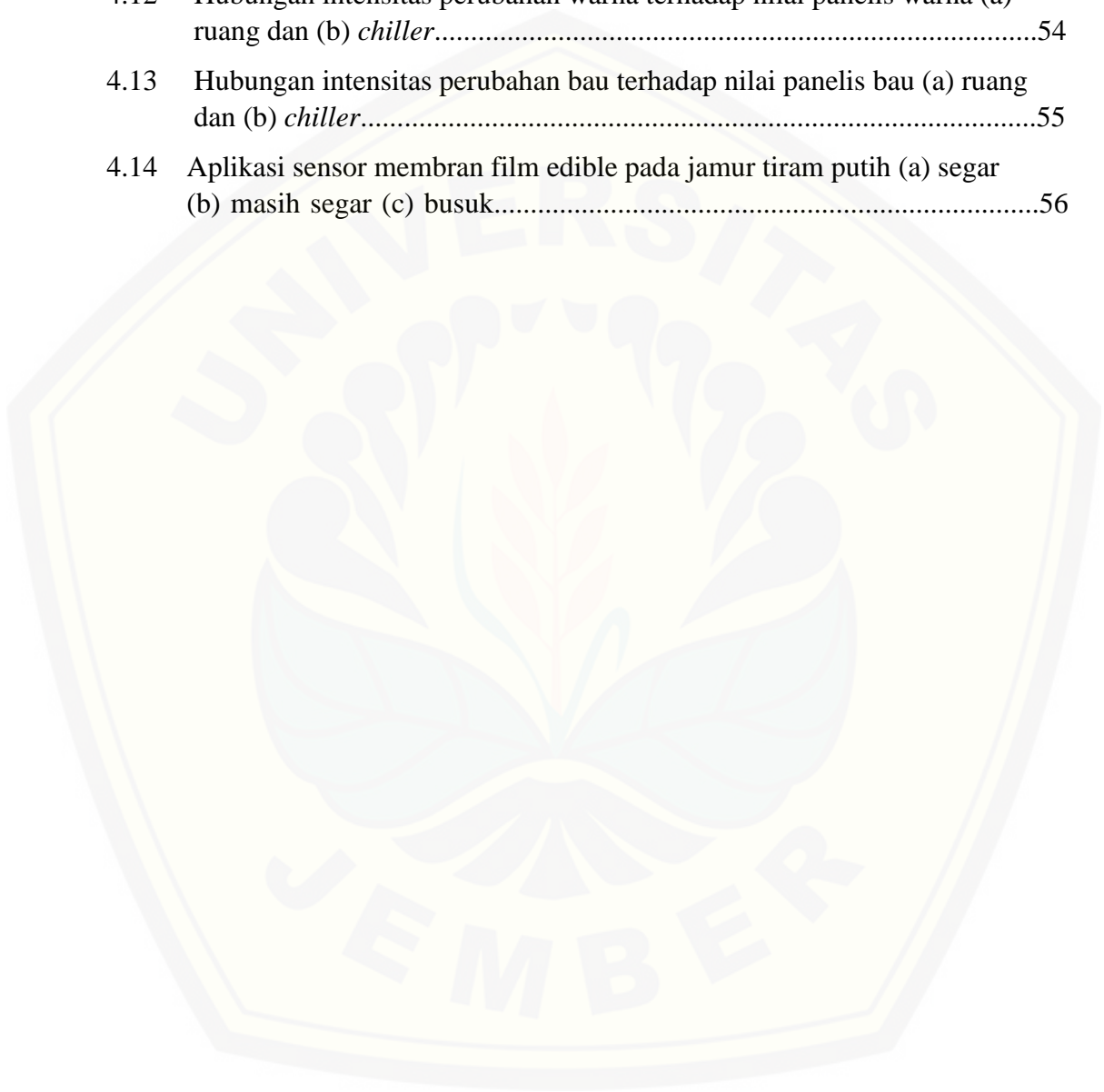
DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sumber dan Kandungan Senyawa Antosianin	9
2.2 Karakteristik Teknik Imobilisasi.....	19
4.1 Hasil Penentuan Kadar Antosianin Total.....	33
4.2 Ketebalan Membran Film <i>Edible</i>	35
4.3 Hasil Analisis Intensitas Warna Dengan <i>ImageJ</i>	37
4.4 Hasil Optimasi Waktu Imobilisasi	38
4.5 Optimasi Konsentrasi Ekstrak Ubi Ungu	39
4.6 Nilai RSD <i>mean green</i> pH 5,33 dan pH 6,82.....	43
4.7 Perubahan warna sensor secara visual pada suhu ruang	46
4.8 Perubahan warna sensor secara visual pada suhu <i>chiller</i>	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Model Fungsi Kemasan	5
2.2 Skema Sensor Kimia	6
2.3 Indikator pH Universal.....	7
2.4 Struktur Utama Senyawa Antosianin	8
2.5 Klasifikasi Antosianin	9
2.6 Reaksi Antosianin	10
2.7 Ubi Ungu (<i>Ipomoea batatas</i> L.).....	11
2.8 Struktur Kimia Kitosan	15
2.9 Struktur Gliserol.....	16
2.10 Struktur Sorbitol	16
2.11 Struktur Asam Asetat	17
2.12 Struktur Polivinil alkohol.....	17
2.13 Berbagai metode imobilisasi dari reagen	19
2.14 Langkah Pengukuran Nilai RGB dalam Program <i>ImageJ</i>	21
2.15 Jamur Tiram Putih.....	22
3.1 Label Indikator Film <i>Edible</i>	30
4.1 Membran Film <i>Edible</i>	34
4.2 Permukaan membran film <i>edible</i> sebelum diimobilisasi	35
4.3 Permukaan membran film <i>edible</i> sesudah diimobilisasi.....	36
4.4 Hubungan antara nilai <i>mean green</i> dengan waktu imobilisasi.....	38
4.5 Membran terimobilisasi yang direndam aquades untuk melihat tingkat kebocoran.....	40
4.6 Grafik waktu respon pada (a) pH 5,33 dan (b) pH 6,82.....	43
4.7 Hubungan waktu dengan % kenaikan nilai <i>mean green</i> pada suhu ruang (a) pH 5,33 dan (b) 6,83.....	45
4.8 Hubungan waktu dengan nilai <i>mean green</i> pada suhu <i>chiller</i> (a) pH 5,33 dan (b) pH 6,82.....	46
4.9 Hubungan nilai <i>mean green</i> dngan nilai pH jamur timur putih pada penyimpanan (a) suhu ruang dan (b) suhu <i>chiller</i>	49

4.10	Hubungan nilai <i>mean green</i> dengan % susut bobot jamur tiram putih terhadap lama penyimpanan (a) suhu ruang dan (b) suhu <i>chiller</i>	51
4.11	Hubungan nilai <i>mean green</i> dengan nilai tekstur pada suhu (a) ruang dan (b) <i>chiller</i>	53
4.12	Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis warna (a) ruang dan (b) <i>chiller</i>	54
4.13	Hubungan intensitas perubahan bau terhadap nilai panelis bau (a) ruang dan (b) <i>chiller</i>	55
4.14	Aplikasi sensor membran film edible pada jamur tiram putih (a) segar (b) masih segar (c) busuk.....	56



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi sayuran dan buah sangat penting untuk memastikan kecukupan asupan nutrisi yang dibutuhkan dan juga memberikan manfaat bagi kesehatan jangka panjang (Jongenelis dkk., 2018) Beberapa dekade terakhir sayuran dan buah segar telah mendapatkan banyak perhatian di seluruh dunia sehingga meningkatnya kesadaran konsumen akan kualitas nutrisi dari sayuran dan buah segar, serta kekhawatiran serius terhadap kesehatan masyarakat yang disebabkan oleh wabah makanan karena penanganan yang tidak tepat (Ma dkk., 2017).

Salah satu sayur yang banyak ditemukan di pasaran dan diminati masyarakat adalah jamur. Selain rasanya yang enak, jamur memiliki banyak kandungan nutrisi dan umumnya dibudidayakan diseluruh dunia. Jamur kaya sumber karbohidrat, protein, vitamin, dan mineral (Alananbeh dkk., 2014). Jenis jamur yang banyak di budidayakan dan dikonsumsi di Indonesia adalah jenis jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm). Jamur tiram putih memiliki waktu simpan yang singkat dan kecepatan penurunan kualitas dapat diperburuk dengan penyimpanan yang tidak tepat. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan waktu simpan jamur tiram putih adalah dengan dikemas untuk mengurangi pengaruh buruk dari luar dan disimpan di suhu rendah. Kelemahan dari pengemasan adalah sulitnya untuk mengetahui penurunan kualitas jamur tiram putih karena konsumen tidak dapat mengetahui tekstur dan bau untuk memastikan kualitas jamur tiram putih. Salah satu alternatif untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan penggunaan kemasan cerdas (*smart packaging*).

Kemasan cerdas (*smart packaging*) adalah kemasan yang dirancang untuk dapat memonitor kondisi pangan yang dikemas atau lingkungan di sekeliling pangan (Widiastuti, 2016). Kemasan cerdas dirancang dengan dilengkapi indikator, diletakkan internal maupun eksternal dalam kemasan untuk memberikan informasi tentang keadaan atau mutu produk dalam kemasan tersebut

(Riyanto dkk., 2014). Melalui perubahan visual, indikator mampu memberikan informasi mengenai perubahan yang terjadi di dalam produk atau lingkungan di sekitar produk (Widiastuti, 2016). Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengamati penurunan kualitas produk melalui perubahan visual adalah indikator pH.

Indikator pH telah banyak digunakan untuk memantau dan mengindikasikan kesegaran makanan dalam penyimpanan karena proses pembusukan, biasanya disertai dengan perubahan pH. Dengan cara ini, konsumen dapat membedakan produk segar dan buruk sesuai dengan perbedaan warna visual tanpa membuka kemasan. Pada umumnya pendeteksi perubahan pH dapat menggunakan pewarna kimia yang sensitif seperti bromokresol hijau, bromokresol ungu, bromofenol biru dan kresol merah (Zhang dkk., 2014), namun demikian sulit memenuhi harapan konsumen akan keamanan pangan karena kemungkinan adanya efek toksisitas apabila tidak sengaja tertelan atau mengalami kontak dengan produk. Dimana pewarna sintesis bersifat karsinogenik atau mutagenik sehingga dapat menyebabkan bahaya yang potensial (Srivastava dkk., 2004). Salah satu alternatif untuk mengatasi hal di atas adalah penggunaan pewarna alami yang diekstraksi dari bagian tanaman baik dari bagian buah, daun, kulit maupun dari bagian lainnya untuk digunakan sebagai indikator.

Salah satu pewarna alami yang dapat digunakan sebagai indikator untuk memantau variasi pH adalah antosianin. Antosianin merupakan salah satu senyawa golongan flavonoid yang merupakan kelompok besar pewarna alami yang dapat digunakan sebagai indikator perubahan pH. Antosianin merupakan salah satu senyawa hasil metabolisme sekunder yang paling melimpah sebagai pigmen warna pada tumbuhan. Senyawa antosianin dapat terkandung dalam tanaman yang berwarna merah, ungu, dan biru (Grotewold, 2006). Ubi ungu (*Ipomoea batatas* L.) merupakan salah satu tanaman berwarna yang mengandung senyawa antosianin yang dapat digunakan sebagai indikator pH dan pewarna alami. Beberapa alasan yang mendasari penggunaan ubi ungu (*Ipomoea batatas* L.) sebagai indikator pH adalah untuk menjamin keamanan konsumen karena indikator bersumber dari bahan alami, harga yang terjangkau, mudah dijumpai di

pasaran, serta teknik ekstraksi yang digunakan untuk mendapatkan senyawa antosianin yang tergolong cukup mudah.

Indikator yang digunakan untuk mendeteksi kualitas pangan biasanya diimobilisasikan kedalam membran yang berfungsi sebagai tempat indikator. Penggunaan film *edible* sebagai tempat indikator menjadi pilihan karena film *edible* adalah lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dikonsumsi dan dapat digunakan sebagai penghalang kelembaban, oksigen dan gas (Bourtoom, 2008). Bahan dasar pembuatan film *edible* dapat digolongkan menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid (protein dan polisakarida), lemak, dan campuran (hidrokoloid dan lemak) (Donhowe dan Fennema, 1993). Salah satu contoh film *edible* yang merupakan kelompok hidrokoloid adalah film *edible* yang dibuat dari campuran bahan berupa kitosan dan pati jagung. Campuran dari dua bahan tersebut memiliki sifat nontoksik, elastis, fleksibel dan sulit untuk dirobek sehingga menjadi salah satu alasan penggunaannya menjadi film *edible* (Murni dkk., 2013).

Berdasarkan latar belakang di atas maka perlu dikembangkan kemasan cerdas dengan indikator film *edible* dari antosianin ubi ungu sebagai indikator dan campuran kitosan dan pati jagung sebagai film *edible*. Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi antosianin dan optimasi kondisi meliputi optimasi konsentrasi PVA sebagai pengikat, perbandingan PVA dengan ekstrak, dan waktu imobilisasi indikator antosianin dalam membran film *edible*.

Kemasan yang ditambahkan label sensor film *edible* yang dikembangkan dalam penelitian ini, diharapkan mampu memberikan manfaat bagi konsumen terkait dalam hal menginformasikan kondisi dan kualitas jamur tiram putih sehingga konsumen dapat dengan cermat dalam memilih jamur tiram putih yang akan dibeli. Penggunaan film *edible* dan indikator dari bahan alam ini juga diharapkan dapat menjamin keamanan konsumen apabila label indikator tidak sengaja tertelan atau terkena kontak dengan jamur tiram putih sehingga dapat meminimalisir kerugian dan efek berbahaya bagi konsumen.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ingin diselidiki dalam penelitian ini

1. Berapakah nilai parameter optimum dari konsentrasi antosianin, perbandingan PVA dengan ekstrak, konsentrasi PVA sebagai pengikat, dan waktu imobilisasi indikator antosianin dalam membran film *edible* sebagai sensor kesegaran pada jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm) ?
2. Bagaimana karakteristik indikator film *edible* yang meliputi morfologi membran, waktu respon, reproduibilitas, dan waktu pakai sebagai sensor kesegaran pada jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm) ?
3. Apakah indikator film *edible* dapat di aplikasikan sebagai sensor kesegaran pada jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui nilai parameter optimum konsentrasi antosianin, perbandingan PVA dengan ekstrak, konsentrasi PVA sebagai pengikat, dan waktu imobilisasi indikator antosianin dalam membran film *edible* sebagai sensor kesegaran pada jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm).
2. Menentukan karakteristik indikator film *edible* yang meliputi morfologi membran, waktu respon, reproduibilitas, dan waktu pakai sebagai sensor kesegaran pada jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm).
3. Menentukan apakah indikator film *edible* dapat di aplikasikan sebagai sensor kesegaran pada jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah

1. Meningkatkan fungsi kemasan yang bukan hanya untuk melindungi namun juga dapat memberikan informasi mengenai kondisi kesegaran pada jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm).
2. Memberi kemudahan produsen maupun konsumen untuk mengetahui kondisi kesegaran pada jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm).

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kemasan Cerdas (*Smart Packaging*)

Kemasan adalah sistem untuk menjaga keamanan dan kualitas produk makanan dari awal distribusi sampai ke tangan konsumen. Fungsi penting kemasan yang lainnya adalah melindungi makanan dari pengaruh lingkungan luar, kerusakan serta memberikan informasi kepada konsumen terkait komposisi dan nutrisi yang terkandung didalamnya (Karmaus dkk., 2018). Kemasan dikatakan berfungsi dengan baik apabila dapat menghambat pengaruh lingkungan seperti cahaya, panas, oksigen, kelembaban, mikroorganisme, serangga, debu, dan lain-lain guna melindungi makanan. Kemasan dapat diklasifikasikan menjadi kemasan aktif dan kemasan cerdas (Nofrida dkk., 2013).



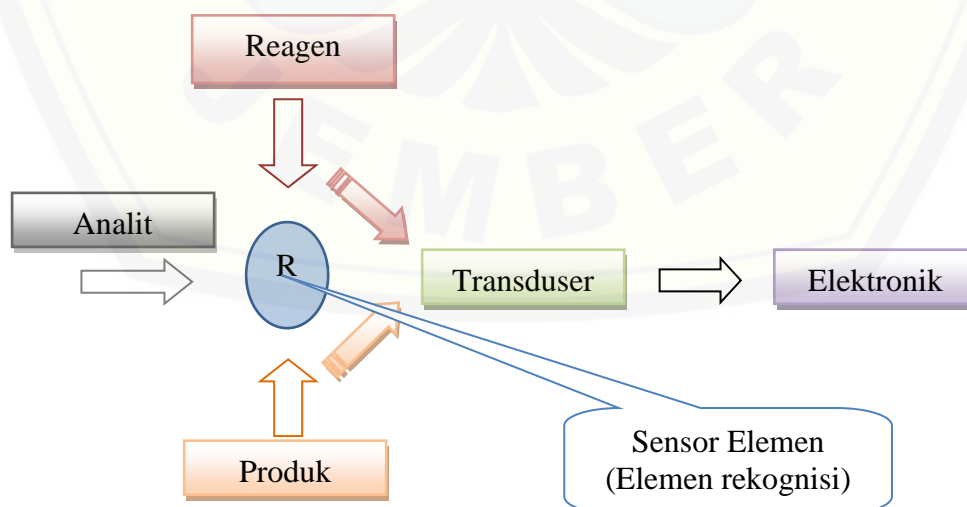
Gambar 2.1 Model Fungsi Kemasan (Yam, 2005)

Gambar 2.1 menunjukkan dimana kemasan cerdas berfungsi sebagai penyedia peningkatan komunikasi dan kemasan aktif sebagai penyedia peningkatan perlindungan. Dengan demikian dalam sistem pengemasan, kemasan cerdas adalah komponen yang bertanggung jawab untuk merasakan lingkungan dan memprosesnya menjadi informasi yang disampaikan pada pengguna. Kemasan aktif adalah komponen yang bertanggung jawab untuk mengambil beberapa tindakan (misalnya pelepasan antimikroba) untuk melindungi produk (Yam dkk., 2005).

Kemasan cerdas (*smart packaging*) merupakan kelanjutan dari fungsi kemasan makanan tradisional dan memberikan informasi kepada konsumen berdasarkan kemampuannya untuk merasakan, mendeteksi, atau merekam perubahan dalam produk atau lingkungannya (Biji dkk., 2015). Dalam praktiknya, kemasan cerdas (*smart packaging*) diproduksi dengan memasukkan komponen eksternal dalam pengemasan akhir.

2.2 Sensor Kimia

Secara umum sensor bisa diartikan sebagai alat atau piranti yang dapat mentransformasi (mengubah) suatu energi ke energi lainnya, sedangkan sensor kimia merupakan alat yang dapat mendeteksi analit tertentu dengan sebuah reaksi kimia sehingga analit tersebut dapat diterjemahkan secara kualitatif atau kuantitatif. Gambar 2.2 menggambarkan struktur sensor kimia secara skematis. Melalui gambar tersebut dapat diketahui bahwa sensor kimia merupakan suatu alat analisis (*analytical service*) yang berisi reagen kimia (*chemical reagent*) yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika kimiawi yang selanjutnya dapat dirubah menjadi sinyal elektrik yang menunjukkan konsentrasi dari analit tersebut (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.2 Skema Sensor Kimia (Kuswandi, 2010)

2.2.1 Sensor pH

Salah satu contoh sensor kimia yang dikenal secara baik adalah indikator pH universal yang digunakan untuk menentukan pH suatu larutan dari pH 1-14 dengan melihat perubahan warna yang terjadi dan dibandingkan dengan warna yang tertera pada bagian luar kemasan indikator pH universal. Alat lain yang lebih tepat dalam pengukuran pH suatu larutan biasanya menggunakan pH meter yang menggunakan prinsip kerja secara elektrokimia untuk mendeteksi adanya respon elektrik terhadap pH larutan yang kemudian bisa dibaca secara mudah dengan pembacaan digital (Kuswandi, 2010). Contoh penerapan sensor pH dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Indikator pH Universal

2.2.2 Karakteristik Sensor

Karakterisasi sensor pada kemasan cerdas (*smart packaging*) digunakan untuk mengetahui kemampuan membran dan reagen untuk mendeteksi analit. Contoh karakterisasi antara lain reproduisibilitas, waktu respon, dan waktu pakai. Reprodusibilitas merupakan hasil keberulangan dari suatu pengukuran yang dilakukan satu laboratorium dengan sampel dan metode analisis yang sama, analisis, peralatan, dan waktu yang sama atau berbeda, atau hasil keberulangan dari suatu pengukuran yang dilakukan oleh personil dan laboratorium yang berbeda (Rodiana dan Maulana, 2013). Waktu respon merupakan seberapa cepat tanggapan sensor terhadap perubahan masukan (Anas dkk., 2014).

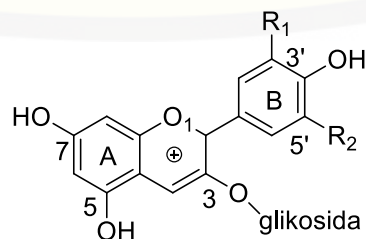
2.3 Antosianin

Antosianin merupakan kelompok flavonoid yang paling mencolok. Antosianin berasal dari bahasa Yunani, anthos yang artinya bunga dan kyanos yang artinya biru gelap, yang paling dikenal dari alam sebagai pigmen yang bertanggung jawab untuk warna biru, ungu, merah, dan oranye dari mayoritas spesies tumbuhan dan produknya. Antosianin tersebar luas pada tumbuhan tingkat tinggi dan ditemukan dalam bunga, daun, batang, buah, biji, dan jaringan akar tanaman (Kannan, 2011).

Antosianin merupakan pigmen alami, tidak beracun, larut air dan mudah diekstraksi (Zhang dkk., 2014). Perubahan warna dalam pigmen antosianin karena adanya fenolik atau zat terkonjugasi, seperti sianidin, delphinidin, malvidin, pelargonidin, peonidin dan petunidin yang mengalami perubahan struktural ketika adanya perubahan pH (Pourjavaher dkk., 2017).

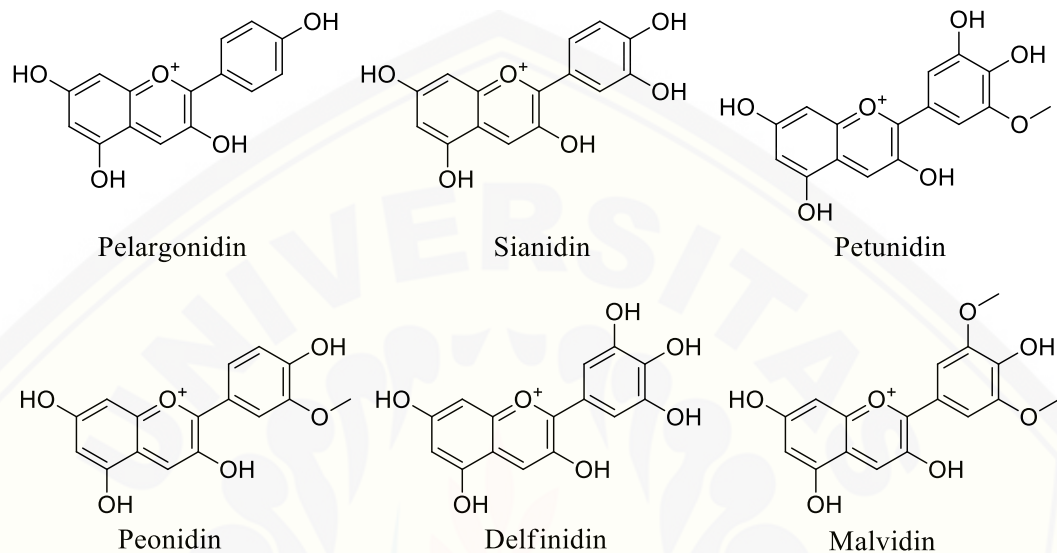
2.3.1 Struktur Antosianin

Antosianin terdiri dari aglikon (antosianidin) yang terikat pada satu atau lebih gugus gula (glikon) (turunan glikosilasi dari kation 3, 5, 7, 3'-tetrahidroksi-flavylium). Gula pada posisi 3 selalu ada dan tambahan gula pada posisi 5 dan 7. Antosianidin bebas kadang terbentuk pada tumbuhan akibat kekurangan elektron dari kation flavylium membuat antosianidin bebas sangat reaktif dan molekulnya sangat tidak stabil. Gula menstabilkan molekul antosianin dan struktur glikosidiknya lebih stabil daripada antosianidin. Gugus gula dapat berupa unit monosakarida, disakarida atau terasilasi dengan asam fenolik atau alifatik tetapi molekul gula umumnya glukosa, ramnosa, galaktosa atau arabinosa. (Kannan, 2011). Struktur kimia dari senyawa antosianin ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur Utama Senyawa Antosianin (Lee, 2015)

Antosianidin yang umum terkandung pada bahan makanan adalah sianidin (30%), delphinidin (22%), pelargonidin (18%), peonidin (7,5%), malvidin (7,5%) dan petunidin (5%) (Kannan, 2011).



Gambar 2.5 Klasifikasi Antosianin (Kannan, 2011)

2.3.2 Sumber Antosianin

Sumber alami antosianin termasuk berbagai buah berwarna, sayuran, rempah-rempah dan kacang. Ini termasuk buah beri, anggur, delima, bawang merah, kubis merah, ubi ungu, dan kacang hitam (Wu dkk., 2006). Beberapa sumber beserta kandungan antosianin pada berbagai buah-buahan dan sayuran berwarna dapat dilihat pada tabel 2.1.

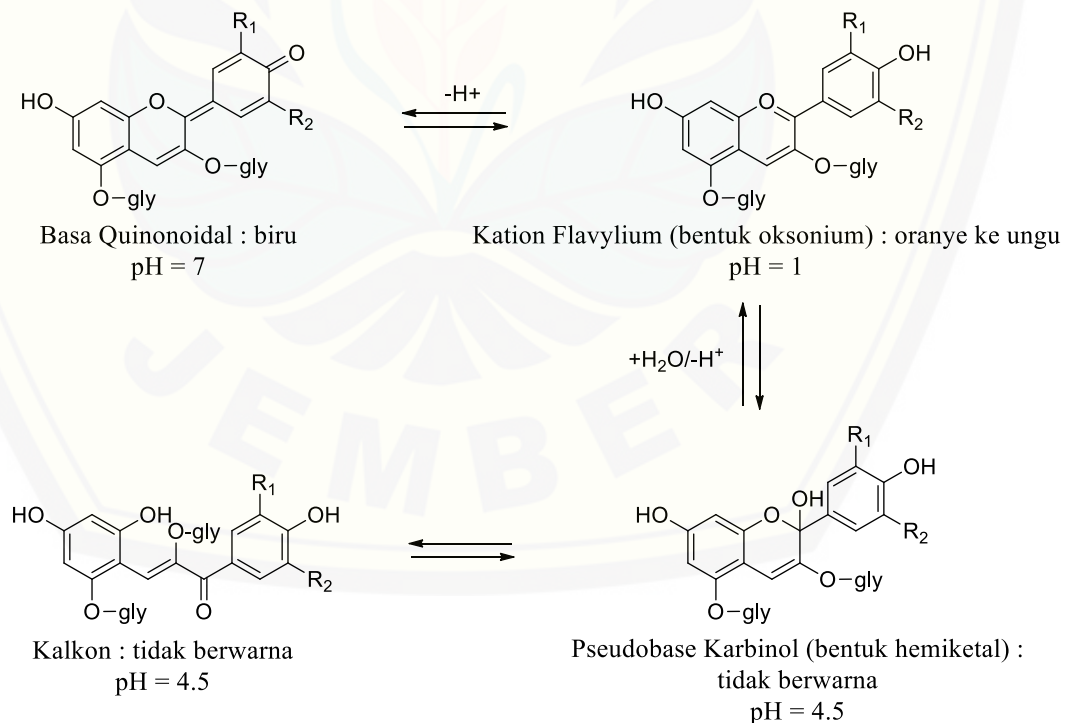
Tabel 2.1 Sumber dan Kandungan Senyawa Antosianin (Nugraheni, 2014)

Sumber	Kandungan pigmen (mg/100 g berat basah)
Stroberi	15-35
Rasberi merah	20-60
Kol merah	25
Ubi ungu	84-600
Anggur	229
Kulit manggis	59,3
Duwet	230

2.3.3 Sifat dan Reaksi Antosianin

Warna antosianin tergantung pada pH karena keberadaan empat struktur berbeda dalam larutan berair. Keempat struktur memiliki warna yang berbeda dan masing-masing bervariasi melalui skala pH dengan kation berwarna ungu merah sebagai struktur dominan dalam lingkungan asam (Marianne dkk., 2001). Umumnya, suhu yang lebih tinggi dari 70°C menyebabkan degradasi dan perubahan warna yang cepat pada antosianin. Cahaya merupakan faktor signifikan mempercepat degradasi antosianin yang sama dengan faktor suhu (Kannan, 2011).

Gambar 2.6 menjelaskan antosianin berada dalam bentuk kation flavilium yang berwarna oranye ke ungu di bawah pH rendah dan membentuk basa quinoidal yang cenderung menjadi biru Saat pH dinaikkan (>5) yang akan mempercepat kehilangan proton, selain itu kenaikan pH menyebabkan hidrasi kation flavilium untuk membentuk kalkon atau karbinol (pseudobasa) yang tidak berwarna (Rein, 2005).



Gambar 2.6 Reaksi Antosianin (Kannan, 2011)

Seiring dengan kenaikan pH 1 hingga pH 14, secara konsisten warna ekstrak antosianin ubi ungu hanya dipengaruhi oleh pH yaitu berubah dari merah, merah pudar, ungu, biru, hijau dan kuning (Mahmudatussa'adah dkk., 2014).

2.4 Ubi Ungu (*Ipomoea batatas* L.)

Klasifikasi ubi ungu menurut Rukmana 1997, sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Subdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Solanales
Famili	: Convolvulaceae
Genus	: <i>Ipomoea</i>
Spesies	: <i>Ipomoea batatas</i> L.



Gambar 2.7 Ubi Ungu (*Ipomoea batatas* L.) (Firgianti dan Sunyoto, 2018)

Di Indonesia selain yang berwarna putih, kuning, dan merah, ubi ungu merupakan salah satu jenis ubi yang banyak ditemui (Hardoko dkk., 2010). Menurut Suprpti (2003), tanaman ubi memiliki ciri-ciri susunan tubuh utama terdiri atas batang, daun, bunga, buah, biji, dan umbi. Batang tanaman berbentuk bulat, tidak berkayu, dan berbuku-buku. Tipe pertumbuhan tegak dan merambat

atau menjalar, panjang batang tipe tegak 1 sampai 2 meter dan tipe merambat 2 sampai 3 meter.

Ubi ungu (*Ipomoea batatas* L.) memiliki warna ungu yang cukup pekat pada daging ubinya. Warna ungu pada ubi ungu berasal dari pigmen alami yang terkandung di dalamnya yaitu zat antosianin. Kandungan antosianin yang berbeda pada ubi ungu menyebabkan warna pada ubi ungu yang berbeda-beda (Armanzah dan Hendrawati, 2016).

2.5 Ekstraksi

Ekstraksi adalah kegiatan penarikan kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah dari bahan yang tidak dapat larut dengan pelarut cair (Depkes RI, 2000). Ketika tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam sel tanaman, proses ekstraksi dihentikan. Setelah proses ekstraksi, pelarut dipisahkan dari sampel dengan penyaringan (Mukhriani, 2014).

2.5.1 Pelarut Ekstraksi

Pelarut dalam proses pembuatan ekstrak adalah cairan yang baik untuk kandungan senyawa yang berkhasiat atau yang aktif, dengan demikian senyawa tersebut dapat dipisahkan dari bahan dan dari senyawa kandungan lainnya, serta ekstrak hanya mengandung sebagian besar senyawa kandungan yang diinginkan (Depkes RI, 2000). Faktor utama yang menjadi pertimbangan pemilihan cairan ekstraksi adalah selektivitas, kemudahan, ekonomis, ramah lingkungan dan keamanan. Salah satu pelarut yang memenuhi syarat tersebut adalah etanol.

2.5.2 Metode Ekstraksi

a. Cara dingin

1) Maserasi

Maserasi merupakan metode sederhana yang paling banyak digunakan dan sesuai untuk skala kecil maupun skala industri (Agoes, 2007). Metode ini

dilakukan dengan memasukkan serbuk tanaman dan pelarut yang sesuai ke dalam wadah inert yang tertutup rapat pada suhu kamar. Proses ekstraksi dihentikan ketika tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam sel tanaman (Mukhriani, 2014).

2) Perkolasi

Perkolasi merupakan ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru sampai sempurna yang umumnya dilakukan pada temperatur ruangan. Proses terdiri dari tahapan pengembangan bahan, tahap maserasi antara, tahap perkolasi sebenarnya (penetasan/penampungan ekstrak), terus menerus sampai diperoleh ekstrak (perkolat) yang jumlahnya 1- 5 kali bahan (Depkes RI, 2000).

b. Cara panas

1) Refluks

Refluks merupakan ekstraksi dengan pelarut pada temperatur titik didihnya, dengan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan dan selama waktu tertentu dengan adanya pendingin balik (Depkes RI, 2000).

2) Soxhlet

Soxhlet merupakan ekstraksi menggunakan pelarut yang selalu baru dengan jumlah pelarut relatif konstan dengan adanya pendingin balik dan umumnya dilakukan dengan alat khusus sehingga terjadi ekstraksi kontinu (Depkes RI, 2000).

3) Digesti

Digesti merupakan maserasi kinetik (dengan pengadukan kontinu) pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur ruangan (kamar), yaitu secara umum dilakukan pada temperatur 40-50°C (Depkes RI, 2000).

4) Infus dan Dekok

Infus merupakan ekstraksi dengan pelarut air pada temperatur penangas air (96-98°C) selama waktu tertentu (15-20 menit) dan dekok adalah infus pada waktu yang lebih lama (~30 menit) (Depkes RI, 2000).

2.6 Film *Edible*

Skurtys dkk (2009) mendefinisikan film *edible* sebagai lapisan tipis yang dapat dikonsumsi dan digunakan sebagai pelapis ataupun penghalang antara makanan dan lingkungan sekitarnya. Film *edible* dapat diproduksi dari bahan yang memiliki kemampuan untuk membentuk lapisan tipis (*film forming ability*). Dalam proses pembuatannya bahan pembuat film harus terlarut dan terdispersi dalam suatu pelarut seperti air, alkohol, campuran air alkohol, atau campuran pelarut lainnya. Pemlastis (*plasticizer*), zat antimikroba, zat warna, dan zat perasa dapat ditambahkan dalam proses pembuatannya (Bourtoom, 2008). Ketebalan film dipengaruhi juga oleh bahan penyusunnya. Ketebalan film *edible* pada umumnya berkisar antara 0,1 mm-0,5 mm (Murni, 2013).

Bahan dasar pembuatan film *edible* dapat digolongkan menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid (protein dan polisakarida), lemak, dan campuran (hidrokoloid dan lemak) (Donhowe dan Fennema, 1993). Film *edible* yang terbuat dari hidrokoloid merupakan penghalang yang baik terhadap transfer oksigen, karbohidrat dan lipid (Koswara dkk., 2002).

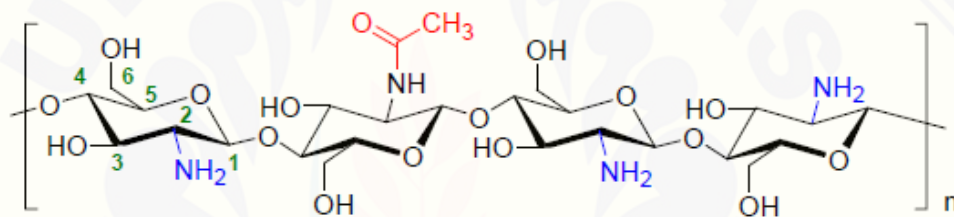
Film *edible* yang bagus memiliki elastisitas dan fleksibilitas yang baik, kerapuhan yang rendah, kuat, dan tidak retak selama penanganan dan penyimpanan (Barreto dkk., 2003). Untuk menghasilkan sifat yang demikian, diperlukan adanya bahan tambahan lain seperti penambahan pemlastis (*plasticizer*) pada film *edible*. Pemlastis (*plasticizer*) merupakan bahan yang tidak menguap (*non volatile*), memiliki titik didih tinggi yang jika ditambahkan pada material lain akan merubah sifat fisik dari material tersebut. Penambahan pemlastis (*plasticizer*) dapat meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan sifat-sifat film *edible*. Pemlastis (*plasticizer*) yang paling umum digunakan adalah polyol (propilena glikol, gliserol, sorbitol, polietilen glikol), oligosakarida (sukrosa), dan air (Butler dkk., 1996).

2.6.1 Bahan – Bahan Film *Edible*

a. Kitosan

Kitosan merupakan suatu amina polisakarida hasil proses deasetilasi kitin. Kitin adalah polisakarida terbanyak kedua di alam setelah selulosa dan terutama terdapat dalam eksoskeleton krustasea (seperti kepiting, udang, lobster dll). Selain krustasea, kitin juga ditemukan di berbagai serangga, cacing dan jamur (Thate, 2004).

Kitosan adalah jenis polimer rantai yang tidak linier yang mempunyai rumus umum $(C_6H_{11}O_4)_n$ atau disebut sebagai (1,4)- 2-Amino-2-Deoksi- β -D-Glukosa, dimana strukturnya dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2.8 Struktur Kimia Kitosan (Thate, 2004)

Kitosan berupa padatan amorf putih yang tidak larut dalam alkali dan asam mineral. Kelarutan kitosan yang paling baik ialah dalam larutan asam asetat 1%, asam format 10 % dan asam sitrat 10% (Meriatna, 2008). Kitosan merupakan polimer yang mempunyai sifat tidak beracun dan dapat terbiodegradasi yang merupakan bahan pembentuk film yang sangat baik. Hasil dari film yang terbuat dari kitosan bertekstur kaku dan rapuh (Domjan, 2009) sehingga pemlastis (*plasticizer*) umumnya dimasukkan ke formulasi film untuk menghasilkan kitosan yang lembut dan fleksibel.

b. Pati Jagung

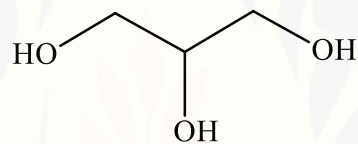
Tanaman jagung (*Zea Mays* L) merupakan salah satu sumber utama karbohidrat dan protein setelah beras. Komponen utama jagung adalah pati, yaitu sekitar 70% dari bobot biji. Komposisi kimia pati jagung adalah karbohidrat (74,5%), protein (9%), serat (1%), abu (1,1%) dan lemak (3,4%) (Murni, 2013).

Karbohidrat dari pati jagung terdiri atas amilosa (27 %) dan amilopektin (83 %) (Rowe dkk., 2006).

Pati jagung dapat digunakan sebagai bahan pembentuk film karena sifat higroskopisnya lebih rendah sekitar 11%, dibandingkan dengan pati singkong (13%), pati beras (14%) maupun pati kentang (18%). Selain itu, pati jagung mengandung amilosa 27% sedangkan pati kentang 22% dan pati singkong hanya 17%. Amilosa berperan dalam kelenturan dan kekuatan film pada sediaan film *edible* (Amaliya dan Putri, 2014).

c. Gliserol

Rumus Struktur: $C_3H_8O_3$

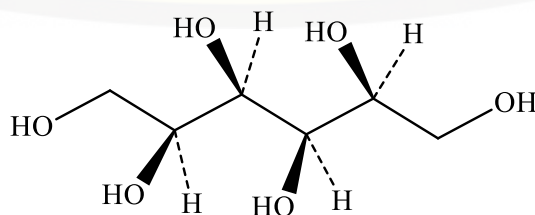


Gambar 2.9 Struktur Gliserol (Rowe dkk., 2006)

Gliserol atau nama lainnya gliserin memiliki beberapa fungsi yaitu sebagai pengawet, antimikroba, pemlastis (*plasticizer*), dan agen pemanis. Gliserol memiliki karakteristik tidak berwarna, tidak berbau, cairan kental, rasanya manis, kira-kira 0,6 kali lebih manis dari sukrosa. Gliserol larut dalam berbagai macam pelarut, salah satunya adalah air (Rowe dkk., 2006).

d. Sorbitol

Rumus Struktur: $C_6H_{14}O_6$

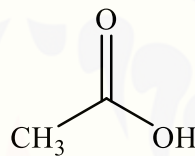


Gambar 2.10 Struktur Sorbitol (Rowe dkk., 2006)

Sorbitol memiliki ciri-ciri tidak berbau, putih atau hampir tidak berwarna, kristal dan bubuk higroskopis. Sorbitol tersedia dalam berbagai bentuk seperti butiran, serpihan, atau pelet dan cairan. Sorbitol telah banyak digunakan sebagai pemlastis (*plasticizer*) dalam formulasi film dan stabil dalam asam encer dan larut dalam air. Sorbitol tidak berubah warna menjadi lebih gelap atau terurai pada suhu tinggi, tidak mudah terbakar dan tidak korosif (Rowe dkk., 2006).

e. Asam Asetat

Rumus Struktur : CH_3COOH

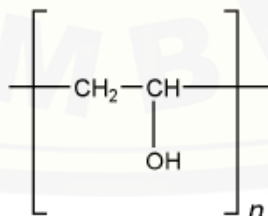


Gambar 2.11 Struktur Asam Asetat (Rowe dkk., 2006)

Asam asetat memiliki ciri-ciri berbentuk kristal atau jernih dalam bentuk larutan, bersifat mudah menguap (volatil), tidak berwarna dan berbau menyengat. Dalam pembuatan film *edible*, asam setat 1% digunakan sebagai pelarut untuk melarutkan kitosan (Rowe dkk., 2006).

2.7 Polivinil Alkohol (PVA)

Rumus Struktur: $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$



Gambar 2.12 Struktur Polivinil alkohol (Rowe dkk., 2006)

Polivinil alkohol adalah polimer sintetik yang memiliki ciri-ciri tidak berbau, berwarna putih sampai krem dan berbentuk bubuk granular. Polivinil

alkohol larut dalam air dan memiliki fungsi sebagai agen pelapis. Polivinil alkohol stabil bila disimpan dalam keadaan wadah tertutup rapat di tempat yang sejuk dan kering dan stabil dalam bentuk larutan didalam wadah tahan korosi (Rowe dkk., 2006).

2.8 Indikator Kesegaran

Indikator dapat didefinisikan sebagai zat yang menunjukkan ada atau tidak adanya konsentrasi zat lain, atau tingkat reaksi antara dua atau lebih zat di mana terjadi perubahan karakteristik, terutama perubahan warna. Indikator kesegaran merupakan salah satu contoh indikator yang digunakan dalam kemasan cerdas, dimana indikator mengkomunikasikan informasi melalui perubahan visual langsung (Kerry dan Butler, 2008).

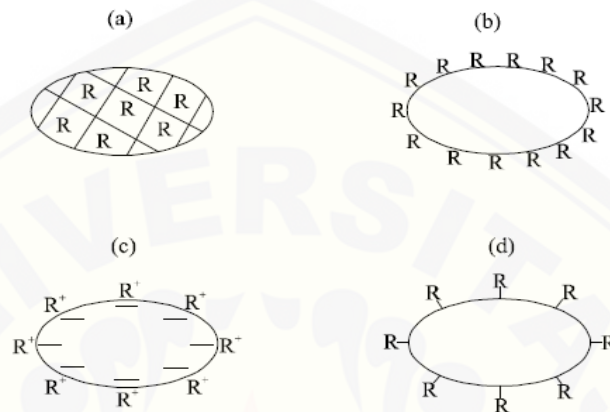
Indikator kesegaran dimaksudkan sebagai perangkat pintar yang memungkinkan pemantauan kualitas produk makanan selama proses transportasi dan penyimpanan. Kerusakan kesegaran mungkin terjadi karena produk terpapar kondisi yang merugikan. Indikator kesegaran memberikan informasi langsung tentang kualitas produk mengenai pertumbuhan mikroba atau perubahan kimia dalam produk makanan (Siro, 2012).

Konsep yang dijelaskan dalam literatur umumnya didasarkan pada deteksi beberapa metabolit volatil yang dihasilkan selama penyimpanan produk makanan, seperti karbon dioksida, etanol, amina, amonia dan hidrogen sulfida (H_2S). Salah satu indikator kesegaran biasa digunakan untuk mendeteksi kualitas kesegaran produk makanan adalah indikator pH berbasis warna (Vaikousi dkk., 2008).

2.9 Teknik Imobilisasi Reagen

Imobilisasi reagen dapat didefinisikan sebagai pengikatan reagen pada fasa padat atau material pendukung secara merata, yang memungkinkan untuk terjadinya pertukaran dengan larutan sampel dimana terdapat analit untuk dideteksi. Secara garis besar imobilisasi reagen dapat digolongkan pada dua jenis

metode imobilisasi yaitu metode fisika dan metode kimia. Metode imobilisasi secara fisik diantaranya penyerapan (adsorpsi), pemerangkapan (entrapmen), dan pengkapsulan (enkapsulasi). Secara kimia meliputi pembentukan ikatan kovalen dan *crosslinking* (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.13 Berbagai metode imobilisasi dari reagen, R pada material pendukung (a) gel entrapmen, (b) adsorpsi, (c) interaksi electrostatic/ionik, (d) ikatan kovalen (Kuswandi, 2010).

Tabel dibawah ini menggambarkan kelebihan dan kekurangan dari setiap teknik imobilisasi yang biasa dilakukan dalam mengimobilisasi suatu reagen.

Tabel 2.2 Karakteristik Teknik Imobilisasi (Kuswandi, 2010)

Teknik Imobilisasi	Adsorpsi	Entrapmen	Ikatan Kovalen	Enkapsulasi
Kemudahan Prosedur	Mudah	Mudah/sedang	Sedang/sulit	Mudah/sedang
Sifat reagen	Tetap	Tetap	Bisa Berubah	Tetap
Mobilitas Partikel	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi
Kapasitas pengikatan	Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi
Lepasnya reagen	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi
Stabilitas	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah
Waktu Pakai	Pendek	Lama	Lama	Pendek
Biaya imobilisasi	Murah	Sedang	Mahal	Sedang

2.9.1 Teknik Imobilisasi Fisika

a. Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan merupakan teknik imobilisasi yang melibatkan gaya *Van der Waals* atau ikatan hidrogen dalam mengikat molekul reagen pada fasa pendukung. Imobilisasi dengan metode ini dilakukan dengan cara menyerap molekul reagen di atas permukaan fasa pendukung. Interaksi elektrostatik atau ionik biasanya digunakan untuk reagen yang mempunyai muatan negatif dengan fasa pendukung yang memiliki muatan positif atau sebaliknya. Fasa pendukung yang biasa digunakan dalam teknik imobilisasi jenis ini ialah resin penukar ion (Kuswandi, 2010).

b. Entrapmen

Pada teknik entrapmen, reagen dicampur dengan sebuah larutan monomer, yang kemudian mengalami polimerisasi untuk membentuk membran baik berupa gel maupun lapisan tipis film, sehingga reagen tersebut dapat terperangkap didalamnya (Kuswandi, 2010).

c. Enkapsulasi

Pada teknik ini biasanya sebuah membran semipermeabel digunakan untuk memerangkap atau menjerat reagen kimia didalamnya pada permukaan sensor. Biasanya teknik imobilisasi dengan enkapsulasi cukup stabil terhadap perubahan temperatur, pH, kekuatan ion dan komposisi kimia, sehingga teknik immobilisasi ini banyak digunakan dalam pengembangan sensor kimia (Kuswandi, 2010).

2.9.2 Teknik Imobilisasi Kimia

a. Ikatan Kovalen

Teknik ini dilakukan melalui beberapa langkah sintesis, sehingga metode ini biasanya mampu menghasilkan reagen yang stabil. Hal penting yang dihasilkan dari teknik imobilisasi secara kimia adalah setelah permukaan dari material pendukung tercover penuh dengan molekul reagen pada lapisan tunggal, maka molekul reagen berikutnya hanya akan teradsorpsi pada permukaannya saja, sehingga akan menghasilkan adsorpsi yang lemah (Kuswandi, 2010).

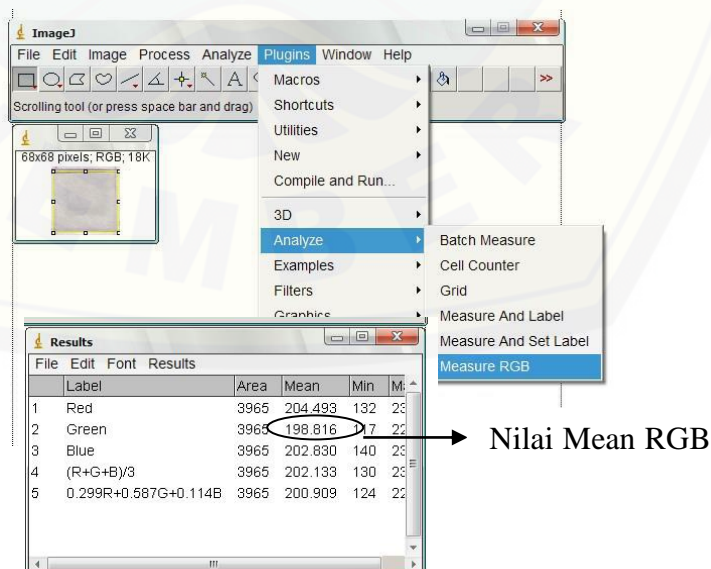
b. *Crosslinking*

Teknik *crosslinking* biasanya menggunakan sebuah agen penghubung (*a bifunctional agent*) yang digunakan untuk membentuk ikatan kimia antara biomolekul tersebut dengan permukaan sensor/transduser. Cara ini sering digunakan bersama dengan cara lainnya seperti adsorpsi atau mikroenkapsulasi (Kuswandi, 2010).

2.10 ImageJ

ImageJ adalah program yang digunakan untuk analisis gambar yang dibuat oleh *National Institutes of Health*. Program ini berisi menu bar, tool bar, dan status bar (Reinking, 2007). Cara perhitungan nilai RGB dengan menggunakan program *ImageJ* dapat dilihat pada gambar 2.10.

Penentuan nilai RGB dengan menggunakan program *ImageJ* didasarkan pada nilai perhitungan dari tiga warna yaitu merah, hijau, dan biru. Dipilih warna-warna tersebut karena merupakan warna cahaya yang dapat menghasilkan spektrum sehingga dapat terlihat oleh pembaca. Apabila intensitas tertinggi dari setiap warna dicampurkan maka akan diperoleh cahaya putih. Apabila intensitas sama dengan nol, maka akan dihasilkan cahaya hitam (Reinking, 2007).



Gambar 2.14 Langkah Pengukuran Nilai RGB dalam Program *ImageJ* (Reinking, 2007)

2.11 Tinjauan Sampel

Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm) merupakan salah satu jamur kayu dan termasuk dalam golongan Basidiomycota karena dapat dikonsumsi. Jamur tiram putih merupakan jamur kayu yang tumbuh berderet menyamping pada batang kayu lapuk. Jamur ini memiliki tubuh buah yang tumbuh mekar membentuk corong dangkal seperti kulit kerang (Sumarni, 2006).



Gambar 2.15 Jamur Tiram Putih (Alexopolous dkk, 1996)

Taksonomi jamur tiram putih adalah sebagai berikut:

Super kingdom	: Eukaryota
Kingdom	: Myceteae
Divisi	: Amastigomycota
Subdivisi	: Eumycota
Kelas	: Basidiomycetes
Sub kelas	: Holobasidiomycetidae
Ordo	: Agaricales
Famili	: Agaricaceae
Genus	: Pleurotus
Spesies	: (<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P.Kumm) (Alexopolous dkk, 1996)

Jamur tiram yang berwarna putih mengandung pigmen flavon atau antosantin yang bersifat larut dalam air dan akan berubah kekuningan hingga coklat bila pH tidak sesuai. Jamur tiram putih tergolong dalam kelompok bahan pangan berasam rendah karena memiliki pH diatas 5.3 (Winarno, 1986). Bahan

pangan dapat digolongkan berdasarkan nilai pH, yaitu pangan berasam rendah dengan pH diatas 5,3, pangan berasam sedang dengan kisaran pH 4,5-5,3, pangan asam dengan kisaran pH 3,7-4,5, dan pangan berasam tinggi dengan pH 3,7 atau kurang.

Jamur tiram putih masih melakukan aktivitas metabolisme setelah dipanen. Aktivitas metabolisme berhubungan dengan laju respirasi, laju respirasi merupakan proses yang menggunakan bahan organik yang tersimpan kemudian dirombak menjadi produk yang lebih sederhana dengan menghasilkan energi. Laju respirasi pada jamur tiram putih dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui masa simpan produk dengan mengukur oksigen yang dikonsumsi, karbondioksida yang dikeluarkan, atau sisa NH_3 yang berasal dari proses pemecahan protein menjadi asam-asam amino yang menghasilkan gas berupa basa lemah, sehingga dapat diketahui kapan produk berada dalam masa optimal (Arianto dkk., 2013).

Kandungan air pada jamur tiram putih segar sekitar 85-95%. Kandungan air ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban pada saat proses penyimpanan. Kandungan air pada jamur tiram putih terus berkurang akibat dari proses transpirasi ataupun respirasi selama proses penyimpanan berlangsung sehingga menyebabkan penurunan kualitas jamur tiram putih.

Komposisi dan kandungan nutrisi setiap 100 gram jamur tiram putih berupa protein, karbohidrat, lemak, thiamin, riboflavin, niasin, kalsium, kalium dan fosfor, yang sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia (Djariyah dan Djariyah, 2001).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian *experimental laboratories*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Sensor Kimia dan Biosensor, Laboratorium Biologi Farmasi Fakultas Farmasi, Laboratorium Biokimia Teknologi Hasil pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember mulai bulan Desember 2018 sampai selesai.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan analitik (OHAUS PA214), kertas saring, pipet volume, gelas kimia, gelas ukur, pinset, pipet tetes, plat tetes, batang pengaduk, vial, kuvet, mikropipet *socorex*, toples kaca, *hot plate stirrer*, spektrofotometri UV-Vis, pH meter (EUTECH), indikator pH universal (MERCK), blender, *press* kaca, oven, kamera, *scanner*, *imageJ*.

3.3.2 Bahan

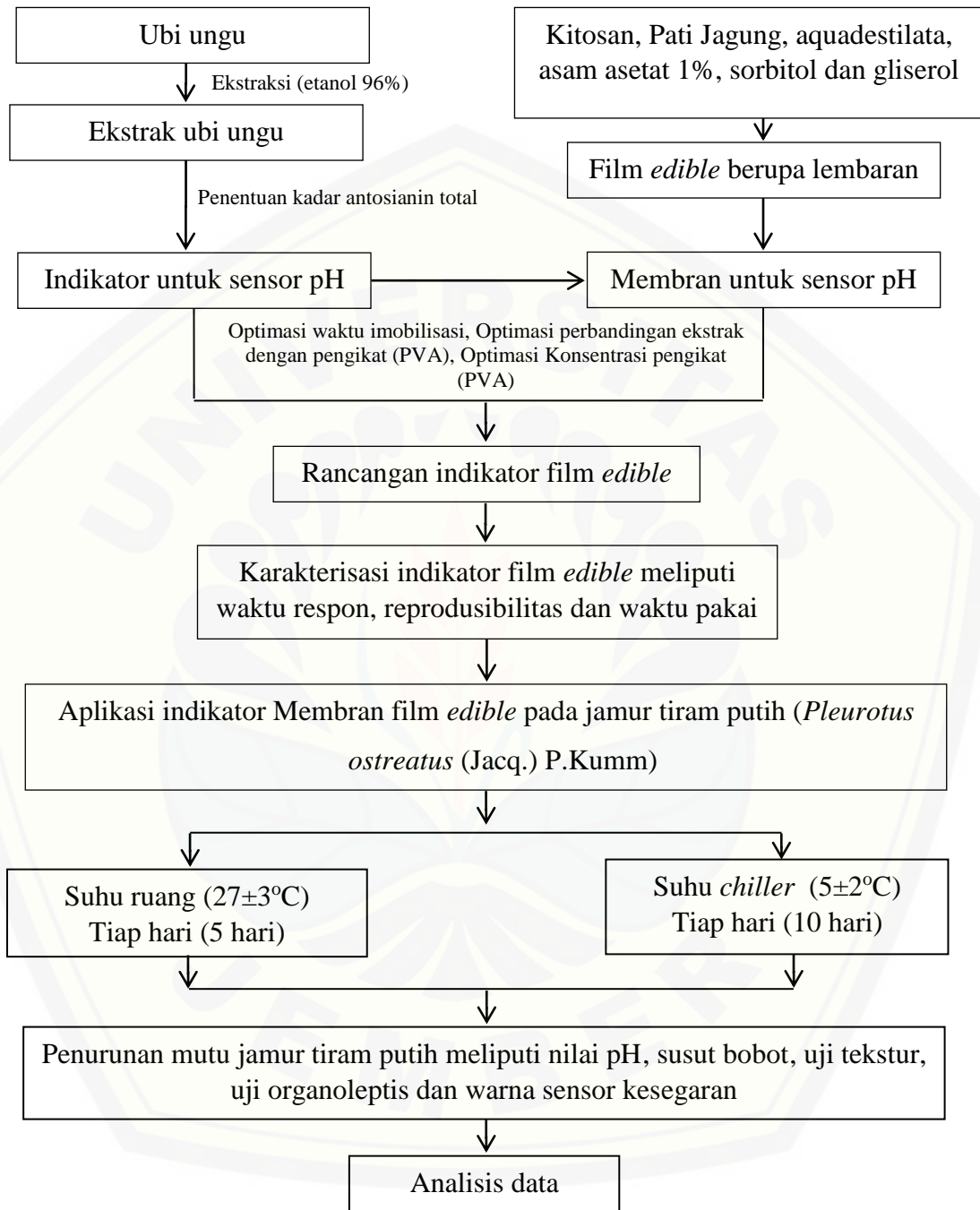
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ubi ungu (*Ipomoea batatas* L.) yang dibeli di “pasar tanjung” Jember, jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm) yang dibeli di “pasar tanjung” Jember, kitosan, pati jagung, etanol 96%, aquadestilata, asam asetat 1%, sorbitol, gliserol dan Polivinil Alkohol (PVA).

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Tahap Percobaan

1. Pembuatan indikator film *edible* yang meliputi pembuatan ekstrak antosianin dari ubi ungu (*Ipomoea batatas* L.) dan pembuatan membran film *edible* dari campuran kitosan dan pati jagung.
2. Optimasi indikator film *edible* yang meliputi konsentrasi bahan pengikat (PVA), perbandingan ekstrak dengan PVA, dan waktu imobilisasi membran film *edible* dengan indikator ekstrak ubi ungu (*Ipomoea batatas* L.).
3. Karakterisasi indikator film *edible* meliputi reproduibilitas, waktu respon dan waktu pakai.
4. Aplikasi indikator film *edible* pada sampel jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm).

3.4.2 Diagram Alur Penelitian



3.1 Diagram Alur Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Indikator Film *Edible*

1. Pembuatan Indikator Ubi Ungu

a. Pembuatan Ekstrak Ubi Ungu

Ubi Ungu dikupas dan dipotong-potong kemudian diblender. Selanjutnya ubi ungu dimaserasi dengan pelarut etanol 96%, perbandingan ubi ungu dengan etanol 96% adalah 1:4, yang artinya untuk 1 gram ubi ungu ditambahkan 4 ml etanol 96%. Pada penelitian ini ekstrak yang dibuat adalah sebanyak 400 ml, yang artinya 100 gram ubi ungu dimaserasi dengan 400 ml etanol 96%.

b. Penentuan Konsentrasi Antosianin Total

Pengukuran konsentrasi antosianin total dari pewarna alami dalam bentuk cair dilakukan dengan menggunakan metode pH *differential* yang dikembangkan oleh Prior dkk (1998). Tabung reaksi disiapkan sebanyak dua buah, tabung reaksi pertama dimasukkan larutan dapar kalium klorida pH 1 sebanyak 3 mL kemudian tabung reaksi kedua dimasukkan larutan dapar natrium asetat pH 4,5 sebanyak 3 mL. Masing-masing tabung reaksi ditambahkan sampel yang akan ditentukan kadar antosianin sebanyak 0,5 mL dan didiamkan selama 15 menit. Pengukuran absorbansi dari kedua perlakuan pH tersebut diukur dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 510 nm dan 700 nm. Nilai absorbansi dihitung dengan persamaan:

$$A = [(A_{510} - A_{700})_{\text{pH 1}} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}] \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\text{Konsentrasi antosianin (mg/L)} = \frac{(A \times \text{BM} \times \text{FP} \times 1000)}{\epsilon \times \ell} \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan :

- A = absorbansi
- A_{510} = absorbansi pada panjang gelombang 510 nm
- A_{700} = absorbansi pada panjang gelombang 700 nm
- BM = berat molekul (449,2)
- FP = faktor pengenceran
- ϵ = ekstingsi molar (26900 L/cm)
- ℓ = tebal kuvet (cm)

2. Pembuatan Membran Film *Edible* Campuran Kitosan dan Pati jagung

Kitosan sebanyak 3 gram dicampur dengan 50 ml asam asetat 1% dalam beaker gelas dan di panaskan pada suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit. Pati jagung sebanyak 7 gram dicampur dengan 100 ml aquadestilata dalam beaker gelas sambil diaduk dengan pengaduk magnetik selama 22 menit pada suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$. Mencampurkan gel kitosan dan pati jagung, kemudian ditambahkan sorbitol dan gliserol sebanyak 1 ml. Hasil yang diperoleh kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 1 jam. Hasil campuran dituangkan pada permukaan plat kaca yang telah dibersihkan. Selanjutnya di keringkan dengan oven pada suhu 80°C selama 6 jam. Setelah kering lapisan film didinginkan sampai mencapai suhu kamar.

3.5.2 Optimasi Indikator Film *Edible*

a. Optimasi Waktu Imobilisasi

Tujuan dilakukannya optimasi waktu imobilisasi adalah untuk mendapatkan indikator membran film *edible* yang optimum dan untuk mendapatkan warna yang stabil yang dipengaruhi jumlah indikator ubi ungu yang terikat pada membran film *edible*. Waktu imobilisasi yang digunakan adalah 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit.

b. Optimasi Ekstrak Ubi Ungu

Optimasi ekstrak ubi ungu bertujuan untuk mengetahui intensitas warna yang paling optimal ketika di imobilisasikan ke membran film *edible*. Optimasi ekstrak ubi ungu dilakukan dengan cara penambahan bahan pengikat berupa polivinil alkohol (PVA) ke dalam ekstrak ubi ungu yang mana konsentrasi PVA dalam larutan campuran ekstrak dan PVA adalah 0,1%. Di mana perbandingan pengikat dan ekstrak ubi ungu yang diuji adalah 1:1, 1:2, dan 1:3 dengan volume total larutan sejumlah 10 ml. Selanjutnya perbandingan ekstrak ubi ungu dengan PVA 0,1% yang paling baik digunakan sebagai rasio dalam optimasi konsentrasi PVA.

c. Optimasi Konsentrasi PVA

Optimasi konsentrasi PVA dilakukan untuk pengikatan warna indikator ekstrak ubi ungu yang baik pada film *edible* supaya tidak mengalami *leaching* (keluarnya indikator dari membran film *edible*) selama penyimpanan dan pengaplikasian ke sampel jamur tiram putih.

Konsentrasi PVA yang terdapat dalam larutan campuran ekstrak dan PVA yang digunakan adalah 0,1 %, 1 %, 1,5 % dan 2%. Konsentrasi PVA yang optimum akan menghasilkan respon paling baik berupa tidak meninggalkan bekas warna setelah dilakukan uji.

d. Pengimobilisasian Indikator Pada Membran Film *Edible*

Membran dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 5 mm direndam sesuai dengan waktu pengoptimasian yang paling baik dalam indikator ubi ungu yang telah ditambahkan konsentrasi PVA yang paling optimal, kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan.

3.5.3 Karakterisasi Indikator Film *Edible*

a. Reprodusibilitas Sensor

Reprodusibilitas dapat dinyatakan sebagai kepresisian respon sensor terhadap analit yang diukur pada waktu yang berbeda dan kondisi yang relatif sama. Pada penelitian ini, reprodusibilitas sensor ditentukan dengan menghitung standar deviasi relatif (RSD) dari 6 kali replikasi terhadap sensor yang berbeda dengan 3 hari yang berbeda. Data diukur menggunakan salah satu nilai *RGB* dan dihitung nilai RSD. Reprodusibilitas sensor terhadap analit dapat digolongkan baik bila kesesuaian respon tersebut antara respon yang satu dengan yang lainnya yang dinyatakan dengan $RSD < 5\%$ (Kuswandi, 2010).

b. Waktu Respon

Penentuan waktu respon dilakukan untuk mengetahui kecepatan perubahan warna sensor dari warna ungu menjadi hijau muda yang dilakukan pada pH 6, 7, dan 8. Penelitian dilakukan dengan mengamati secara visual mulai saat terjadinya

perubahan warna sampai warna menjadi homogen. Secara kuantitatif waktu respon ditentukan dengan nilai *RGB*.

c. Waktu Pakai

Pengujian waktu pakai ini dilakukan dengan pengamatan secara visual kestabilan warna sensor film *edible* setelah kontak dengan pH 6, 7, dan 8 terhadap waktu pada hari ke-7, hari ke-14, hari ke-21 dan seterusnya sampai warnanya berangsur pudar. Pengamatan waktu pakai dilakukan dengan pengamatan secara visual dan melihat nilai *RGB*.

3.5.4 Aplikasi Indikator Film *Edible* pada Sampel

Indikator film *edible* ditempatkan didalam kemasan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). Perubahan warna diamati secara visual untuk memantau pH dan kualitas dari jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm). Label perubahan warna film *edible* dalam memantau kualitas jamur tiram putih dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Label Indikator Film *Edible*

3.5.5 Penurunan Mutu Sampel

a. Nilai pH

Timbang 1 gram jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm) dan tambahkan aquadestilata sebanyak 20 ml, kemudian gerus hingga homogen dan cek pH menggunakan pH meter.

b. Pengukuran Susut Bobot

Pengukuran susut bobot (SB) dari jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm) dilakukan pada pengamatan hari ke 0 (b0) dan setiap pengamatan (bt) yang dilakukan setiap hari dengan menggunakan timbangan analitik.

$$\text{Susut Bobot} = \frac{b_0 - b_t}{b_0} \times 100\%$$

Keterangan :

b0 = berat awal jamur

bt = berat akhir jamur

Hasil susut bobot didapat dengan membandingkan bobot awal dan bobot akhir. Susut bobot jamur tiram dinyatakan dengan persen (%) (Susilo dkk., 2016).

c. Uji Tekstur

Pada penelitian ini dilakukan uji tekstur jamur tiram putih untuk mengetahui nilai tekstur selama penyimpanan. Tekstur jamur tiram putih diukur dengan menggunakan rheotex sedalam 3 mm. Kemudian menekan tombol start sampai terdengar bunyi yang merupakan tanda selesai. Angka yang ditunjukkan jarum rheotex (g) merupakan nilai tekstur dari jamur tiram putih. Pengukuran dilakukan di 5 titik pada setiap sampel.

d. Uji organoleptis

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi sensori untuk mengetahui tingkat penerimaan sensori panelis terhadap jamur tiram putih selama penyimpanan. uji sensori yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji skoring dengan jumlah 10 panelis. Parameter yang diujikan meliputi warna dan bau jamur tiram putih. Pada penilaian sensori ini menggunakan metode uji skoring menggunakan skala numerik. Ada tiga skala penilaian dalam uji skoring ini yaitu segar, masih segar, dan busuk. Batas penolakan responden adalah dibawah skor 1. Skor tersebut dinyatakan sebagai kondisi dimana produk dalam kondisi tidak baik untuk dikonsumsi.

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data percobaan, pembahasan, serta mengacu pada rumusan masalah maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Fabrikasi sensor membran film *edible* dimulai dengan pembuatan membran film *edible* dan ekstrak ubi ungu yang ditambahkan PVA yang berfungsi sebagai bahan pengikat. Waktu imobilisasi optimum pada fabrikasi sensor membran film *edible* yaitu 90 menit dengan konsentrasi PVA 1% dan perbandingan ekstrak 1:3.
2. Karakterisasi membran film *edible* dengan tebal 0,27 mm. Permukaan membran film *edible* sebelum diimobilisasi menunjukkan struktur halus, homogen, dan tanpa pori, sedangkan permukaan membran film *edible* setelah diimobilisasi menunjukkan struktur yang lebih kasar dan berpori. Karakterisasi waktu respon sensor membran film *edible* telah menunjukkan keadaan yang tidak berubah secara signifikan pada menit ke-6. Reprodusibilitas berdasarkan nilai *mean green* menunjukkan bahwa perubahan warna dengan 3 kali pengulangan selama 3 hari memiliki RSD <5%. Sensor membran film *edible* dapat bertahan 13 hari pada penyimpanan suhu ruang dan 17 hari dalam penyimpanan suhu *chiller* dengan kenaikan *mean green* <15%.
3. Indikator pH dapat diaplikasikan sebagai label pintar untuk kesegaran jamur tiram putih dipasaran dengan cara meletakkan sensor pada bagian dalam kemasan jamur tiram putih, kemudian dapat dilihat perubahan warna yang terjadi dengan membandingkan warna yang terdapat pada label.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut berupa pengujian sensor membran film *edible* berbasis indikator alami ekstrak ubi ungu untuk menguji kesegaran produk makanan atau sayuran lainnya.

Disarankan juga menggunakan membran *edible* lain selain membran *edible* berbahan kitosan, pati, dan *nata de coco* dengan tambahan pengawet untuk menghasilkan membran *edible* yang lebih stabil dalam penyimpanan.



DAFTAR PUSTAKA

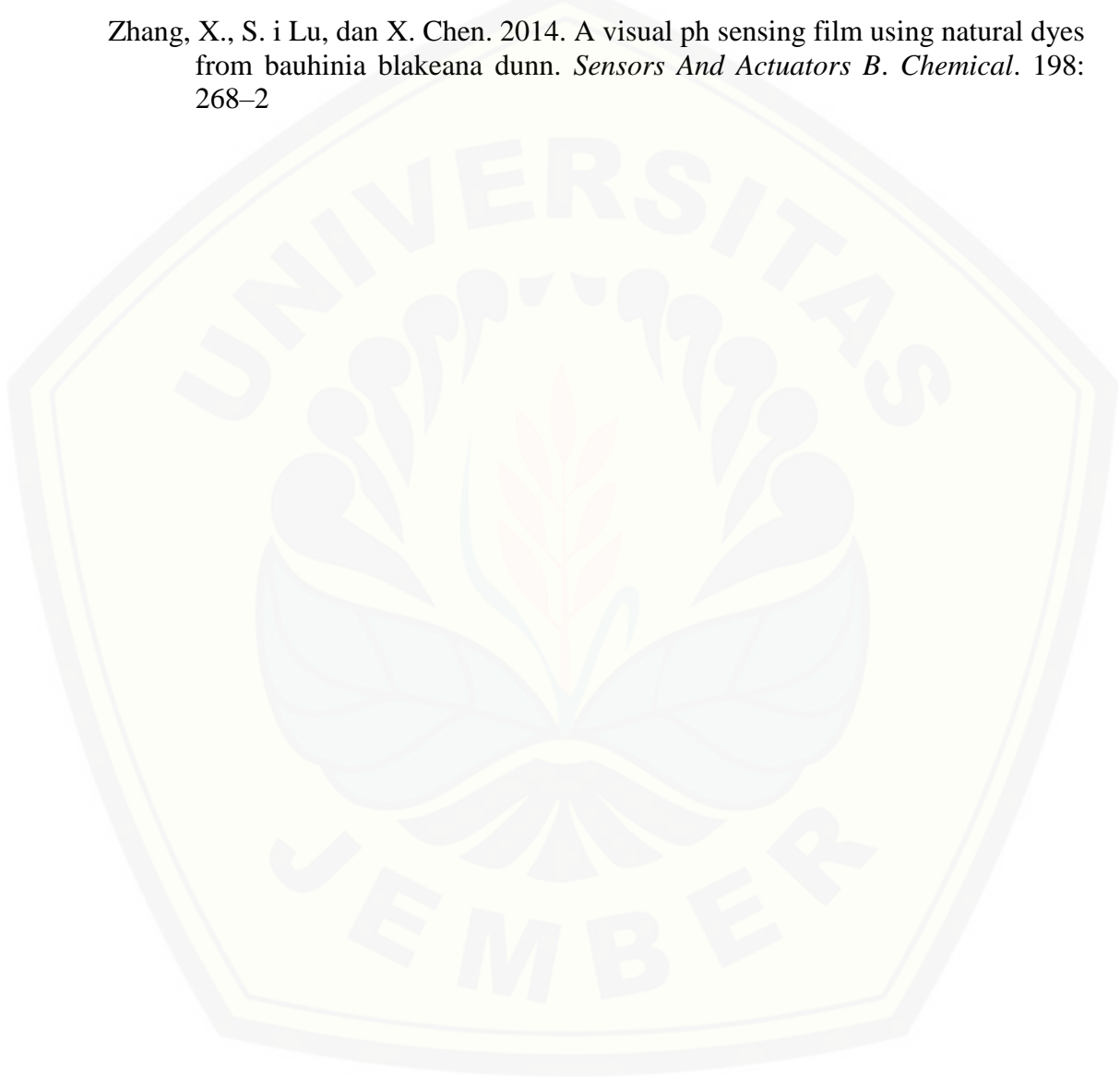
- Agoes, G. 2007. *Teknologi Bahan Alam* Bandung: ITB Press.
- Alam, N., dan Nurhaeni. 2008. Komposisi kimia dan sifat fungsional pati jagung berbagai varietas yang diekstrak dengan pelarut natrium bikarbonat. *Jurnal Agroland*. 15(2): 1.
- Alananbeh, K. M., N. A. Bouqelah, dan N. S. Al Kaff. 2014. Cultivation of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on date-palm leaves mixed with other agro-wastes in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Science*. 21(6): 616-625.
- Alexopoulos, C. J., S. W. Mims, dan M. Blackwell. 1996. *Introductory Mycology, 4th Ed.* New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Amaliya, R. R., dan W. D. R. Putri. 2014. Karakterisasi *edible film* dari pati jagung dengan penambahan filtrat kunyit putih sebagai antibakteri. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3): 2.
- Anas, Y., Nugroho A. E., dan S. Riyanto. 2014. Kajian reversibilitas interaksi marmin terhadap reseptor histamin h₁, asetilkolin muskarinik ach-m₃ dan β₂-adrenergik. *Jurnal Ilmu Farmasi Dan Farmasi Klinik*. 1–8.
- Arianto, D. P., Supriyanto, dan L. K. Muharrani. 2013. Karakteristik jamur tiram (*pleurotus ostreatus*) selama penyimpanan dalam kemasan plastik polypropilen (pp). *Agrointek*. 7(2): 2.
- Armanzah, R. S., dan T. Y. Hendrawati. 2016. Pengaruh waktu maserasi zat antosianin sebagai pewarna alami dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L. Poir*). *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016*. 8 November 2016.
- Barreto, P.L.M., A. T. N. Pires, dan V. Soldi. 2003. Thermal degradation of edible films based on milk proteins and gelatin in inert atmosphere. *Polymer Degradation and Stability*. 79: 147–152.
- Biji, K. B., C. N. Ravishankar, dan C. O. Mohan. 2015. Smart packaging systems for food applications: a review. *J Food Sci Technol*. 52(10): 6.
- Bourtoom, T. 2008. Edible film and coating: characteristic and properties. *International Food Research Journal*. 15(3): 237-248.
- Butler, B. L., Vernago, P. J., Testin, R. F., Bunn, J. M., and Wiles, J. L. 1996. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *J. Food Science*. 61(5) : 953-955.

- Depkes RI. 2000. Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat. Jakarta: departement kesehatan republik indonesia.
- Djarajah, N.M., & Djarajah, A.S. 2001. Budidaya Jamur Tiram Putih. Yogyakarta: Kanisius.
- Domjan, A., J. Bajdik, dan K. P, Hodi. 2009. Understanding of the plasticizing effects of glycerol and peg 400 on chitosan films using solid-state nmr spectroscopy. *Macromolecules*. 42: 1.
- Donhowe, G., dan O. Fennema. 1993. Water vapour and oxygen permeability of wax film. *Journal Of The American Oil Chemists' Society*. 70(9): 867-873.
- Firgianti, G., dan M. Sunyoto. 2018. Karakterisasi fisik dan kimia ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L) varietas biang untuk mendukung penyediaan bahan baku tepung ubi jalar ungu. *Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis UNS Ke 42 Tahun 2018*. 2(1): 4.
- Grotewold, E. 2006. *The science of Flavonoids*. USA: Springer Science and Business Media Inc.
- Hardoko.,L. Hendarto, T. M. Siregar. 2010. Pemanfaatan ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L. Poir) sebagai pengganti sebagian tepung terigu dan sumber antioksidan pada roti tawar. *J. Teknol dan Industri Pangan*. 21(1): 25.
- Jongenelis, M. I., M. Scully, B. Morley, dan I. S. Pratt. 2018. Vegetable and fruit intake in australian adolescents: trends over time and perceptions of consumption. *Appetite*. 129(April):49–54.
- Kannan, V. 2011. Extraction of bioactive compounds from whole red cabbage and beetroot using pulsed electric fields and evaluation of their functionality. *Food Science and Technology*. 1–160.
- Karmaus, A. L., R. Osborn, dan M. Krishan. 2018. Scientific advances and challenges in safety evaluation of food packaging materials: Workshop proceedings. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 98:80-87.
- Kerry, J., dan P Butler. 2008. Food Sciece and technology. *General and Introductory Food Science and Technology. Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods*. England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Koswara, S., H. Purwiyatno, dan H. P. Eko. 2002. Edible film. *J Tekno Pangan dan Agroindustri*. 1(12): 183-196.
- Kuswandi, B. 2010. Sensor Kimia: *Teori, Praktek dan Aplikasi*. Jember: Jember University Press.

- Lee, J., R. W. Durst, dan R. E. Wrolstad. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 88:1269–1278.
- Ma, L., M. Zhang, B. Bhandari, dan Z. Gao. 2017. *Trends in Food Science & Technology*. China.
- Mahmudatussa'adah A.; Dedi F.; Nuri A.; dan Feri K. "Karakteristik Warna dan Aktivitas Antioksidan Antosianin Ubi Jalar Ungu". *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 25: 176-184.
- Marianne, D., N. Westergaard, dan H. Stapelfeldt. 2001. Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems. *Food Chemistry*. 72: 431-437.
- Markakis, P. 1982. Anthocyanins as food additives. *Anthocyanin as Food Colors*. Academic Press. New York. 293 pp.
- Meriatna. 2008. Penggunaan Membran Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Crom (Cr) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Tesis*. Medan: Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Mukhriani. 2014. Ekstraksi, pemisahan senyawa, dan identifikasi senyawa aktif. *Jurnal Kesehatan*. 7(2): 361–367.
- Murni, S. W., H. Pawignyo, D. Widayawati, dan N. Sari. 2013. Pembuatan Edible Film dari Tepung Jagung (*Zea Mays L.*) dan Kitosan. *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. 5 Maret 2013: 2.
- Nofrida, R., E. Warsiki, dan I. Yuliasih. 2013. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap perubahan warna label cerdas indikator warna dari daun erpa (*aerva sanguinolenta*). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 23 (3): 232-241.
- Nugraheni, M. 2014. *Pewarna Alami: Sumber Dan Aplikasinya Pada Makanan Dan Kesehatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Prior, Ronald L., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer, dan C. M. Mainland. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *vaccinium* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46(7):2686–2693.
- Pourjavaher, S., H. Almasi, S. Meshkini, S. Pirsai, dan E. Parandi. 2017. Development of a colorimetric pH indicator based on bacterial cellulose nanofibers and red cabbage (*brassica oleraceae*) extract. *Carbohydrate Polymers*. 156: 2.

- Rein, M. 2005. *Copigmentation reaction and color stability of berry anthocyanin*. Disertasi. Helsinki : Universitas of Helsinki.
- Reinking, L. 2007. Imagej basics. *Word Journal of The International Linguistic Association*. (June): 1-22.
- Riyanto, R., I. Hermana, dan S. Wibowo. 2014. Characteristics of plastic indicator for early warning indicator of fish freshness in a plastic packaging. *JPB Perikanan*. 9(2).
- Rodiana, Y., dan H. Maulana. 2013. Pengkajian Metode Untuk Analisis Total Logam Berat Dalam Sedimen Menggunakan Microwave Digestion Method Assessment For Heavy Metal Analysis In Sediment. *Journal of Biota*. 7(2):71–80.
- Rowe, R. C., P. J. Sheskey, dan S. C. Owen. 2006. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Fifth Edition. London: Pharmaceutical Press.
- Rukmana, R. 1997. Ubi Jalar, Budidaya Dan Pascapanen. Yogyakarta: Kanisius.
- Siro, I. 2012. Active and intelligent packaging of food. *Progress In Food Preservation*. 1: 23-38.
- Skurtys, O., C. Acevedo, F. Pedreschi, J. Enrione, F. Osorio, dan J. M. Aguilera. 2009. *Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings*. Chile: Department of Food Science and Technology, Universidad de Santiago de Chile.
- Srivastava, S., R. Sinha, dan D. Roy, Toxicological effects of malachite green. *Aquatic Toxicology*. 66: 319-329.
- Sumarni. 2006. Botani dan Tinjauan Gizi Jamur Tiram putih. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 4(2): 124-130.
- Suprpti, L. M. 2003. Tepung Ubi Jalar Pembuatan dan Pemanfaatannya. Yogyakarta: Kanisius Yogyakarta.
- Thate, M. R. 2004. Synthesis and Antibacterial Assessment of Water-Soluble Hydrophobic Chitosan Derivatives Bearing Quaternary Ammonium Functionality. *Disertasi*. Louisiana: Louisiana State University.
- Vaikousi, H., C. G. Biliaderis, K. P. Koutsoumanis. 2008. Development of a microbial time/temperature indicator prototype for monitoring the microbiological quality of chilled foods. *Applied And Environmental Microbiology*. 74(10): 3242–3250.
- Widiastuti R, D. 2016. *Kajian Kemasan Pangan Aktif dan Cerdas (Active and Intelligent Food Packaging)*. Jakarta : BPOM.
- Winarno, F.G. 1986. Kimia Pangan dan Gizi. Jakarta: PT. Gramedia.

- Wu, X., G. R. Beecher, J. M. Holden, D. B. Haytowitz, S. E. Gebhardt, dan R. L. Prior. (2006). Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(11): 4069-4075.
- Yam, K.L., P.T. Takhistov, dan J. Miltz. 2005. Intelligent packaging: concepts and applications. *Journal Of Food Science*. 70: 2.
- Zhang, X., S. i Lu, dan X. Chen. 2014. A visual ph sensing film using natural dyes from *bauhinia blakeana dunn*. *Sensors And Actuators B. Chemical*. 198: 268–2



LAMPIRAN

Lampiran 1.a Penentuan Kadar Antosianin Total

Data Absorbansi :

pH 1	Panjang gelombang λ	Absorbansi				
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5
	510 nm	0,430	0,423	0,423	0,467	0,472
	700 nm	0,016	0,014	0,014	0,029	0,032

pH 4,5	Panjang gelombang λ	Absorbansi				
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5
	510 nm	0,132	0,133	0,144	0,148	0,151
	700 nm	0,017	0,014	0,022	0,020	0,015

Perhitungan :

$$A = A_{510} - A_{700} \text{ pH } 1,0 - (A_{510} - A_{700} \text{ pH } 4,5)$$

$$\begin{aligned} A_1 &= (0,430 - 0,016) - (0,132 - 0,017) \\ &= 0,414 - 0,115 \\ &= 0,299 \end{aligned}$$

$$\text{Konsentrasi antosianin } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{A \times \text{BM} \times \text{FP} \times 1000}{\epsilon \times l}$$

$$A_1 = \frac{0,299 \times 449,2 \times 7 \times 1000}{26900 \times 1} = 34,95 \text{ mg/L}$$

$$\Sigma = 35,07 \text{ mg/L}$$

$$\text{SD} = 0,878$$

$$\text{CV} = 0,025 \%$$

Kadar dalam % b/b :

$$A_1 : 34,95 \text{ mg} \sim 1000 \text{ mL}$$

$$x \text{ mg} \sim 400 \text{ mL}$$

$$x = (34,95 \times 400) / 1000$$

$$x = 13,98 \text{ mg} = 13,98 \times 10^{-3} \text{ gram}$$

$$\% \text{ b/b} = (13,98 \times 10^{-3} \text{ gram} / 100 \text{ gram}) \times 100 \%$$

$$= 0,0140 \%$$

$$\Sigma = 0,0140 \%$$

Cara menghitung SD dan % RSD :

$$SD = \frac{\sqrt{(0,0140 - 0,0140)^2 + (0,0136 - 0,0140)^2 + (0,0139 - 0,0140)^2 + (0,0145 - 0,0140)^2 + (0,0142 - 0,0140)^2}}{5-1}$$

$$SD = \frac{\sqrt{(Rep1 - \bar{x})^2 + (Rep2 - \bar{x})^2 + (Rep3 - \bar{x})^2 + (Rep4 - \bar{x})^2 + (Rep5 - \bar{x})^2}}{n-1}$$

$$= 0,0003$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0003}{0,0140} \times 100\%$$

$$= 0,0240 \%$$

Keterangan =

Rep = Replikasi

x = Rata-rata

n = Jumlah replikasi

Cara menghitung SD dan % RSD pada program Ms. Excel :

$$SD = [=STDEV(nilai green rep1,rep2,rep3)]$$

$$RSD = [=SD/mean green]$$

Lampiran 1.b Penentuan Kadar Antosianin Total Setelah 4 Bulan Penyimpanan

Data Absorbansi :

pH 1	Panjang gelombang λ	Absorbansi				
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5
	510 nm	0,246	0,242	0,237	0,239	0,245
	700 nm	0,015	0,019	0,024	0,016	0,021

pH 4,5	Panjang gelombang λ	Absorbansi				
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5
	510 nm	0,067	0,061	0,075	0,055	0,064
	700 nm	0,014	0,017	0,010	0,022	0,028

Perhitungan :

$$A = A_{510} - A_{700} \text{ pH } 1,0 - (A_{510} - A_{700} \text{ pH } 4,5)$$

$$\begin{aligned} A1 &= (0,246 - 0,015) - (0,067 - 0,0104) \\ &= 0,231 - 0,053 \\ &= 0,179 \end{aligned}$$

$$\text{Konsentrasi antosianin } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{A \times \text{BM} \times \text{FP} \times 1000}{\epsilon \times l}$$

$$A1 = \frac{0,179 \times 449,2 \times 7 \times 1000}{26900 \times 1} = 20,80 \text{ mg/L}$$

$$\Sigma = 20,64 \text{ mg/L}$$

$$\text{SD} = 1,970$$

$$\text{CV} = 0,095 \%$$

Kadar dalam % b/b :

$$A1 : 20,80 \text{ mg} \sim 1000 \text{ mL}$$

$$x \text{ mg} \sim 400 \text{ mL}$$

$$x = (20,80 \times 400) / 1000$$

$$x = 8,320 \text{ mg} = 8,320 \times 10^{-3} \text{ gram}$$

$$\% \text{ b/b} = (8,320 \times 10^{-3} \text{ gram} / 100 \text{ gram}) \times 100 \%$$

$$= 0,0083 \%$$

$$\Sigma = 0,0083 \%$$

Cara menghitung SD dan % RSD :

$$SD = \frac{\sqrt{(0,0083 - 0,0083)^2 + (0,0084 - 0,0083)^2 + (0,0070 - 0,0083)^2 + (0,0088 - 0,0083)^2 + (0,0080 - 0,0083)^2}}{5-1}$$

$$SD = \frac{\sqrt{(Rep1-\bar{x})^2 + (Rep2-\bar{x})^2 + (Rep3-\bar{x})^2 + (Rep4-\bar{x})^2 + (Rep5-\bar{x})^2}}{n-1}$$

$$= 0,0007$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0007}{0,0083} \times 100\%$$

$$= 0,084 \%$$

Keterangan =

Rep = Replikasi

x = Rata-rata

n = Jumlah replikasi

Cara menghitung SD dan % RSD pada program Ms. *Excel* :

$$SD = [=STDEV(nilai green rep1,rep2,rep3)]$$

$$RSD = [=SD/mean green]$$

Lampiran 1.c % Penurunan Kadar Antosianin Setelah Penyimpanan Selama 4 Bulan

$$\% \text{ Penurunan Kadar Antosianin} = \frac{\text{Kadar antosianin akhir}}{\text{Kadar antosianin awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{20,64}{35,07} \times 100\%$$

$$= 58,85 \%$$

Lampiran 2. Morfologi (SEM) Membran Film *Edible***a. Membran Sebelum Imobilisasi Ekstrak Ubi Ungu**

Perbesaran 100x

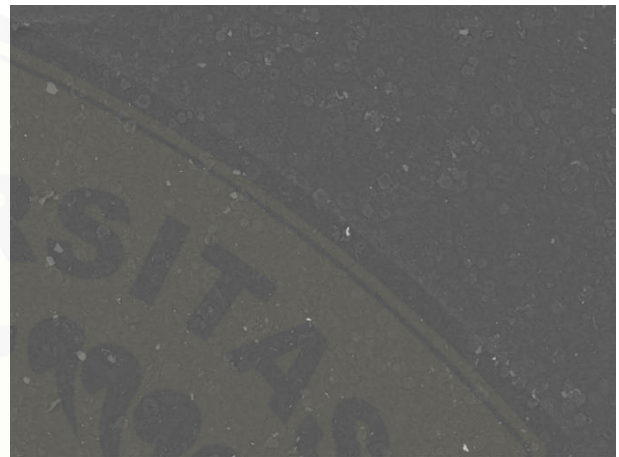


TM3000_0430

2019/04/22 15:37 H

1 mm

Perbesaran 200x

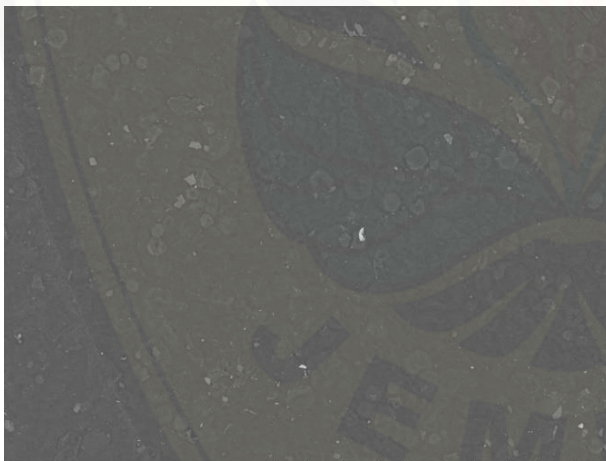


TM3000_0431

2019/04/22 15:39 H

500 um

Perbesaran 300x



TM3000_0432

2019/04/22 15:40 H

300 um

Perbesaran 400x

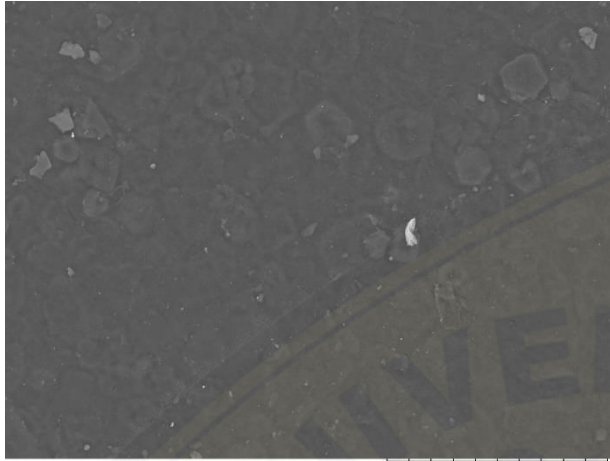


TM3000_0433

2019/04/22 15:42 H

200 um

Perbesaran 500x



TM3000_0435 2019/04/22 15:45 H 100 um

Perbesaran 600x



TM3000_0436 2019/04/22 15:46 H 100 um

Perbesaran 800x



TM3000_0437 2019/04/22 15:48 H 100 um

Perbesaran 1000x



TM3000_0438 2019/04/22 15:50 H 30 um

b. Membran Sesudah Imobilisasi Ekstrak Ubi Ungu

Perbesaran 100x



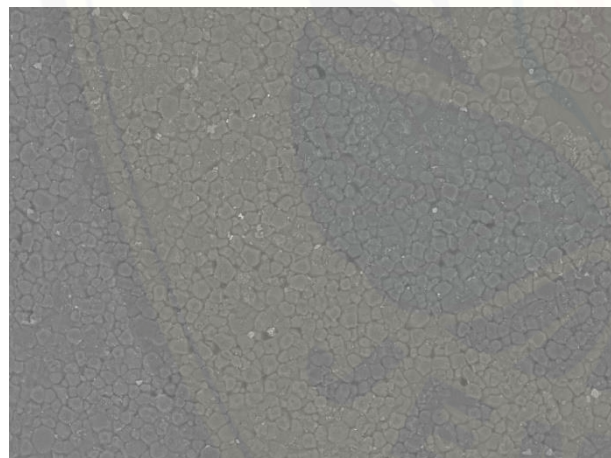
TM3000_0484 2019/04/30 11:28 H 1 mm

Perbesaran 200x



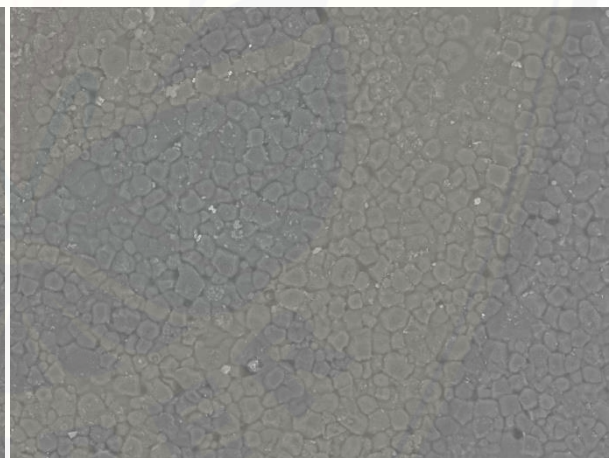
TM3000_0494 2019/04/30 11:49 H 500 um

Perbesaran 300x



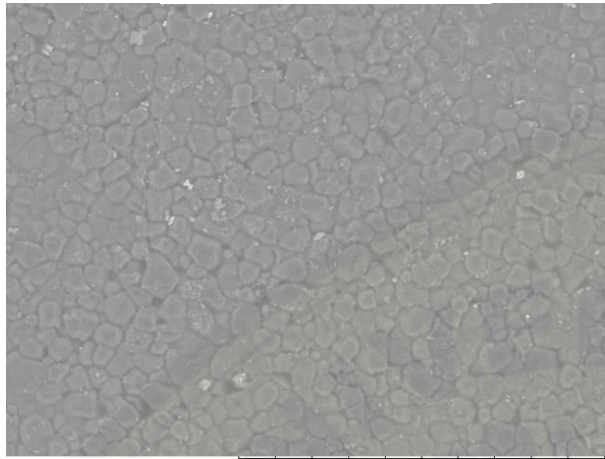
TM3000_0495 2019/04/30 11:54 H 300 um

Perbesaran 400x



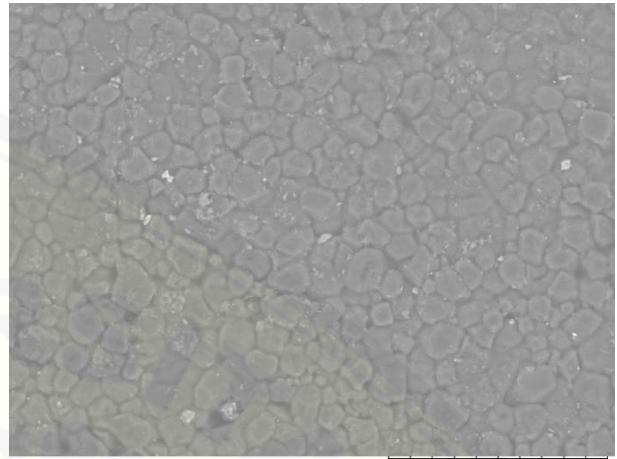
TM3000_0496 2019/04/30 11:57 H 200 um

Perbesaran 500x



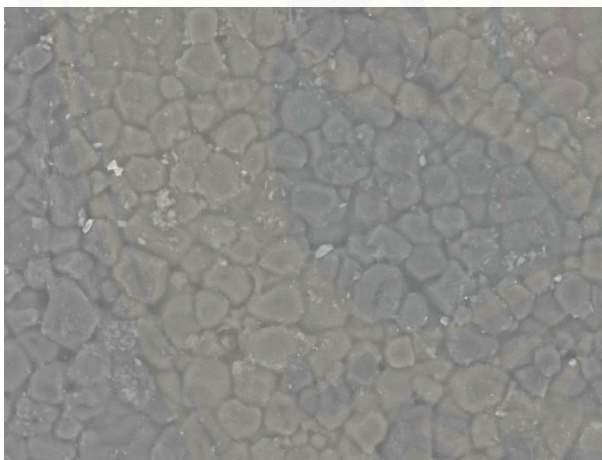
TM3000_0486 2019/04/30 11:32 H 200 um

Perbesaran 600x



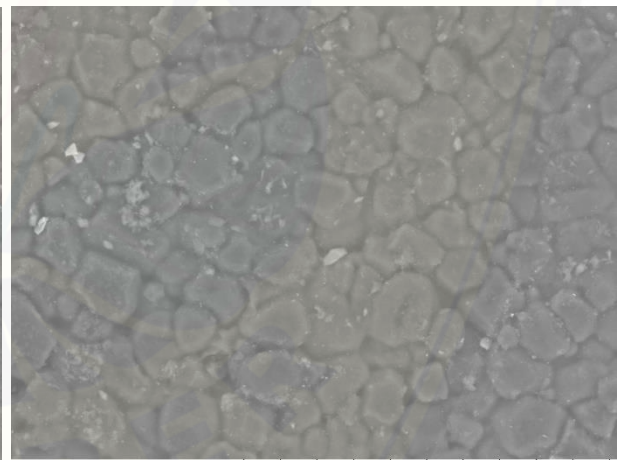
TM3000_0487 2019/04/30 11:34 H 100 um

Perbesaran 800x



TM3000_0489 2019/04/30 11:40 H 100 um

Perbesaran 1000x



TM3000_0490 2019/04/30 11:42 H 100 um

Lampiran 3. Ketebalan Membran Film *Edible*

Replikasi	Ketebalan (cm)
1	0,28
2	0,26
3	0,27
Rata-rata	0,27
SD	0,01
%RSD	0,04

Lampiran 4. Optimasi Sensor Kesegaran Jamur Tiram Putih

Lampiran 4.a Optimasi Waktu Imobilisasi

Menit	Nilai <i>green</i>			Mean <i>green</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
15	151,683	154,492	156,325	154,167	2,338	0,015
30	134,319	132,630	137,014	134,654	2,211	0,016
45	98,297	99,793	101,751	99,947	1,732	0,017
60	91,294	90,713	90,399	90,802	0,454	0,005
90	82,671	84,118	81,495	82,761	1,314	0,016
120	83,988	83,475	80,604	82,689	1,824	0,022







Lampiran 4.b Optimasi Perbandingan Bahan Pengikat (PVA) dengan Ekstrak

PVA 0,1% : Ekstrak (10 ml)	Nilai <i>green</i>			Mean <i>green</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
1 : 1	138,076	134,987	135,551	136,205	1,645	0,012
1 : 2	112,718	112,891	111,243	112,284	0,906	0,008
1 : 3	84,019	84,232	85,033	84,428	0,535	0,006




Lampiran 4.c Optimasi Konsentrasi Bahan Pengikat (PVA)

% PVA : 3 Ekstrak (10 ml)	Nilai <i>green</i>			Mean <i>green</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
0,1%	84,019	84,232	85,033	84,428	0,535	0,006
1%	88,084	90,526	89,849	89,486	1,261	0,014
1,5%	115,092	114,521	117,182	115,598	1,401	0,012
2%	125,904	127,800	121,665	125,123	3,141	0,025


Gambar Visualisasi Membran Pada Optimasi Waktu Imobilisasi

Waktu Imobilisasi	Setelah di Imobilisasikan	<i>Mean Green</i>
15 menit		154,167±2,338
30 menit		134,654±2,211
45 menit		99,947±1,732
60 menit		90,802±0,454
90 menit		82,761±1,314
120 menit		82,689±1,824

Gambar Visualisasi Membran Pada Optimasi Konsentrasi Ekstrak Ubi Ungu

PVA 0,1% : Ekstrak	Setelah di Imobilisasikan	<i>Mean Green</i>
1 : 1		136,205±1,645
1 : 2		112,284±0,906
1 : 3		84,428±0,535

Gambar Visualisasi Membran Pada Optimasi Konsentrasi PVA

PVA : Ekstrak	Setelah di Imobilisasikan	<i>Mean Green</i>
1 % : 3		89,486±1,261
1,5 % : 3		115,598±1,401
2 % : 3		125,123±3,141

Cara menghitung SD dan % RSD secara manual :

$$SD = \frac{\sqrt{(Rep1-\bar{x})^2 + (Rep2-\bar{x})^2 + (Rep3-\bar{x})^2 + (Rep4-\bar{x})^2 + (Rep5-\bar{x})^2}}{n-1}$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan =

Rep = Replikasi

x = Rata-rata

n = Jumlah replikasi

Cara menghitung SD dan % RSD pada program Ms. *Excel* :

$$SD = [=STDEV(nilai\ green\ rep1,rep2,rep3)]$$

$$RSD = [=SD/mean\ green]$$

Lampiran 5. Waktu Respon

Lampiran 5.a Waktu Respon Pada pH Segar

Menit	Nilai green			Mean green	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
1	95,233	93,874	96,212	95,106	1,174	0,012
2	96,220	96,899	97,511	96,877	0,646	0,007
3	96,996	99,785	97,912	98,231	1,422	0,014
4	98,868	100,531	102,691	100,697	1,917	0,019
5	99,561	100,982	102,863	101,135	1,656	0,016
6	101,843	102,145	103,518	102,502	0,893	0,009
7	102,101	102,555	103,782	102,813	0,870	0,008
8	102,242	102,732	104,021	102,998	0,919	0,009
9	105,057	104,349	108,856	106,087	2,424	0,023
10	105,956	108,365	110,385	108,235	2,217	0,020

Lampiran 5.b Waktu Respon Pada pH Busuk

Menit	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
1	108,519	112,718	110,287	110,508	2,108	0,019
2	111,977	114,457	115,497	113,977	1,808	0,016
3	113,568	114,698	116,367	114,878	1,408	0,012
4	114,634	117,888	116,606	116,376	1,639	0,014
5	115,786	119,325	117,495	117,535	1,770	0,015
6	116,856	120,153	118,843	118,617	1,660	0,014
7	117,145	120,762	118,988	118,965	1,809	0,015
8	117,408	121,066	119,261	119,245	1,829	0,015
9	121,487	125,675	124,966	124,043	2,241	0,018
10	127,519	127,718	125,287	126,841	1,350	0,011

Lampiran 6. Reprodusibilitas

Lampiran 6.a Reprodusibilitas Pada pH Segar

Hari	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
1	98,862	101,539	102,348	100,916	1,825	0,018
2	103,511	99,563	101,862	101,645	1,983	0,020
3	104,332	99,457	102,295	102,028	2,448	0,024

Lampiran 6.b Reprodusibilitas Pada pH Busuk

Hari	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
1	118,828	124,563	120,256	121,216	2,986	0,025
2	122,760	118,782	115,840	119,127	3,473	0,029
3	119,489	121,772	117,037	119,433	2,368	0,020

Cara menghitung SD dan % RSD secara manual :

$$SD = \frac{\sqrt{(Rep1-\bar{x})^2 + (Rep2-\bar{x})^2 + (Rep3-\bar{x})^2 + (Rep4-\bar{x})^2 + (Rep5-\bar{x})^2}}{n-1}$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan =

Rep = Replikasi

x = Rata-rata

n = Jumlah replikasi

Cara menghitung SD dan % RSD pada program Ms. *Excel* :

$$SD = [=STDEV(nilai\ green\ rep1,rep2,rep3)]$$

$$RSD = [=SD/mean\ green]$$

Lampiran 7. Waktu Pakai Sensor Kesegaran Jamur Tiram Putih

Lampiran 7.a Waktu Pakai Pada pH Segar dalam Suhu Ruang

Hari	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	% RSD	% Kenaikan <i>mean green</i>
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3				
1	96,018	95,514	97,851	96,461	1,230	0,013	0,000
2	95,044	96,577	99,792	97,138	2,423	0,025	0,701
3	97,331	99,533	96,857	97,907	1,428	0,015	1,499
4	99,058	98,533	96,887	98,159	1,133	0,012	1,761
5	96,381	100,839	99,137	98,786	2,250	0,023	2,410
6	99,769	100,475	101,918	100,721	1,095	0,011	4,416
7	100,584	103,333	99,986	101,301	1,785	0,018	5,018
8	100,432	102,825	104,571	102,609	2,078	0,020	6,374
9	105,589	103,286	107,387	105,421	2,056	0,019	9,288
10	104,909	106,604	109,714	107,076	2,437	0,023	11,004
11	107,427	108,516	112,545	109,496	2,696	0,025	13,513
12	107,488	112,340	111,873	110,567	2,677	0,024	14,624
13	110,271	108,609	113,689	110,856	2,590	0,023	14,923
14	109,799	113,147	111,034	111,327	1,693	0,015	15,411
15	114,059	111,477	116,442	113,993	2,483	0,022	18,175
16	113,433	115,865	117,028	115,442	1,834	0,016	19,677
17	116,786	116,388	119,317	117,497	1,589	0,014	21,808
18	119,428	116,657	117,931	118,005	1,387	0,012	22,335
19	117,815	118,975	121,714	119,501	2,002	0,017	23,886
20	119,472	121,334	123,513	121,440	2,023	0,017	25,895

Lampiran 7.b Waktu Pakai Pada pH Busuk dalam Suhu Ruang

Hari	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	% RSD	% Kenaikan <i>mean green</i>
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3				
1	112,660	110144	113,378	112,061	1,698	0,015	0,000
2	111,379	114,663	110,717	112,253	2,113	0,019	0,171
3	111,092	115,657	113,225	113,325	2,284	0,020	1,128
4	113,620	114,135	112,769	113,508	0,690	0,006	1,291
5	112,725	114,447	115,269	114,147	1,298	0,011	1,861
6	116,054	112,962	114,673	114,563	1,549	0,014	2,233
7	114,741	115,456	117,578	115,925	1,476	0,013	3,448
8	117,479	118,669	116,284	117,477	1,193	0,010	4,833
9	118,767	114,916	121,738	118,474	3,420	0,029	5,722
10	120,646	117,846	122,028	120,173	2,131	0,018	7,239
11	121,928	125,189	126,831	124,649	2,496	0,020	11,233
12	126,089	125,258	129,863	127,070	2,454	0,019	13,394
13	125,958	128,728	130,001	128,229	2,067	0,016	14,428
14	127,906	131,109	129,908	129,641	1,618	0,012	15,688
15	130,972	131,211	132,135	131,439	0,614	0,005	17,293
16	129,329	134,459	131,860	131,883	2,565	0,019	17,688
17	135,669	131,621	133,074	133,455	2,051	0,015	19,091
18	134,416	138,070	132,937	135,141	2,642	0,020	20,596
19	132,846	135,963	137,449	135,419	2,349	0,017	20,844
20	133,985	136,347	139,451	136,594	2,741	0,020	21,893

Lampiran 7.c Waktu Pakai Pada pH Segar dalam Suhu *Chiller*

Hari	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	% RSD	% Kenaikan <i>mean green</i>
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3				
1	95,441	96,298	98,368	96,702	1,505	0,016	0,000
2	97,550	97,046	95,742	96,779	0,933	0,010	0,080
3	96,770	98,885	95,295	96,983	1,804	0,019	0,291
4	97,596	98,823	96,215	97,545	1,305	0,013	0,871
5	99,933	96,244	98,543	98,240	1,863	0,019	1,590
6	98,309	97,776	100,093	98,726	1,213	0,012	2,093
7	100,224	102,519	99,388	100,710	1,621	0,016	4,145
8	101,474	104,072	104,318	103,288	1,576	0,015	6,810
9	104,835	103,558	101,605	103,333	1,627	0,016	6,856
10	104,247	103,258	105,569	104,358	1,159	0,011	7,917
11	106,578	107,036	102,916	105,510	2,258	0,021	9,108
12	105,224	107,519	106,216	106,320	1,151	0,011	9,945
13	107,815	108,874	105,019	107,236	1,992	0,019	10,893
14	109,307	107,982	110,957	109,415	1,490	0,014	13,147
15	110,073	111,399	110,467	110,646	0,681	0,006	14,420
16	112,574	109,435	111,154	111,054	1,572	0,014	14,841
17	111,026	113,864	108,431	111,107	2,717	0,024	14,896
18	112,547	110,482	115,813	112,947	2,688	0,024	16,799
19	117,388	115,815	118,874	117,359	1,530	0,013	21,361
20	116,019	119,317	120,867	118,734	2,476	0,021	22,783




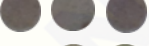


Lampiran 7.d Waktu Pakai Pada pH Busuk dalam Suhu *Chiller*

Hari	Nilai green			Mean green	SD	% RSD	% Kenaikan mean green
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3				
1	114,394	112,794	115,079	114,089	1,173	0,010	0,000
2	114,438	116,674	112,276	114,463	2,199	0,019	0,328
3	116,849	111,509	115,231	114,530	2,738	0,024	0,386
4	114,673	112,742	117,953	115,123	2,634	0,023	0,906
5	117,622	114,533	114,915	115,690	1,684	0,015	1,403
6	116,842	117,371	116,365	116,859	0,503	0,004	2,428
7	119,162	118,434	115,673	117,756	1,841	0,016	3,214
8	117,808	119,518	116,144	117,823	1,687	0,014	3,273
9	116,539	118,034	119,554	118,042	1,508	0,013	3,465
10	119,650	116,735	120,403	118,929	1,937	0,016	4,243
11	119,028	115,659	122,707	119,131	3,525	0,030	4,420
12	118,812	122,886	117,469	119,722	2,821	0,024	4,938
13	122,886	120,315	119,473	120,891	1,778	0,015	5,962
14	123,558	120,602	126,674	123,611	3,036	0,025	8,346
15	125,388	128,761	124,761	126,303	2,151	0,017	10,706
16	127,281	132,687	129,998	129,989	2,703	0,021	13,936
17	129,969	127,688	132,812	130,156	2,567	0,020	14,083
18	133,861	130,546	134,829	133,079	2,246	0,017	16,645
19	130,095	135,090	134,247	133,144	2,674	0,020	16,702
20	131,848	134,874	136,024	134,249	2,157	0,016	17,670












$$\text{Kenaikan mean green} = \frac{(\text{nilai mean green akhir} - \text{nilai mean green awal})}{\text{nilai mean green awal}} \times 100\%$$

Lampiran 8. Data Hasil Pengamatan Perubahan Warna Sensor Kesegaran Jamur Tiram Putih Berdasarkan *ImageJ*

Lampiran 8.a Perubahan Warna Sensor Kesegaran Jamur Tiram Putih Pada Suhu Ruang

Hari	Perubahan warna	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	% RSD
		Rep 1	Rep 2	Rep 3			
0		97,707	97,138	98,284	97,710	0,573	0,006
1		102,654	103,041	102,312	102,669	0,365	0,004
2		114,322	112,395	113,758	113,492	0,991	0,009
3		117,657	119,325	122,816	119,933	2,633	0,022
4		130,272	127,231	129,493	128,999	1,580	0,012
5		134,755	130,368	131,339	132,154	2,304	0,017

Lampiran 8.b Perubahan Warna Sensor Kesegaran Jamur Tiram Putih Pada Suhu *Chiller*

Hari	Perubahan warna	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	% RSD
		Rep 1	Rep 2	Rep 3			
0		91,917	89,906	87,439	89,754	2,243	0,025
1		95,707	97,138	98,284	97,043	1,291	0,013
2		98,845	102,251	99,543	100,213	1,799	0,018
3		107,594	108,674	111,968	109,412	2,278	0,021
4		109,519	112,353	111,718	111,197	1,487	0,013
5		116,211	114,320	121,930	117,487	3,962	0,034
6		123,921	121,932	125,475	123,776	1,776	0,014
7		123,787	130,507	127,196	127,163	3,360	0,026
8		133,196	129,684	126,125	129,668	3,536	0,027
9		137,413	133,997	132,101	134,504	2,692	0,020
10		139,398	143,981	138,508	140,629	2,937	0,021

Lampiran 9. Data Hasil Pengamatan pH Jamur Tiram Putih Segar dan Busuk

Lampiran 9.a Nilai pH Suhu Ruang

Hari	pH			Rata-rata	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
Hari 0	5,35	5,35	5,33	5,34	0,009	0,002
Hari 1	6,35	6,34	6,36	6,35	0,007	0,001
Hari 2	6,58	6,67	6,59	6,61	0,048	0,007
Hari 3	6,88	6,86	6,82	6,85	0,034	0,005
Hari 4	7,20	7,12	7,23	7,18	0,060	0,008
Hari 5	7,86	7,82	7,84	7,84	0,020	0,003

Lampiran 9.b Nilai pH Suhu *Chiller*

Hari	Nilai pH			Rat-rata	SD	% RSD
	Rep.1	Rep. 2	Rep. 3			
Hari 0	5,32	5,37	5,36	5,35	0,026	0,005
Hari 1	5,65	5,62	5,69	5,65	0,035	0,006
Hari 2	5,86	5,89	5,83	5,86	0,030	0,005
Hari 3	6,07	6,12	6,06	6,08	0,032	0,005
Hari 4	6,36	6,37	6,33	6,35	0,021	0,003
Hari 5	6,58	6,55	6,60	6,58	0,025	0,004
Hari 6	6,84	6,88	6,81	6,84	0,035	0,005
Hari 7	7,17	7,19	7,23	7,20	0,031	0,004
Hari 8	7,43	7,42	7,46	7,44	0,021	0,003
Hari 9	7,81	7,88	7,85	7,85	0,035	0,004
Hari 10	8,23	8,17	8,22	8,21	0,032	0,004

$$\text{pH jamur segar} = (5,343 - 0,009) - (5,343 + 0,009) = 5,334 - 5,352$$

$$\text{pH jamur busuk} = (6,852 - 0,034) - (6,852 + 0,034) = 6,818 - 6,886$$

Cara menghitung SD dan % RSD secara manual :

$$SD = \frac{\sqrt{(Rep1-\bar{x})^2 + (Rep2-\bar{x})^2 + (Rep3-\bar{x})^2 + (Rep4-\bar{x})^2 + (Rep5-\bar{x})^2}}{n-1}$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan =

Rep = Replikasi

x = Rata-rata

n = Jumlah replikasi

Cara menghitung SD dan % RSD pada program Ms. Excel :

$$SD = [=STDEV(\text{nilai green rep1,rep2,rep3})]$$

$$RSD = [=SD/\text{mean green}]$$

Lampiran 10. Susut Bobot

Lampiran 10.a Susut Bobot pada Suhu Ruang

Hari	Bobot Jamur (gram)			Rata-rata	Susut Bobot (%)
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3		
1	49,9548	49,4275	49,8066	49,7296	1,0007
2	48,3733	48,4874	48,3673	48,4093	3,6291
3	46,1686	45,9465	46,1556	46,0902	8,2459
4	43,0587	43,8801	43,358	43,4323	13,5371
5	41,2632	40,3663	40,217	40,7504	18,8761

Lampiran 10.b Susut Bobot pada Suhu *Chiller*

Hari	Bobot Jamur (gram)			Rata-rata	Susut Bobot (%)
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3		
1	51,2355	52,4274	51,2695	51,6441	1,3823
2	50,2468	51,8839	50,6537	50,9281	2,7502
3	49,3248	51,1444	50,1155	50,1949	4,1503
4	48,5877	50,3809	49,4012	49,4566	5,5602
5	47,8489	49,7461	48,7175	48,7708	6,8697
6	47,0550	49,1887	47,2341	47,8259	8,6740
7	46,6791	48,7417	47,5654	47,6621	8,9869
8	45,9975	48,0525	46,8742	46,9747	10,2994
9	45,3953	47,4663	46,2708	46,3775	11,4399
10	44,8101	46,5466	45,4336	45,5968	12,9307

Cara menghitung %Susut Bobot :

$$\text{Susut Bobot} = \frac{b_0 - b_t}{b_0} \times 100\%$$

Keterangan :

b₀ = berat awal jamur

b_t = berat akhir jamur

Lampiran 11. Uji Tekstur

a. Tekstur Pada Suhu Ruang

Hari	Tekstur					Rata-Rata	SD	%RSD
	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4	Rep.5			
0	46	39	49	44	48	45	3,962	0,088
1	31	32	35	29	37	33	3,194	0,097
2	25	22	28	26	21	24	2,881	0,118
3	17	20	18	23	20	20	2,302	0,117
4	16	14	18	20	17	17	2,236	0,132
5	15	9	11	7	10	10	2,966	0,285

b. Tekstur Pada Suhu *Chiller*

Hari	Tekstur					Rata-Rata	SD	%RSD
	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4	Rep.5			
0	47	51	41	45	48	46	3,715	0,080
1	49	35	44	30	33	38	7,981	0,209
2	39	35	32	40	29	35	4,637	0,132
3	30	26	34	31	28	30	3,033	0,102
4	29	23	28	25	21	25	3,347	0,133
5	17	21	26	19	23	21	3,493	0,165
6	13	18	15	17	13	15	2,280	0,150
7	12	15	11	16	17	14	2,588	0,182
8	9	13	7	12	8	10	2,588	0,264
9	10	8	11	6	9	9	1,924	0,219

Lampiran 12. Kuesioner Kuesioner *Sensory evaluation***Nama panelis :****Instruksi :**

Dihadapan anda terdapat 2 sampel jamur tiram putih dengan tempat penyimpanan yang berbeda yaitu suhu ruang dan suhu *chiller*, nyatakan seberapa jauh anda menilai kesegaran jamur tiram putih tersebut dengan memberi skor 1-3 pada pernyataan dibawah ini dalam hal warna dan bau jamur tiram putih.

Penyimpanan suhu ruang :

Penilaian	Hari					
	0	1	2	3	4	5
Warna						
Bau						

Penyimpanan suhu *chiller* :

Penilaian	Hari										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Warna											
Bau											

Keterangan :

- 1 = Busuk (jamur tiram putih berwarna kuning dan berbau menyengat/busuk)
- 2 = Masih segar (jamur tiram putih berwarna putih kekuningan dan bau khas jamur sedikit berkurang)
- 3 = Segar (jamur tiram putih berwarna putih dan berbau khas jamur)

d. Nilai Panelis Warna Pada Suhu *Chiller*

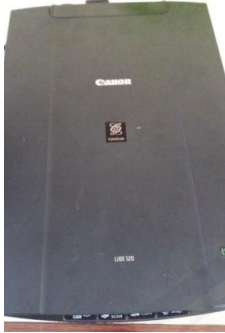
Hari ke-	Nilai Panelis Warna										Nilai rata-rata	SD
	P. 1	P. 2	P. 3	P. 4	P. 5	P. 6	P. 7	P. 8	P. 9	P. 10		
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0,000
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0,000
2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2.7	0,170
3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2.2	0,182
4	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2.1	0,143
5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0,000
6	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1.7	0,270
7	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1.3	0,353
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,000
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,000
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,000

Lampiran 13. Kemasan



Lampiran 14. Dokumentasi

Alat Penelitian



A



B



C



D



E



F



G

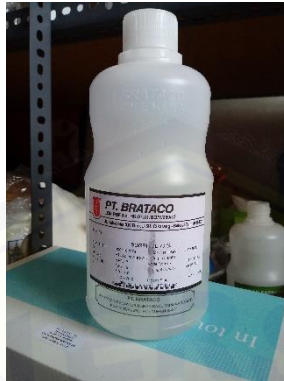
Keterangan :

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| A = <i>Scanner</i> | B = <i>Oven</i> |
| C = <i>Cetakan</i> | D = <i>Stirrer</i> |
| E = <i>pH meter</i> | F = <i>Gelas ukur</i> |
| G = <i>Rheotex</i> | |

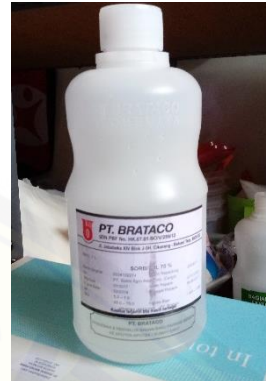
Bahan Penelitian



A



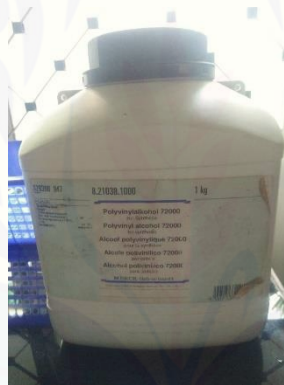
B



C



D



E



F

Keterangan :

A = Etanol

B = Sorbitol

C = Gliserol

D = Ekstrak ubi ungu

E = Polivinil Alkohol

F = Jamur tiram putih