



**PENGEMBANGAN SENSOR OKSIGEN UNTUK DETEKSI
KEBOCORAN PADA KEMASAN PANGAN (KERUPUK
RAMBAK)**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program Sarjana Farmasi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

Oleh

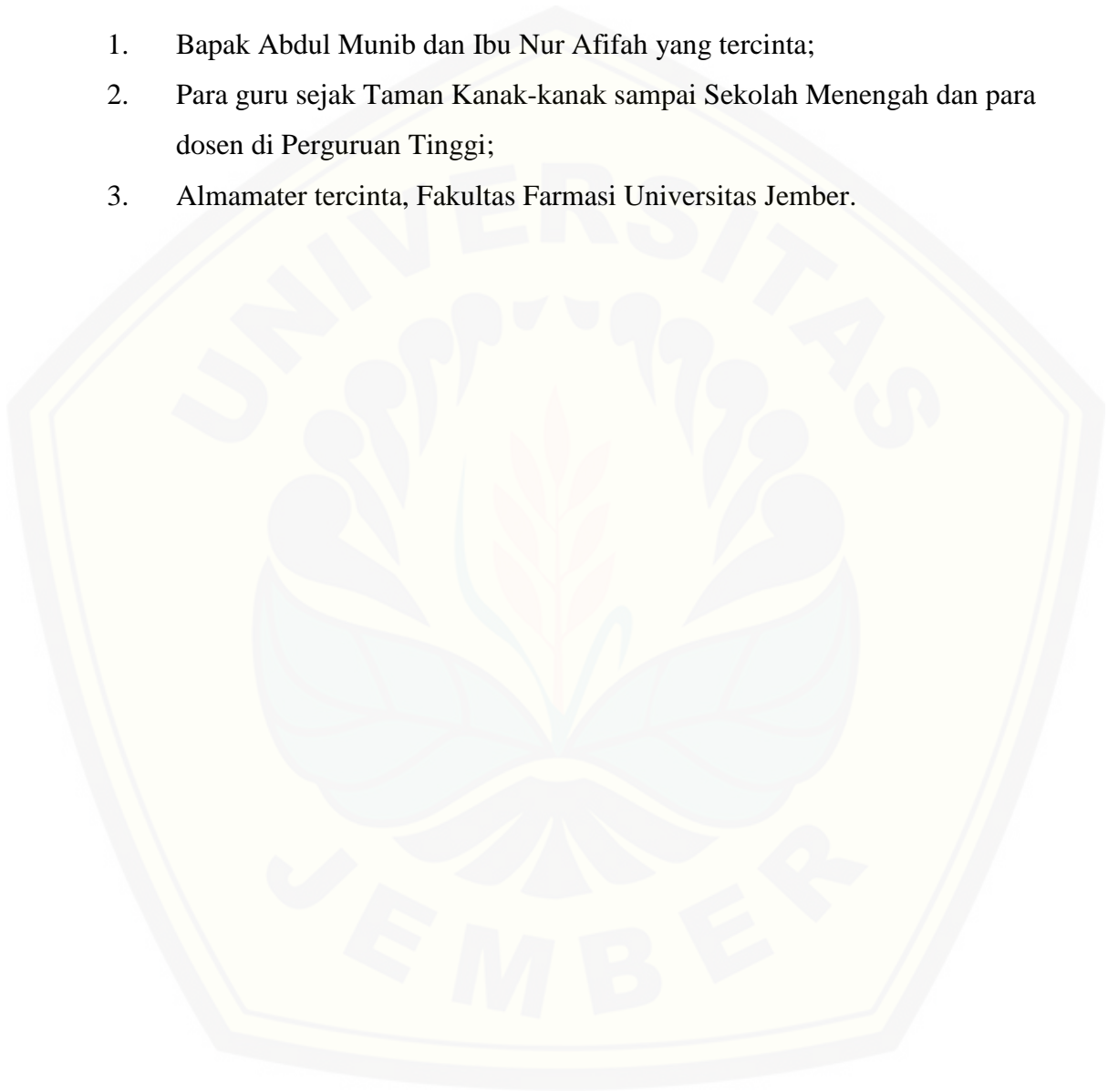
Ain Rahmania
NIM 142210101013

FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER
2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Bapak Abdul Munib dan Ibu Nur Afifah yang tercinta;
2. Para guru sejak Taman Kanak-kanak sampai Sekolah Menengah dan para dosen di Perguruan Tinggi;
3. Almamater tercinta, Fakultas Farmasi Universitas Jember.



MOTO

Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya
bersama kesulitan itu ada kemudahan.
(Terjemahan surat Al-Insyirah ayat 5-6)*)

Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.
(Terjemahan surat Al-Baqarah ayat 286)*)



*Departemen Agama Republik Indonesia. 2007. *Syaamil Al-Qur'an Terjemah Per-Kata*. Bandung: CV Haekal Media Centre.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ain Rahmania

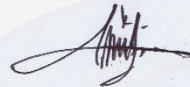
Nim : 142210101013

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul Pengembangan Sensor Oksigen untuk Deteksi Kebocoran pada Kemasan Pangan (Kerupuk Rambak) adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta 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 adanya ikatan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 8 Juni 2018

Yang menyatakan,



Ain Rahmania

NIM 142210101013

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN SENSOR OKSIGEN UNTUK DETEKSI
KEBOCORAN PADA KEMASAN PANGAN (KERUPUK
RAMBAK)**

Oleh

Ain Rahmania
NIM 142210101013

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Pengembangan Sensor Oksigen untuk Deteksi Kebocoran pada Kemasan Pangan (Kerupuk Rambak)” karya Ain Rahmania telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Farmasi Universitas Jember pada:

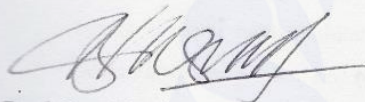
hari, tanggal : Jumat, 8 Juni 2018

tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember.

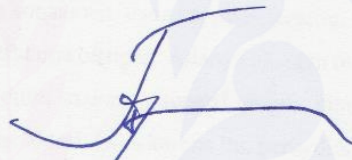
Tim Penguji:

Ketua

Anggota I



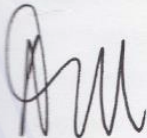
Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc., Ph.D.
NIP 196902011994031002



Indah Purnama Sary, S.Si., M.Farm., Apt.
NIP 198304282008122004

Anggota II

Anggota III



Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt.
NIP 197604142002122001

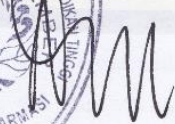


Ari Satia Nugraha S.F., GdipSc, M.Sc-Res, Ph.D., Apt.
NIP 197807212003121001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,




Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt.
NIP 197604142002122001

RINGKASAN

Pengembangan Sensor Oksigen untuk Deteksi Kebocoran pada Kemasan Pangan (Kerupuk Rambak); Ain Rahmania, 142210101013; 2018:71 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Kemasan adalah bagian yang melindungi produk dari berbagai faktor yang dapat menyebabkan hilangnya mutu produk. Hal tersebut berkaitan dengan higienitas dari produk serta mutu dan keamanan dari produk yang dikemas terutama pada produk pangan. Namun tidak menutup kemungkinan, kemasan dapat pula rusak atau bocor yang tidak diketahui oleh konsumen. Pada kejadian tersebut terjadi peningkatan gas yang berasal dari udara terutama oksigen. Adanya oksigen didalam kemasan dapat menyebabkan hilangnya mutu makanan seperti tengik, hilangnya tekstur atau kerenyahan serta pertumbuhan bakteri. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan *smart label* sebagai sensor oksigen untuk deteksi kebocoran pada kemasan pangan yang sensitif terhadap oksigen. Indikator yang digunakan adalah metilen biru dan diaplikasikan pada kemasan pangan yang mudah hilang kerenyahannya yaitu kerupuk rambak. Tujuan penelitian untuk mengetahui kondisi optimum membran sensor, karakteristik sensor, kualitas sampel dan aplikasi *smart label* pada kemasan kerupuk rambak. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu konsumen dalam mengetahui keamanan serta mutu pangan serta dapat dimanfaatkan sebagai sensor kebocoran pada sediaan farmasi yang sensitif terhadap oksigen.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik. Pertama dilakukan optimasi membran sensor yang meliputi konsentrasi indikator metilen biru, konsentrasi glukosa dan pemilihan jenis matriks. Optimasi konsentrasi indikator metilen biru pada berbagai konsentrasi yaitu 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm. Optimasi konsentrasi glukosa pada berbagai konsentrasi yaitu 0,1%; 0,25%; 0,5%; 1%; 2%; 3%; 4% dan 5%. Sedangkan pemilihan jenis matriks dilakukan pada tiga jenis matriks yaitu gelatin, agar dan kertas whatman serta kertas

whatman saja. Setelah didapatkan kondisi yang optimum, kemudian dilakukan karakterisasi sensor yang meliputi waktu respon, waktu pakai, reproduibilitas dan intensitas perubahan warna sensor. Setelah itu dilakukan pengujian kualitas sampel yang meliputi *sensory evaluation*, uji penambahan bobot dan uji tekstur menggunakan rheotex. Perubahan warna yang terjadi pada sensor kebocoran oksigen ini adalah putih, ungu dan biru dengan keterangan renyah, masih baik dan tidak renyah.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa konsentrasi indikator metilen biru yang digunakan adalah 2000 ppm, konsentrasi glukosa 0,5% dan matriks yang digunakan adalah kertas whatman. Pada hasil karakterisasi sensor, didapatkan kesimpulan bahwa waktu respon sensor tergantung pada tingkat kebocoran kemasan. Semakin besar lubang kebocoran kemasan maka sensor akan semakin cepat berubah menjadi warna biru yang menandakan bahwa kerupuk sudah tidak renyah. Hasil dari waktu respon berturut-turut pada tingkat kebocoran 0,2 cm, 0,5 cm dan 1 cm adalah jam ke 10, jam ke 9 dan jam ke 7. Sedangkan waktu pakai yang dimiliki *smart label* ini adalah ± 25 jam. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor lingkungan. Selain itu, pada uji reproduibilitas didapatkan nilai RSD $< 5\%$ yang berarti presis. Pada hasil dari uji kualitas sampel berkorelasi positif terhadap nilai intensitas perubahan warna sensor yaitu semakin sensor berwarna biru maka nilai kesukaan panelis terhadap rasa dan kerenyahan sampel semakin besar, nilai % penambahan bobot sampel akan semakin besar dan nilai tekstur akan semakin meningkat yang menandakan bahwa kerupuk semakin tidak renyah.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Sensor Oksigen untuk Deteksi Kebocoran pada Kemasan Pangan (Kerupuk Rambak)”. 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 penulis dapat menyelesaikan skripsi untuk mencapai gelar sarjana;
2. Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt. selaku dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember atas persetujuannya untuk memulai skripsi ini;
3. Bapak Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, perhatian, dan waktunya dalam menyelesaikan skripsi ini;
4. Ibu Indah Purnama Sary, S.Si., M.Farm., Apt. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Ari Satia Nugraha S.F.,GdipSc,MSc-Res,Ph.D.,Apt. selaku Dosen Penguji II yang telah memberi saran dan kritik dalam skripsi ini;
5. Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan;
6. Bapak Abdul Munib, Ibu Nur Afifah dan keluarga, yang telah memberi banyak doa, dukungan, motivasi dan inspirasi. Semoga ini menjadi langkah awal untuk meraih kesuksesan mendatang;
7. Qais Muhibuddin, yang memberikan motivasi, dukungan, kesabaran yang luar biasa dan menemani penulis dalam perjuangan mengerjakan skripsi ini;
8. Liya Sanjaya, sebagai rekan satu tim sensor kebocoran yang memberikan bantuan dan semangat;

9. Kakak alumni Fakultas Farmasi Universitas Jember (Kak Hilmi dan Kak Galen) sebagai tutor yang memberikan banyak ilmunya tentang sensor;
10. Teman-teman Keluarga Sensor 2014 (Osy, Yanti, Sheila, Putu, Arum, Lelly, Rafli, Vanus, Alfi, Ninik, Ila, Alfiatur, Hilda, Resa dan Rizky) yang menemani penulis selama di Laboratorium Bio dan Kemosensor;
11. Teman-teman Fakultas Farmasi angkatan 2014 (Pharmagen) yang menemani penulis selama perkuliahan dan dalam proses mengerjakan skripsi ini;
12. Teman-teman Fakultas Teknologi Pertanian (Fresti, Novita dan Muslim), yang telah memberi bantuan demi lancarnya skripsi ini;
13. Teman-teman Kos (Hasnia, Zahra, Ayu, Hilma, Mia, Liya, Fresti dan Kiki) yang memberikan semangat dan dukungan;
14. BPH ISMAFARSI Wilayah Jawa Timur-Bali-Nusa Tenggara periode 2016-2018 (Aulia, Eva, Ayudikap, Dila, Hegar, Evy, Nejella, Tamara dan Ilmi) keluarga “*We call it Home*” yang selalu *sharing* tentang skripsinya dan kehidupan kuliah di masing-masing universitasnya;
15. Para responden *sensory evaluation* (Hasnia, Mia, Kiki, Qori’, Ratih, Lisa, Yulintan, Laili, Merlin, Ratna dan Alfita) yang sudah bersedia mengamati sampel;
16. Semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung berperan membantu menyelesaikan skripsi ini;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 20 Mei 2018

Ain Rahmania

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR RUMUS	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kemasan	5
2.2 Indikator	6
2.3 Sensor	7
2.4 Performansi Sensor	8
2.5 Immobilisasi Reagen	9
2.5.1 Metode Adsorpsi.....	10
2.5.2 Metode Enkapsulasi.....	11

2.5.3 Metode Entrapmen.....	11
2.5.4 Metode Ikatan Kovalen.....	12
2.5.5 Metode <i>Crosslinking</i>	13
2.6 Reaksi Reduksi Oksidasi	14
2.7 Tinjauan Bahan Penelitian	15
2.7.1 Metilen Biru.....	15
2.7.2 Glukosa.....	16
2.7.3 Kalium Hidroksida.....	17
2.7.3 Gelatin.....	17
2.7.4 Agar.....	18
2.7.5 <i>Whatman Cellulose Filter Papers</i>	19
2.8 Tinjauan Sampel	19
2.8.1 Kerupuk.....	19
2.9 Evaluasi Sampel	20
2.9.1 <i>Sensory Evaluation</i>	20
2.9.2 Penambahan Bobot.....	20
2.9.3 Uji Tekstur.....	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	22
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.3 Definisi Operasional Variabel	22
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.5 Alur Penelitian	25
3.6 Prosedur Penelitian	26
3.6.1 Optimasi Membran Sensor.....	26
3.6.2 Pemilihan Jenis Matriks.....	26
3.6.3 Pembuatan Reagen.....	27
3.6.4 Rancangan <i>Smart Label</i>	28
3.6.5 Karakterisasi Membran Sensor.....	29
3.6.6 Aplikasi <i>Smart Label</i> pada Sampel.....	30
3.6.7 Uji Kualitas Sampel.....	30

3.6.8 Analisis Data.....	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Optimasi Membran Sensor	33
4.1.1 Optimasi Konsentrasi Indikator Metilen Biru	33
4.1.2 Optimasi Konsentrasi Glukosa	35
4.2 Pemilihan Jenis Matriks.....	37
4.3 Pembuatan <i>Smart Label</i>.....	38
4.4 Aplikasi <i>Smart Label</i> pada Sampel.....	39
4.5 Karakterisasi Sensor.....	40
4.5.1 Waktu Respon.....	40
4.5.2 Waktu Pakai	43
4.5.3 Reprodusibilitas	44
4.6 Uji Kualitas Sampel	45
4.6.1 <i>Sensory Evaluation</i>	45
4.6.2 Penambahan Bobot	50
4.6.3 Uji Tekstur	52
4.7 Kemasan <i>Smart Label</i>	55
4.8 Diskusi.....	55
4.8.1 Waktu Respon.....	56
4.8.2 Reprodusibilitas	58
4.8.3 Uji Kualitas Sampel	59
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR GAMBAR

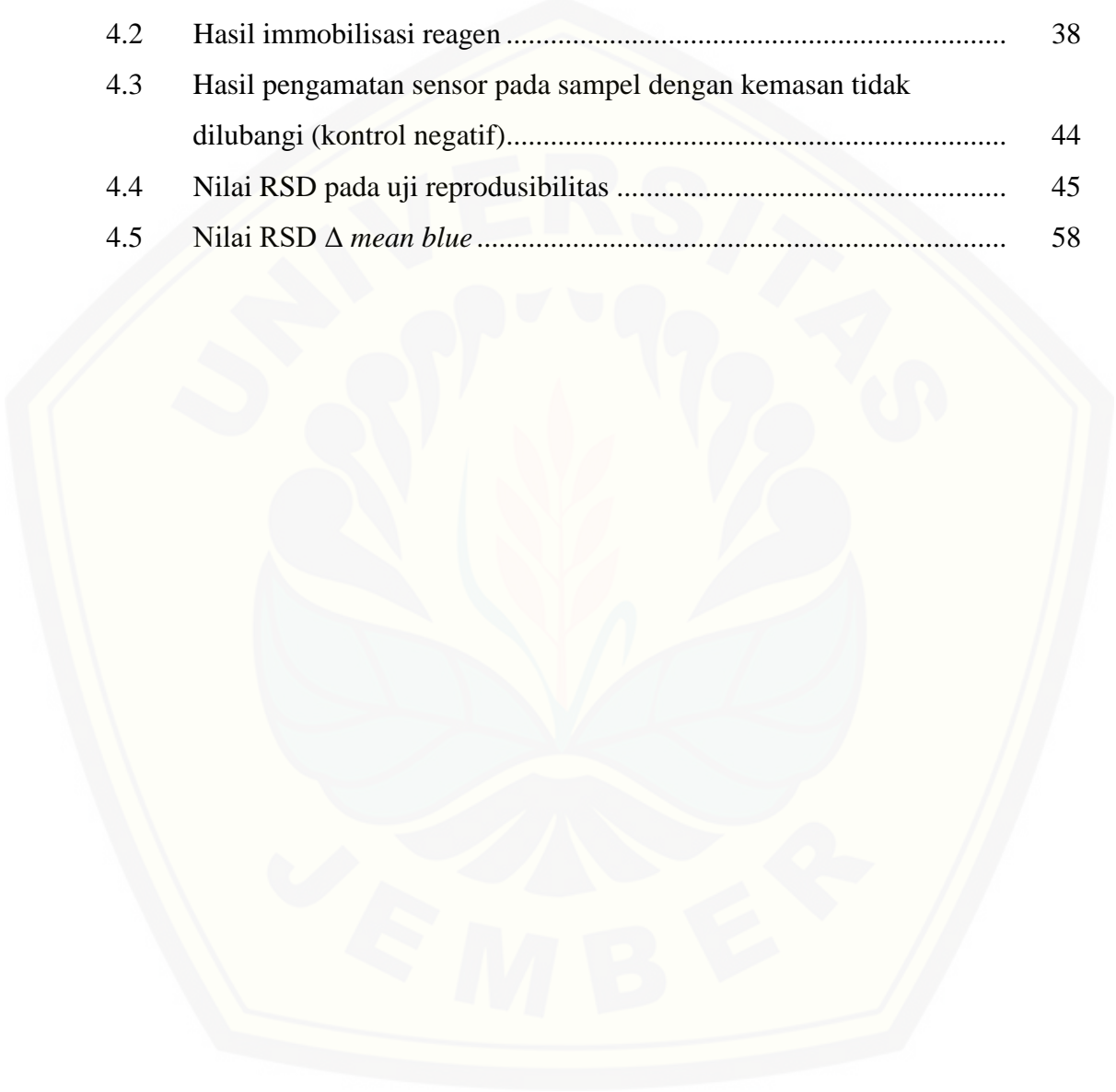
	Halaman
2.1 Skema sensor kimia.....	8
2.2 Metode adsorpsi	10
2.3 Metode enkapsulasi	11
2.4 Metode entrapmen.....	12
2.5 Metode ikatan kovalen	13
2.6 Metode <i>crosslinking</i>	13
2.7 Mekanisme reaksi redoks metilen biru.....	15
2.8 Struktur kimia metilen biru	16
2.9 Struktur glukosa	16
3.1 Diagram alir penelitian.....	25
3.2 Larutan <i>blue bottle experiment</i>	27
3.3 Komposisi <i>smart label</i>	28
3.4 Desain <i>smart label</i>	28
3.5 Desain penempatan <i>smart label</i> pada kemasan kerupuk.....	30
3.6 Rheotex SD700	31
4.1 Perubahan warna larutan <i>blue bottle experiment</i> pada berbagai konsentrasi (0,2 cm; 0,5 cm dan 1 cm).....	33
4.2 Hasil optimasi larutan <i>blue bottle experiment</i> pada berbagai konsentrasi (0,2 cm; 0,5 cm dan 1 cm) setelah terpapar oksigen.....	35
4.3 Kestabilan larutan <i>blue bottle experiment</i> pada berbagai konsentrasi (0,1%; 0,25%; 0,5%; 1%; 2%; 3%; 4%; 5%).....	36
4.4 Desain <i>smart label</i>	39
4.5 Aplikasi <i>smart label</i> pada sampel	40
4.6 Grafik hubungan waktu (jam) terhadap nilai <i>mean blue</i> pada tingkat kebocoran 0,2 cm	41
4.7 Grafik hubungan waktu (jam) terhadap nilai <i>mean blue</i> pada tingkat kebocoran 0,5 cm	41

4.8	Grafik hubungan waktu (jam) terhadap nilai <i>mean blue</i> pada tingkat kebocoran 1 cm	42
4.9	Hubungan intensitas perubahan warna terhadap waktu (kontrol negatif)	44
4.10	Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis rasa pada tingkat kebocoran 0,2 cm.....	46
4.11	Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis rasa pada tingkat kebocoran 0,5 cm.....	46
4.12	Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis rasa pada tingkat kebocoran 1 cm.....	47
4.13	Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis kerenyahan pada tingkat kebocoran 0,2 cm	48
4.14	Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis kerenyahan pada tingkat kebocoran 0,5 cm	49
4.15	Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis kerenyahan pada tingkat kebocoran 1 cm	49
4.16	Hubungan intensitas perubahan warna dengan % penambahan bobot pada tingkat kebocoran 0,2 cm.....	51
4.17	Hubungan intensitas perubahan warna dengan % penambahan bobot pada tingkat kebocoran 0,5 cm.....	51
4.18	Hubungan intensitas perubahan warna dengan % penambahan bobot pada tingkat kebocoran 1 cm.....	52
4.19	Hubungan intensitas perubahan warna dengan nilai tekstur kerupuk pada tingkat kebocoran 0,2 cm.....	53
4.20	Hubungan intensitas perubahan warna dengan nilai tekstur kerupuk pada tingkat kebocoran 0,5 cm.....	53
4.21	Hubungan intensitas perubahan warna dengan nilai tekstur kerupuk pada tingkat kebocoran 1 cm.....	54
4.22	Desain kemasan <i>smart label</i>	56
4.23	Hubungan perubahan intensitas warna terhadap waktu pada tingkat kebocoran 0,2 cm	57

4.24	Hubungan perubahan intensitas warna terhadap waktu pada tingkat kebocoran 0,5 cm	57
4.25	Hubungan perubahan intensitas warna terhadap waktu pada tingkat kebocoran 1 cm	58
4.26	Hubungan perubahan intensitas warna terhadap nilai panelis rasa pada tingkat kebocoran 0,2 cm.....	59
4.27	Hubungan perubahan intensitas warna terhadap nilai panelis rasa pada tingkat kebocoran 0,5 cm.....	60
4.28	Hubungan perubahan intensitas warna terhadap nilai panelis rasa pada tingkat kebocoran 1 cm.....	60
4.29	Hubungan perubahan intensitas warna terhadap nilai panelis kerenyahan pada tingkat kebocoran 0,2 cm	61
4.30	Hubungan perubahan intensitas warna terhadap nilai panelis kerenyahan pada tingkat kebocoran 0,5 cm	61
4.31	Hubungan perubahan intensitas warna terhadap nilai panelis kerenyahan pada tingkat kebocoran 1 cm	62
4.32	Hubungan perubahan intensitas warna dengan % penambahan bobot pada tingkat kebocoran 0,2 cm.....	62
4.33	Hubungan perubahan intensitas warna dengan % penambahan bobot pada tingkat kebocoran 0,5 cm.....	63
4.34	Hubungan perubahan intensitas warna dengan % penambahan bobot pada tingkat kebocoran 1 cm.....	63
4.35	Hubungan perubahan intensitas warna dengan nilai tekstur kerupuk pada tingkat kebocoran 0,2 cm.....	64
4.36	Hubungan perubahan intensitas warna dengan nilai tekstur kerupuk pada tingkat kebocoran 0,5 cm.....	64
4.37	Hubungan perubahan intensitas warna dengan nilai tekstur kerupuk pada tingkat kebocoran 1 cm.....	65

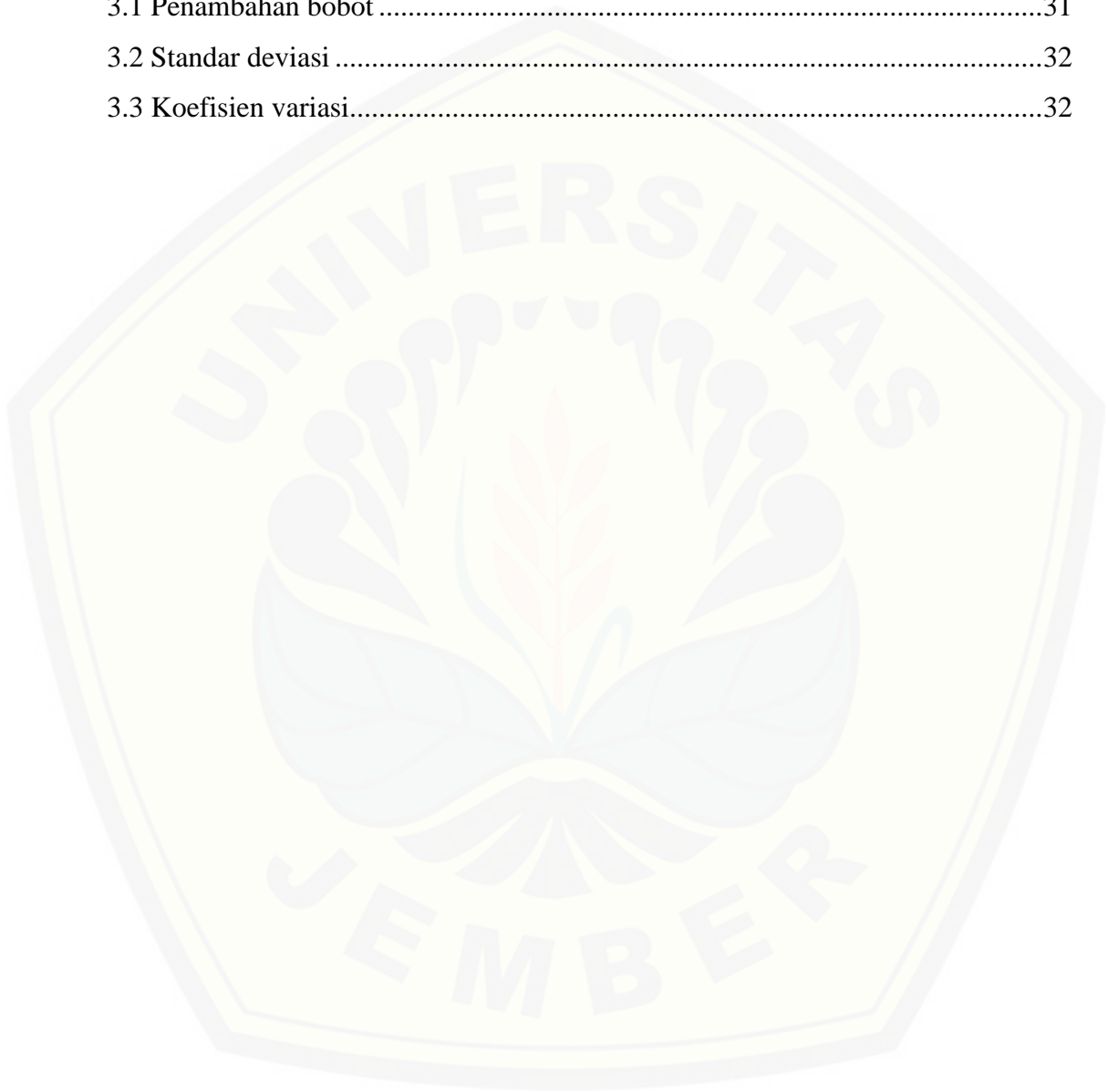
DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Hasil optimasi konsentrasi glukosa	36
4.2 Hasil immobilisasi reagen	38
4.3 Hasil pengamatan sensor pada sampel dengan kemasan tidak dilubangi (kontrol negatif).....	44
4.4 Nilai RSD pada uji reproduibilitas	45
4.5 Nilai RSD Δ <i>mean blue</i>	58



DAFTAR RUMUS

	Halaman
3.1 Penambahan bobot	31
3.2 Standar deviasi	32
3.3 Koefisien variasi.....	32



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Karakterisasi Sensor	72
1. Nilai <i>mean blue</i> pada sensor.....	72
2. Hubungan waktu (jam) vs rata-rata <i>mean blue</i>	76
3. Waktu pakai.....	76
4. Nilai RSD <i>mean blue</i>	77
B. Data Hasil Uji Kualitas Sampel.....	78
1. <i>Sensory evaluation</i>	78
a. Parameter rasa	78
b. Parameter kerenyahan	85
2. Penambahan bobot	93
a. Tingkat kebocoran 0,2 cm	93
b. Tingkat kebocoran 0,5 cm	94
c. Tingkat kebocoran 1 cm	96
3. Uji tekstur	98
a. Tingkat kebocoran 0,2 cm	98
b. Tingkat kebocoran 0,5 cm	101
c. Tingkat kebocoran 1 cm	104
C. Kuesioner <i>Sensory Evaluation</i>	107
D. <i>Material Safety Data Sheet</i> (MSDS) Metilen Biru	108

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya zaman, untuk mengkonsumsi makanan tidak cukup hanya peduli tentang rasa namun juga harus peduli tentang keamanan dan mutu dari makanan tersebut. Tanpa disadari makanan bisa menjadi media bagi suatu penyakit. Salah satu penyebab dari penyakit adalah konsumsi makanan yang tidak sehat dan tidak bermutu. Mutu suatu makanan dapat diketahui secara visual, seperti perubahan warna, tumbuh jamur, kondisi kemasan sudah terbuka dan lain sebagainya. Faktor yang dapat menyebabkan kerusakan mutu produk adalah waktu simpan produk yang terlalu lama, adanya air dalam produk yang bisa menjadi tempat pertumbuhan mikroba dan masuknya udara ke dalam kemasan terutama oksigen (Dyah, 2017). Salah satu perlindungan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan kemasan pada produk pangan.

Kemasan adalah bagian utama yang melindungi produk dari berbagai faktor yang dapat menyebabkan hilangnya mutu suatu produk. Dari tahun ke tahun, penelitian dan pengembangan sistem pengemasan seperti kemasan terkontrol (*controlled packaging*), kemasan aktif (*active packaging*) dan kemasan pintar (*intelligent packaging*) terus meningkat, yaitu sebesar \$31,4 milyar pada tahun 2011, \$33,3 milyar pada 2012, dan 44,3 milyar pada 2017. Hal tersebut yang membuat industri terus melakukan inovasi pada kemasan pangan yang dapat memonitor keamanan dan kualitas pangan serta dapat memperpanjang umur simpan (Widiastuti, 2016).

Pada beberapa dekade terakhir, kemasan pintar termasuk salah satu pengembangan sistem pengemasan yang cukup inovatif dalam kemasan pangan. Kemasan pintar dirancang untuk dapat memonitor kondisi pangan yang dikemas atau lingkungan disekeliling pangan. Fungsi cerdas dari kemasan ini dapat diperoleh dari indikator, sensor dan/atau peralatan yang mampu mengkomunikasikan informasi dalam sistem kemasan. Indikator dapat memberikan informasi mengenai perubahan yang terjadi didalam produk atau lingkungan sekitar

produk seperti suhu dan pH melalui perubahan visual. Beberapa contoh indikator yang diaplikasikan pada kemasan pangan antara lain *time temperature indicator*, *oxygen indicator*, *carbondioxide indicator* dan *freshness indicator* (Widiastuti, 2016).

Kemasan pintar yang saat ini dikembangkan adalah kemasan yang disertai dengan pendeteksi kebocoran (*leakage packaging*). Kebocoran tersebut ditandai dengan meningkatnya gas didalam kemasan seperti nitrogen, karbon dioksida dan oksigen. Oksigen merupakan salah satu faktor utama yang sering menyebabkan kerusakan bahan pangan seperti proses oksidasi yang menyebabkan ketengikan serta berkurangnya tekstur, perubahan warna dan cita rasa, penurunan nilai gizi, pertumbuhan kapang dan bakteri aerobik pada makanan (Mills, 2005). Proses oksidasi tersebut sering ditemukan pada produk pangan yang memiliki tekstur renyah dan berongga seperti kerupuk rambak. Peningkatan oksigen dalam kemasan kerupuk rambak dapat mengindikasikan bahwa mutu kerupuk berkurang dan menjadi parameter kelayakan kerupuk untuk dapat dikonsumsi.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan tentang *smart label* sebagai sensor oksigen untuk deteksi kebocoran pada kemasan pangan yang mudah hilang kerenyahannya yaitu kerupuk rambak. Pada penelitian ini, indikator oksigen yang digunakan adalah metilen biru yang direaksikan dengan glukosa. Reaksi yang terjadi dalam reagen tersebut adalah reaksi reduksi oksidasi (redoks) yang dapat memberikan respon perubahan warna dari tidak berwarna menjadi biru. Pada kondisi alkali, glukosa akan mereduksi metilen biru membentuk leukometilen biru yang tidak berwarna. Saat kontak dengan oksigen, leukometilen biru akan teroksidasi oleh oksigen membentuk larutan yang berwarna biru kembali. Pemilihan indikator ini didasarkan pada sifat metilen biru yang spesifik dalam mendeteksi oksigen. Pengaplikasian indikator metilen biru dilakukan pada kertas whatman sebagai matriks atau fase pendukung yang dapat menyerap molekul reagen indikator metilen biru. Adanya *smart label* yang aplikatif dan mempunyai karakteristik yang sesuai dengan kemasan pangan ini, diharapkan konsumen dapat memonitor keamanan serta mutu dari makanan yang akan dikonsumsi terutama makanan yang mudah hilang kerenyahannya.

1.2 Rumusan Masalah

Uraian pada latar belakang tersebut memberikan dasar untuk merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi optimum membran meliputi konsentrasi indikator metilen biru dan konsentrasi glukosa serta pemilihan jenis matriks, sebagai sensor oksigen untuk deteksi kebocoran kemasan pangan?
2. Bagaimana karakteristik sensor kebocoran tersebut meliputi waktu respon, waktu pakai, reproduisibilitas dan perubahan warna, terhadap tekstur dan kerenyahan sampel?
3. Bagaimana aplikasi *smart label* sebagai sensor kebocoran kemasan kerupuk rambak?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Dapat mengetahui kondisi optimum membran pada indikator metilen biru sebagai sensor kebocoran kemasan pangan. Kondisi optimum membran meliputi konsentrasi reagen dan jenis matriks.
2. Dapat mengetahui karakteristik sensor kebocoran tersebut (waktu respon, waktu pakai, reproduisibilitas dan perubahan warna) terhadap tekstur dan kerenyahan sampel.
3. Dapat mengetahui aplikasi *smart label* sebagai sensor kebocoran kemasan kerupuk rambak.

1.4 Manfaat

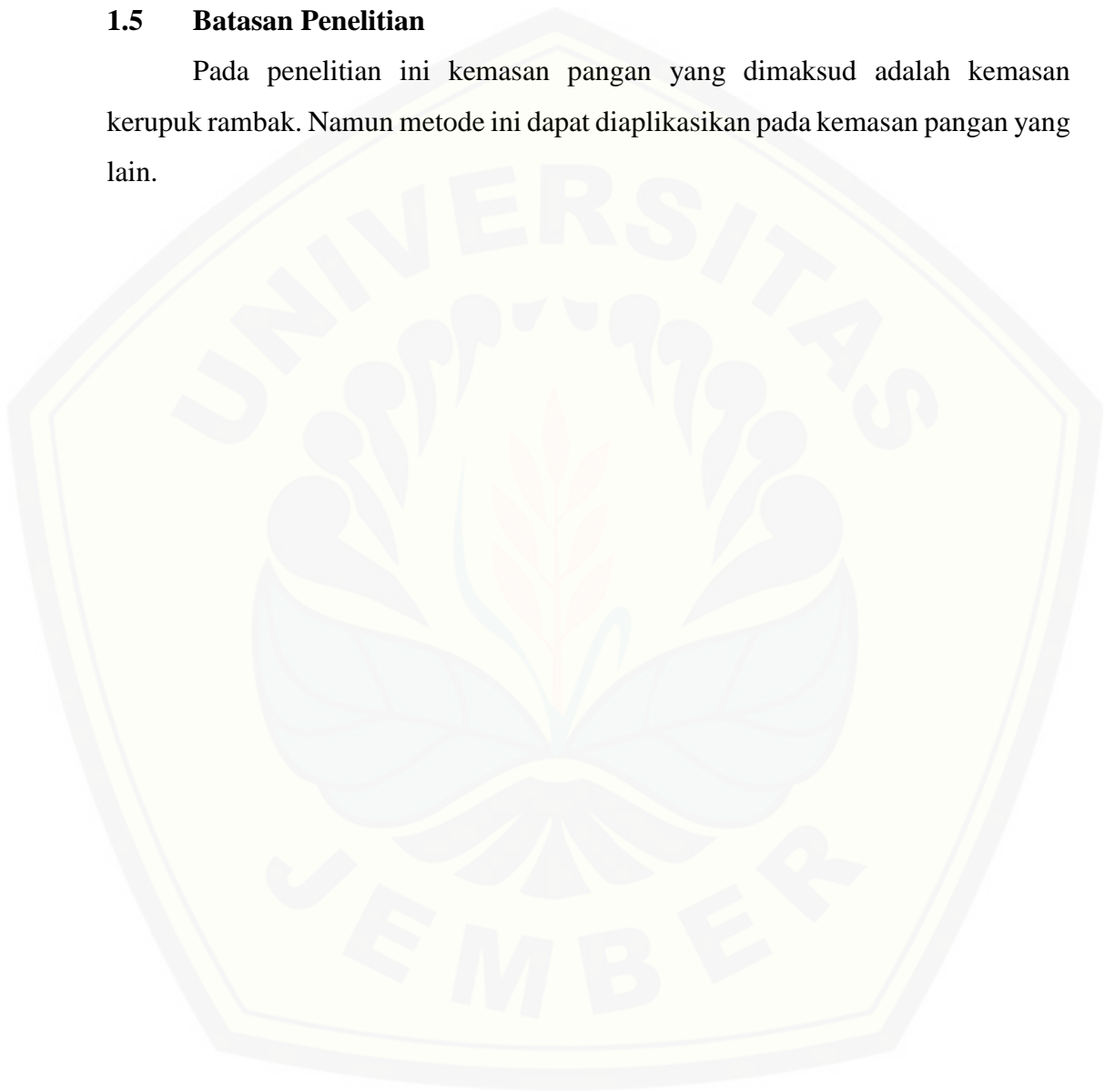
Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian terhadap pembuatan *smart label* untuk mendeteksi kebocoran kemasan pangan antara lain :

1. Dapat membantu konsumen dalam mengetahui keamanan serta mutu pangan.
2. Dapat memberikan informasi tentang pengembangan *smart label* sebagai sensor kebocoran oksigen pada kemasan pangan.

3. Dapat digunakan sebagai *smart label* pada sediaan farmasi yang kestabilannya sensitif terhadap oksigen apabila terjadi kebocoran pada kemasan obat.

1.5 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini kemasan pangan yang dimaksud adalah kemasan kerupuk rambak. Namun metode ini dapat diaplikasikan pada kemasan pangan yang lain.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kemasan

Kemasan merupakan salah satu bagian utama dalam menjaga kualitas produk pangan untuk transportasi, penyimpanan, dan penggunaan akhir. Hal tersebut dapat mengurangi terjadinya penurunan kualitas dan membuat distribusi serta pemasaran menjadi lebih efisien. Kemasan melindungi produk dari lingkungan; memberi informasi pada konsumen melalui teks tertulis, logo merek, dan grafis; dan sebagai wadah untuk produk yang memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda (Ghaani dkk., 2016). Saat ini, telah dikembangkan dua konsep kemasan pangan yaitu kemasan aktif (*active packaging*) dan kemasan pintar (*intelligent packaging*). Berbeda dengan kemasan konvensional pada umumnya hanya memberikan informasi tentang produk itu sendiri (seperti tanggal kadaluarsa, komposisi dan produsen) dan dirancang sebisa mungkin agar *inert* atau mencegah interaksi antara pangan dengan kemasan, kemasan aktif dan kemasan pintar justru memanfaatkan interaksi antara pangan atau lingkungan disekitar pangan (Widiastuti, 2016).

a. Kemasan aktif

Kemasan aktif didefinisikan sebagai kemasan yang mengandung zat tertentu yang sengaja dimasukkan ke dalam atau diantara bahan kemasan untuk meningkatkan kinerja dari sistem kemasan (Huff, 2008). Kemasan aktif ditujukan untuk memperpanjang umur simpan (*shelf life*) dan tetap mempertahankan serta meningkatkan kualitas pangan yang dikemas. Maka dari itu, kemasan ini dirancang dengan menggunakan komponen yang dapat melepaskan atau menyerap zat-zat tertentu dari atau ke dalam pangan yang dikemas atau lingkungan disekitarnya (Ghaani dkk., 2016). Kemasan aktif diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu sistem penjerap dan sistem pelepas. Sistem penjerap adalah sistem kemasan yang mampu menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan seperti oksigen, karbondioksida, air yang berlebih, bau dan senyawa tertentu lainnya. Salah satu

contoh kemasan jenis ini adalah silika gel dalam bentuk *sachet* yang biasa diletakkan dalam kemasan makanan kering. Sedangkan sistem pelepas adalah sistem yang secara aktif menambahkan senyawa-senyawa seperti karbondioksida, antioksidan atau pengawet. Salah satu contoh kemasan jenis ini adalah CO₂@ Fresh Pads Technologies yang digunakan pada kemasan daging, unggas dan makanan laut (Widiastuti, 2016).

b. Kemasan pintar

Kemasan pintar merupakan kemasan yang mampu memberikan informasi mengenai kondisi serta kualitas dari produk yang dikemasnya. Kemasan pintar dirancang untuk dapat memonitor kondisi pangan yang dikemas atau lingkungan sekeliling pangan. Sistem kemasan pintar mampu menjalankan fungsi pintar seperti penginderaan, mendeteksi, melacak, merekam dan mengkomunikasikan kualitas atau kondisi pangan termasuk selama transportasi dan penyimpanan. Lebih dari itu kemasan pintar juga dapat menginformasikan perubahan yang terjadi pada produk atau lingkungannya, contoh suhu, pH dan pertumbuhan mikroba. Sehingga konsumen dapat mengetahui kondisi produk pangan yang mereka beli. Selain itu, dengan adanya kemasan pintar akan membantu konsumen dalam proses pengambilan keputusan dalam memperpanjang masa simpan pangan, meningkatkan keamanan, kualitas, serta dapat memberikan informasi saat ada kerusakan pada kemasan (Huff, 2008). Fungsi dari kemasan pintar ini dapat diperoleh dari indikator, sensor dan/atau peralatan yang mampu mengkomunikasikan informasi dalam sistem kemasan (Widiastuti, 2016).

2.2 Indikator

Indikator merupakan senyawa kimia yang mengindikasikan ada atau tidaknya zat lain yang bereaksi antara dua atau lebih zat. Paling sering, informasi tersebut ditunjukkan melalui perubahan visual secara langsung, misalnya intensitas warna yang berbeda atau difusi zat warna disepanjang indikator. Indikator juga dapat memberikan informasi mengenai perubahan yang terjadi di dalam produk atau lingkungan sekitar produk seperti suhu dan pH. Fitur indikator yang berbeda

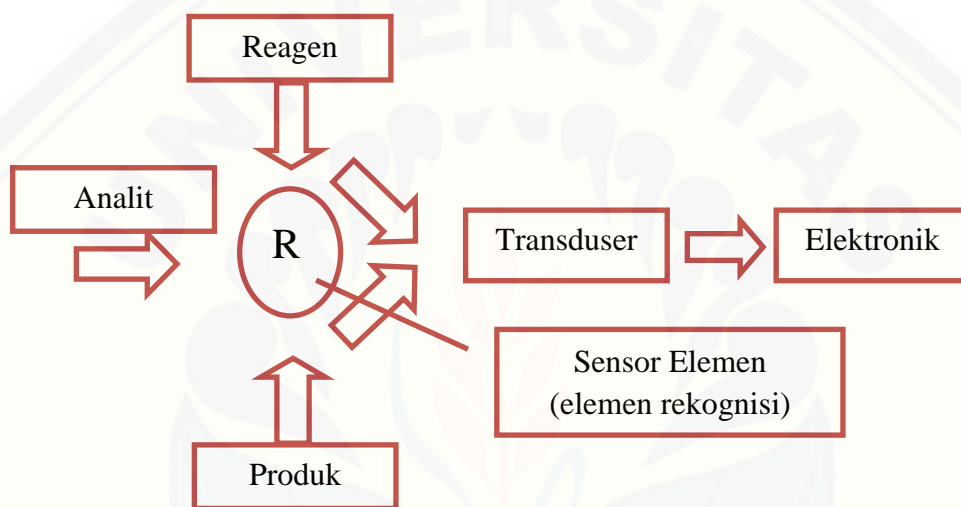
adalah jenis informasi yang diberikan, yang bersifat kualitatif atau semi kuantitatif. Meskipun ada banyak indikator, semuanya dapat masuk dalam tiga kategori yang banyak digunakan untuk pengemasan pangan yaitu *time temperature indicator*, *freshness indicator* dan *gas indicator* (Ghaani dkk., 2016). Indikator jenis ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang dapat mengukur kondisi kemasan pada bagian luar (indikator eksternal) dan yang dapat langsung mengukur kualitas produk di dalam kemasan (indikator internal). Contoh dari indikator eksternal adalah *time temperatur indicator*. Sedangkan indikator karbondioksida, indikator oksigen, indikator kesegaran dan indikator patogen merupakan beberapa contoh indikator internal (Widiastuti, 2016).

Komposisi gas dalam kemasan bisa dengan mudah berubah karena interaksi makanan dengan lingkungannya. Indikator gas merupakan sarana yang sangat membantu memantau komposisi gas dalam kemasan dengan menghasilkan perubahan warna indikator melalui reaksi kimia atau enzimatik. Indikatornya harus berhubungan dengan lingkungan yang secara langsung mengelilingi makanan dalam kemasan. Indikator ini mampu menandakan apakah ada kebocoran gas dalam kemasan, atau bisa digunakan untuk memverifikasi efisiensi penyerap/ penjerat gas. Indikator gas biasanya mengindikasikan ada atau tidak adanya oksigen dan/ atau karbon dioksida. Indikator gas harus memenuhi persyaratan seperti tidak larut air dan tidak beracun, karena indikator gas ditempatkan langsung didalam kemasan (Ghaani dkk., 2016).

2.3 Sensor

Sensor secara umum bisa diartikan sebagai alat atau piranti yang dapat mengubah suatu energi ke energi yang lain serta mampu mendeteksi suatu target analisis yang berupa spesi kimia atau biologi dalam bentuk cairan maupun gas. Sebuah sensor kimia yang ideal adalah sensor yang mampu berinteraksi dengan analit secara *reversible*, sehingga sinyal sensor dapat dikontrol dengan mudah baik secara kinetik maupun termodinamik. Gambar 2.1 menggambarkan secara skematis struktur sensor kimia. Gambar tersebut dapat didefinisikan bahwa sensor kimia

adalah suatu alat analisa (*analytical device*) yang berisi reagen kimia (*chemical material/ reagent*) yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika kimia yang dapat dirubah (*physicochemical transducer*) menjadi sinyal proporsional dengan konsentrasi dari analit tersebut (Kuswandi, 2010). Sensor yang ideal harus memiliki karakteristik berikut: (i) spesifisitas untuk target (yaitu selektivitas); (ii) sensitivitas terhadap perubahan yang diinginkan; (iii) waktu respon yang cepat; dan (iv) ukuran kecil (miniaturisasi) dengan biaya pembuatan yang rendah (Ghaani dkk., 2016).



Gambar 2.1 Skema sensor kimia (Kuswandi, 2010)

2.4 Performansi Sensor

Sensor kimia memiliki metode analisis kimia baik kualitatif atau kuantitatif seperti pada umumnya. Maka sensor kimia juga perlu dilakukan performansi atau unjuk kerja sensor kimia. Sensor kimia yang memiliki respon yang dihasilkan dari suatu analit, maka performansi sensor kimia tersebut dapat dinilai. Performansi sensor kimia meliputi, sebagai berikut (Kuswandi, 2010):

- a. Waktu respon adalah waktu pertama kali respon sensor menghasilkan sinyal yang stabil (*steady state*) dan sebagai waktu sensor memberikan responnya sebesar 90% (t_{90}) dari total sinyal yang dihasilkan.

- b. Waktu pakai adalah waktu dimana sensor tersebut memberikan reaksi yang sama dan stabil dalam periode waktu tertentu.
- c. Reprodusibilitas adalah kedekatan waktu respon terhadap respon lainnya untuk analit yang sama yang diukur pada waktu yang berbeda dan kondisi relatif sama. Parameter reprodusibilitas digunakan untuk sensor yang *disposable* atau sensor yang tidak dapat digunakan berulang kali.
- d. Sensitivitas adalah kemampuan sensor untuk membedakan konsentrasi analit pada konsentrasi yang sangat kecil.
- e. Selektifitas adalah parameter yang menentukan layak tidaknya sensor kimia digunakan dalam pengukuran suatu analit.

2.5 Immobilisasi Reagen

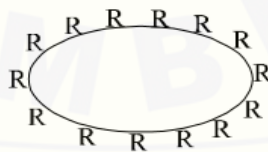
Suatu sensor kimia bisa bekerja dengan baik, reagen kimia yang digunakan didalamnya harus bisa terhubung dengan baik pada transduser. Proses ini biasanya dinamakan immobilisasi reagen. Immobilisasi reagen merupakan pengikatan reagen pada fasa padat atau material pendukung secara merata, yang memungkinkan terjadinya pertukaran dengan sampel yang terdapat analit untuk dideteksi. Pengikatan reagen ini bisa dilakukan dengan berbagai cara yaitu metode fisika dan metode kimia. Metode immobilisasi secara fisika meliputi proses penyerapan (adsorpsi), pemerangkapan (entrapmen), pengkapsulan (enkapsulasi) dan interaksi elektrostatik, sedangkan metode kimia meliputi ikatan kovalen dan *crosslinking*. Faktor- faktor yang harus diperhatikan agar immobilisasi bisa berhasil adalah sebagai berikut (Kuswandi, 2010):

- a. Material pendukung (*solid support material*) harus hanya berinteraksi dengan gugus tertentu dari reagen tersebut, yang bukan gugus aktif dan diperlukan untuk mengikat analit.
- b. Material tersebut cukup berpori untuk memfasilitasi terjadinya difusi analit ke dalam fasa reagen.
- c. Reagen yang digunakan harus stabil dalam kondisi temperatur dan pH yang dibutuhkan selama proses immobilisasi berlangsung.

- d. Proses pencucian yang digunakan untuk menghilangkan reagen yang tidak terikat dengan baik harus tidak mempengaruhi reagen yang telah diimmobilisasi.
- e. Material pendukung tidak larut air, stabil dan dapat mengikat reagen dengan kuat pada permukaannya.
- f. Karakter mekanis dari material pendukung tersebut harus pula diperhatikan, khususnya bila immobilisasi reagen dibuat dalam bentuk membran atau film. Misalnya, menggelembungkan film atau membran (*swelling*).

2.5.1 Metode Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan molekul reagen di atas permukaan material pendukung. Zat padat yang mengadsorpsi disebut adsorben, sedangkan zat yang teradsorpsi disebut adsorbat. Teknik ini sangat luas digunakan, karena bisa digunakan untuk mengikat berbagai macam reagen dari material reagen organik hingga anorganik. Tiga jenis material pendukung atau adsorben yang biasa digunakan adalah polimer berpori, material carbon dan material anorganik, masing-masing contohnya adalah amberlite XAD, karkoal dan silika. Kerugian dari metode ini antara lain meningkatkan terjadinya kontaminasi pada pengukuran yang disebabkan oleh adanya pengotor pada material pendukung. Selain itu beberapa faktor fisik seperti laju, air, terbentuknya gelombang, dan abrasi partikel dapat menyebabkan terlepasnya ikatan reagen dengan bahan pendukungnya (Eggins, 1996). Berikut Gambar 2.2 menggambarkan metode adsorpsi.

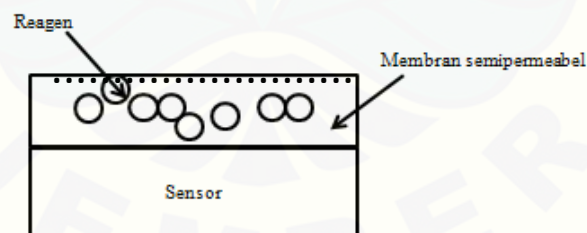


Gambar 2.2 Metode adsorpsi (Kuswandi, 2010)

2.5.2 Metode Enkapsulasi

Pada teknik ini menggunakan membran semipermeabel untuk memerangkap atau menjerat reagen kimia didalamnya pada permukaan sensor. Material sensor yang sering digunakan misalnya PVC (*polyvinylchloride*), *cellulose acetate*, *polycarbonate* dan *polytetrafluoroethylene* (teflon). Metode ini cukup stabil terhadap perubahan suhu, pH, kekuatan ion dan komposisi kimia. Sehingga metode enkapsulasi ini banyak digunakan dalam pengembangan sensor kimia (Eggins, 1996).

Enkapsulasi reagen dapat dikatakan dengan memanfaatkan komponen biologis sebagai membran yang bersifat semipermeabel. Membran ini dapat melindungi reagen sehingga teknik ini menghasilkan reformasi biosensor yang cukup baik. Ukuran pori-pori membran akan menentukan ukuran molekul yang dapat melewatinya. Gambar 2.3 metode enkapsulasi ini mirip dengan metode entrapmen dimana reagen berada dalam bentuk bebas namun memiliki ruang terbatas. Banyak material yang telah dimanfaatkan untuk membuat mikrokapsul yang ukurannya bervariasi 10-100 μm sebagai contoh nylon dan selulosa. Kerugiannya adalah terjadi proses difusi akut yang mengakibatkan hancurnya membran jika produk dari reaksi terakumulasi dengan cepat (Eggins, 1996).



Gambar 2.3 Metode enkapsulasi (Rifqa, 2017)

2.5.3 Metode Entrapmen

Metode entrapmen ini menempatkan reagen di antara lapisan membran yang memerangkap reagen tersebut. Pada teknik ini reagen dijerap dalam sebuah polimer yang semipermeabel. Reagen dicampur dengan monomer, ketika terjadi

polimerisasi untuk membentuk gel maupun lapisan tipis film, reagen akan terperangkap pada polimer tersebut (Narayanaswamy, 2006). Cara yang biasa digunakan adalah dengan mencampurkan reagen dalam larutan polimer dan menambahkan bahan-bahan tertentu sebagai plastisizer. Penambahan plastisizer akan menghasilkan ikatan silang pada polimer yang digunakan. Hal ini menyebabkan terbentuknya ruang kosong dalam rantai polimer yang membatasi bagian rantai hingga terfasilitasi dan memenuhi kelenturan polimer. Immobilisasi reagen dengan metode entrapmen ditunjukkan pada gambar 2.4.



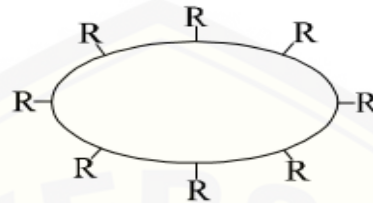
Gambar 2.4 Metode entrapmen (Kuswandi, 2010)

2.5.4 Metode Ikatan Kovalen

Metode ikatan kovalen melibatkan reaksi ion untuk mempertahankan keberadaan reagen menetap pada membran (Narayanaswamy, 2006). Reaksi kimia yang biasa digunakan untuk immobilisasi adalah sililasi. Pada metode ini cara yang dipakai adalah dengan mengikat reagen dengan ikatan kovalen pada membran pendukung. Immobilisasi ini terjadi dimana ikatan kovalen antara gugus fungsi reagen terjadi pada membran pendukungnya. Ikatan kovalen dirancang untuk memberikan gugus fungsi terhadap membran ataupun bahan pendukung lainnya, sehingga memungkinkan terjadinya ikatan antara molekul aktif dengan gugus yang ditambahkan. Material pendukung yang bisa digunakan pada metode ini biasanya membran biodyne dan gel diaminodipropylamine.

Kelebihan metode ini terdapat pada aktivitas reagen pada membran yang relatif konstan, sehingga tidak terjadi pelepasan material reagen pada matriknya. Hal ini disebabkan karena adanya ikatan yang kuat dan stabil, sehingga metode ini tidak terpengaruh pH, suhu serta variasi pelarut. Metode ini juga akan lebih stabil

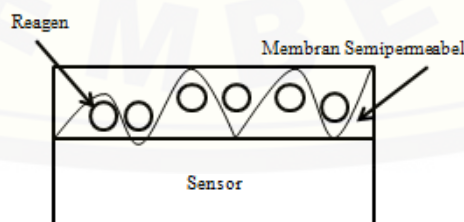
bila dikombinasikan dengan metode lain yaitu metode *crosslinking*. Kelemahan dari metode ini adalah pada prosesnya yang sangat rumit dan biayanya yang mahal (Kuswandi, 2010). Immobilisasi reagen dengan metode ikatan kovalen ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Metode ikatan kovalen (Kuswandi, 2010)

2.5.5 Metode *Crosslinking*

Metode *crosslinking* ini melibatkan penggabungan reseptor yang satu dengan yang lain sehingga menghasilkan struktur tiga dimensi yang kompleks. Metode ini dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu cara kimia dan cara fisika. Cara kimia melibatkan kombinasi ikatan kovalen yang terjadi antara reagen dengan bantuan multifungsional reagen, misalnya glutaraldehid, sedangkan secara fisika yaitu dengan teknik flokulasi. Kelebihan metode ini adalah stabil dan dapat dikombinasikan dengan metode lain. Kerugian metode ini adalah molekul aktif yang digunakan dapat rusak dan adanya limit difusi sertaproses yang rumit dan mahal (Eggins, 1996). Immobilisasi reagen dengan metode *crosslinking* ditunjukkan pada gambar 2.6.

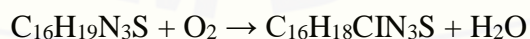
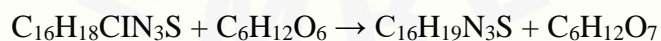


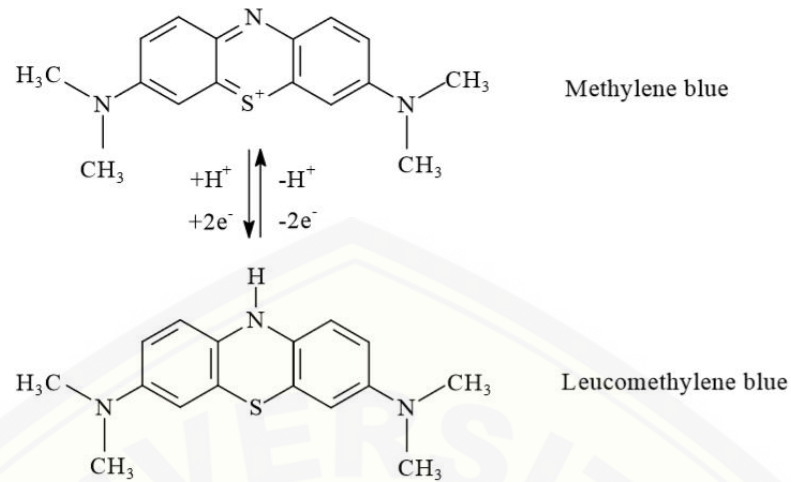
Gambar 2.6 Metode *crosslinking* (Rifqa, 2017)

2.6 Reaksi Reduksi Oksidasi (Redoks)

Reaksi reduksi oksidasi atau reaksi redoks adalah reaksi yang disertai dengan pertukaran elektron antara pereaksi. Oksidasi adalah suatu proses yang mengakibatkan hilangnya satu elektron atau lebih dari dalam zat (atom, ion atau molekul). Bila suatu unsur dioksidasi, keadaan oksidasinya berubah ke harga yang lebih positif. Suatu zat pengoksidasi adalah zat memperoleh elektron dan dalam proses itu zat tersebut direduksi. Sedangkan reduksi adalah suatu proses yang mengakibatkan diperolehnya satu elektron atau lebih oleh zat (atom, ion dan molekul). Bila suatu unsur direduksi, keadaan oksidasi berubah menjadi lebih negatif (kurang positif). Jadi suatu zat pereduksi adalah zat yang kehilangan elektron, dalam proses itu zat tersebut dioksidasi (Svehla, 1990).

Pada penelitian ini, reaksi yang terjadi antara indikator dengan analit adalah reaksi redoks. Indikator oksigen yang digunakan adalah metilen biru dan akan terjadi perubahan warna akibat kesensitifannya terhadap oksidasi oksigen. Pada kondisi alkali dan tidak kontak dengan oksigen, metilen biru sebagai pewarna redoks akan direduksi oleh agen pereduksi (glukosa) menjadi pewarna redoks tereduksi (leukometilen biru) dan agen pereduksi teroksidasi (asam glukonat). Pewarna redoks dalam bentuk tereduksi akan menjadi tidak berwarna. Pada kondisi setelah kontak dengan oksigen, pewarna redoks dalam bentuk tereduksi (leukometilen biru) akan teroksidasi oleh oksigen menjadi pewarna redoks dalam bentuk teroksidasi yaitu metilen biru dan air. Hal ini akan membuat pewarna redoks kembali menjadi berwarna biru. Pada gambar 2.7 menunjukkan reaksi redoks indikator oksigen berbasis metilen biru (Mills, 2005).





Gambar 2.7 Mekanisme reaksi redoks metilen biru (World Health Organization International Agency for Research on Cancer, 2015)

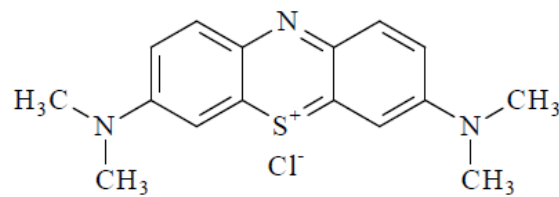
2.7 Tinjauan Bahan Penelitian

2.7.1 Metilen Biru

Metilen biru merupakan senyawa kimia aromatik heterosiklik dengan rumus molekul $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$. Metilen biru memiliki massa molekul 319,85 g/mol dan tidak leleh 100°C . Pada suhu ruang, metilen biru berbentuk serbuk warna hijau tua, tidak berbau, dan menjadi warna biru saat dilarutkan dalam air. *Material Safety Data Sheet* (MSDS) atau data keamanan metilen biru terdapat pada lampiran D.

Karakteristik metilen biru diantaranya adalah :

- Massa Molekul : 319,85 g/mol
- Pemerian : hablur atau serbuk hablur warna hijau tua dan tidak berbau. Stabil di udara, larutan dalam air dan dalam etanol berwarna biru tua
- Kelarutan : larut dalam air dan kloroform, agak sukar larut dalam etanol (FI IV, 1995)

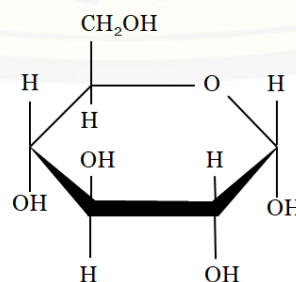


Gambar 2.8 Struktur kimia metilen biru (Arvand dkk., 2003)

2.7.2 Glukosa

Glukosa adalah suatu gula yang diperoleh dari hidrolisis pati yang mengandung satu molekul air hidrat atau anhidrat. Pada penelitian ini, glukosa digunakan sebagai agen pereduksi sehingga mampu merubah metilen biru menjadi leukometilen biru dan tidak berwarna. Glukosa merupakan gula pereduksi yang ditandai dengan kondisi struktur kimianya dalam bentuk rantai terbuka. Gula pereduksi adalah semua gula yang memiliki kemampuan untuk mereduksi dikarenakan adanya gugus aldehid atau keton bebas (Winarno, 2008). Karakteristik glukosa diantaranya adalah :

- Rumus kimia : $C_6H_{12}O_6$
- Massa Molekul: 198,17 g/mol
- Pemerian : hablur tidak berwarna, serbuk hablur atau serbuk granul putih, tidak berbau, rasa manis
- Kelarutan : mudah larut dalam air, sangat mudah larut dalam air mendidih, larut dalam etanol mendidih dan sukar larut dalam etanol (FI IV, 1995)



Gambar 2.9 Struktur glukosa

2.7.3 Kalium Hidroksida

Kalium hidroksida (KOH) banyak digunakan dalam formulasi farmasi untuk mengatur pH suatu larutan. KOH dengan pH 13,5 ini dapat bereaksi dengan asam lemah dan membentuk garam. Penggunaan KOH dalam penelitian ini adalah sebagai *alkalizing agent*, sehingga pada kondisi alkali KOH dapat mempercepat proses glukosa dalam mereduksi metilen biru. Kalium hidroksida sendiri merupakan basa yang berwarna putih sehingga perubahan warna yang akan terjadi pada indikator dapat terlihat dengan jelas. Kalium hidroksida berbentuk pelet kecil, serpihan batang atau kristal. Massa molekul dari KOH adalah 56,105 g/mol serta bersifat higroskopis dan *deliquescent*. KOH dapat larut dalam air dan tidak larut dalam eter (Rowe dkk., 2009).

2.7.4 Gelatin

Gelatin adalah istilah generik untuk campuran fraksi protein yang dimurnikan dan diperoleh dari hidrolisis asam parsial (gelatin tipe A) atau hidrolisis basa parsial (gelatin tipe B) dari kolagen hewan ternak, tulang babi, kulit sapi, kulit babi dan kulit ikan. Umumnya gelatin digunakan pada kebanyakan formulasi sediaan farmasi yaitu produk oral dan parenteral. Gelatin berfungsi sebagai agen pembentuk gel, agen pembentuk film, pensuspensi, bahan pengikat tablet, dan meningkatkan kekentalan (Rowe dkk., 2009). Dalam fungsinya sebagai pembentuk gel yaitu mengubah cairan menjadi padatan yang elastis, atau mengubah bentuk cair menjadi gel, gelatin mempunyai sifat reversibel yaitu jika gel dipanaskan akan membentuk cair dan bila didinginkan akan membentuk gel kembali (Koswara, 2009).

Sifat gelatin antara lain berwarna kuning, praktis tidak berbau, tidak berasa, bentuk serpihan dan butiran atau bubuk kasar. Gelatin kering stabil di udara. Sedangkan gelatin encer stabil dalam waktu lama jika disimpan dalam kondisi dingin namun rentan terdegradasi bakteri. Pada suhu 50 °C, larutan gelatin dapat mengalami depolimerisasi lambat dan penurunan kekuatan gel. Tingkat depolimerisasi tergantung pada berat molekul gelatin, dengan bahan yang berat

molekulnya rendah dapat membusuk lebih cepat (Rowe dkk., 2009). Kelarutannya tidak larut dalam air dingin, etanol, kloroform, eter, minyak lemak dan minyak menguap, larut dalam air panas, dalam asam asetat 6 N dan dalam campuran panas gliserin dan air; mengembang dan lunak bila dicelup dalam air. Stabilitasnya jika kering stabil di udara, tetapi mudah terurai oleh mikroba jika lembab atau dalam bentuk larutan (FI IV, 1995).

2.7.5 Agar

Agar merupakan salah satu polisakarida yang terdiri dari rantai linear galaktan dan merupakan koloid hidrofilik yang diekstrak dari alga laut tertentu dari kelas *Rhodophyceae*. Galaktan adalah polimer dari galaktosa. Galaktan dapat berupa rantai linear yang netral ataupun sudah terekstraksi dengan metil atau asam sulfat saat menyusun senyawa agar-agar. Galaktan yang sebagian monomer galaktosanya membentuk ester dengan metil disebut agarosa sedangkan galaktan yang teresterkan dengan asam sulfat dikenal sebagai agaropektin. Agarosa dan agaropektin adalah komponen utama dari agar. Agarosa merupakan suatu fraksi dari agar yang merupakan polimer netral dan sedikit mengandung sulfat. Agarosa dikenal sebagai fraksi pembentuk gel dari agar, dimana sifat-sifat gel yang dihasilkannya mendekati sifat-sifat gel ideal untuk keperluan bidang bioteknologi (Winarno, 2008).

Agar dapat berfungsi sebagai *emulsifying agent*, *stabilizing agent*, *suspending agent*, agen peningkat viskositas dan pengikat tablet. Sifat dari agar adalah transparan, tidak berbau, hambar atau tidak berasa, berbentuk serbuk kasar atau halus, warna kuning atau tidak berwarna. Teksturnya kuat dalam kondisi lembab dan mudah rapuh saat kering. Agar larut dalam air mendidih dan tidak larut dalam etanol 95% dan air dingin (Rowe dkk., 2009).

2.7.6 Whatman Cellulose Filter Papers

Kertas saring whatman *cellulose* dibuat dari *cotton* berkualitas tinggi, yang telah diolah untuk mendapatkan kandungan selulosa minimal 98%. Kertas saring selulosa ini digunakan untuk filtrasi dan dapat menunjukkan tingkat retensi partikel hingga 2,5 μm . Terdapat dua jenis kertas saring yaitu kertas saring kualitatif dan kuantitatif. Masing-masing jenis terdapat berbagai *grade* yang dibedakan berdasarkan tingkat kemurnian, kekerasan dan *chemical resistance* (ketahanan kimia). Whatman kualitatif biasa digunakan dalam teknik analisis kualitatif untuk menentukan dan mengidentifikasi bahan. Sedangkan whatman kuantitatif biasa digunakan untuk analisis gravimetrik dan preparasi sampel pada analisis instrumental (Nair, 2014).

Pada penelitian ini, digunakan kertas saring whatman *grade 1*. Filter ini memiliki rentang lingkaran berdiameter 10 mm sampai 500 mm dan lembaran 460 mm x 570 mm. Filter ini paling banyak digunakan dalam pemisahan analisis kualitatif untuk beberapa presipitat seperti kalsium oksalat dan kalsium karbonat. Dalam bidang pertanian, filter ini digunakan untuk analisis tanah dan pengujian benih. Sedangkan dalam industri pangan, filter ini digunakan untuk berbagai teknik untuk memisahkan bahan makanan padat dari cairan atau untuk mengeluarkan cairan (Nair, 2014). Berikut adalah karakteristik dari whatman *grade 1*:

- *Particle retention liquid*: 11 μm
- *Typical thickness* : 180 μm
- *Basis weight* : 88 g/m^2

2.8 Tinjauan Sampel

2.8.1 Kerupuk

Kerupuk dibagi menjadi dua jenis yaitu kerupuk halus dan kerupuk kasar. Kerupuk kasar dibuat dari bahan baku tepung yang ditambahkan bumbu, sedangkan kerupuk halus dibuat dari bahan baku tepung dengan penambahan bahan berprotein seperti ikan, udang, kedelai dan sebagainya (Wijandi dkk., 1975). Pada penelitian ini, digunakan kerupuk kulit atau dikenal dengan nama kerupuk rambak. Kerupuk

rambak tidak dibuat dari tepung melainkan dari kulit sapi, kerbau, kelinci, ayam atau kulit ikan yang dikeringkan.

Kerupuk memiliki tekstur berongga dan renyah, hal ini merupakan salah satu mutu dari kerupuk. Sifat renyah pada kerupuk berpengaruh terhadap kualitas produk pangan dan berperan dalam metode penyimpanan suatu produk pangan. Sifat kerupuk mudah melempem, hal ini berkaitan dengan kelembaban udara lingkungan dan tingkat penyerapan air pada produk kerupuk. Interaksi antara lama penyimpanan dan jenis pengemasan memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kekerasan kerupuk yang dihasilkan. Kerenyahan kerupuk sangat ditentukan oleh kadar airnya. Semakin banyak mengandung air, maka kerupuk akan semakin kurang renyah (Soemarno, 2005).

2.9 Evaluasi Sampel

Pada penelitian ini, evaluasi sampel yang dilakukan meliputi *sensory evaluation*, penambahan bobot dan uji tekstur dengan penjelasannya sebagai berikut:

a. *Sensory evaluation*

Evaluasi sensori merupakan cara pengujian dengan menggunakan indera manusia sebagai alat utama untuk pengukuran daya penerimaan terhadap produk. Evaluasi sensori disebut juga penilaian inderawi (uji organoleptik) karena mengukur sifat-sifat inderawi (organoleptik). Evaluasi sensori dapat digunakan untuk menilai adanya perubahan yang dikehendaki atau tidak dikehendaki dalam suatu produk. Adapun syarat-syarat yang harus ada dalam uji ini adalah adanya contoh sampel, adanya panelis dan pernyataan respon yang jujur. Dalam penilaian bahan pangan, sifat yang menentukan diterima atau tidak suatu produk adalah sifat inderawinya. Penilaian inderawi dapat meliputi penilaian terhadap warna, rasa, aroma, dan tekstur (Rifqa, 2017)

b. Penambahan bobot

Pada kondisi kemasan yang bocor tentu memiliki tingkat kelembaban yang tinggi, sehingga produk pangan terutama kerupuk akan mudah menyerap uap air

dan mengalami penurunan kerenyahan. Semakin banyak uap air yang terserap oleh kerupuk, menyebabkan semakin berkurangnya kerenyahan yang ditunjukkan melalui penambahan bobot kerupuk. Menurut Katz dan Labuza, air akan melarutkan dan melunakkan matriks pati dan protein yang ada pada sebagian bahan pangan yang mengakibatkan perubahan kekuatan mekanik termasuk kerenyahan (Katz dan Labuza, 1981). Selain itu, kenaikan kadar air dapat menjadi tempat pertumbuhan mikroba dan terjadi reaksi kimiawi pada produk yang dikemas seperti oksidasi yang bisa berpengaruh terhadap kerusakan mutu produk (Amertaningtyas dkk., 2010).

c. Uji tekstur

Berdasarkan karakteristik mutu, secara umum kerupuk memiliki tekstur yang renyah dan memiliki volume yang mengembang. Tekstur merupakan bagian penting dari mutu makanan, kadang-kadang tekstur tersebut lebih penting dari pada warna, bau, dan rasa (Rosiani, 2015). Pengukuran tekstur dalam penelitian ini dilakukan menggunakan alat rheotex SD-700. Instrumen ini digunakan untuk mengetahui profil tekstur pada kerupuk seperti kekerasan atau kerapuhan. Prinsip dari rheotex ini adalah meletakkan jarum rheotex pada kerupuk, kemudian dilanjutkan dengan membaca angka yang ditunjukkan jarum rheotex yaitu dengan satuan g/mm.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratorik.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biosensor Fakultas Farmasi dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember mulai Desember 2017 sampai April 2018.

3.3 Definisi Operasional Variabel

3.3.1 Klasifikasi Variabel

a. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah waktu respon, waktu pakai, reproduibilitas dan perubahan warna pada sensor.

b. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tingkat kebocoran pada kemasan kerupuk rambak yaitu 0,2 cm; 0,5 cm dan 1 cm.

c. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah konsentrasi indikator metilen biru, konsentrasi glukosa dan jenis matriks.

3.3.2 Definisi Operasional Variabel

- a. Membran sensor adalah sensor oksigen yang belum siap diaplikasikan pada sampel, belum dikemas dalam blister dan masih terdiri dari reagen yang diimmobilisasikan pada matriks.

- b. *Smart label* adalah sensor oksigen yang sudah diimobilisasi pada matriks dan sudah dikemas dalam blister serta siap diaplikasikan pada sampel.
- c. Kerupuk yang digunakan pada penelitian ini adalah kerupuk kulit atau kerupuk rambak produksi dari UD WIRA USAHA yang dibeli dari toko oleh-oleh Jember. Kerupuk rambak dipilih karena memiliki tekstur yang renyah dan berongga serta dapat memudahkan air untuk masuk dan mempengaruhi kerenyahan kerupuk.
- d. *Crispy* atau renyah adalah tekstur renyah dan rasanya tetap enak.
- e. *OK* atau masih baik adalah sedikit tidak renyah saat dipatahkan dan rasa kerupuk rambaknya sedikit berubah.
- f. *Not crispy* atau tidak renyah adalah tidak renyah saat dipatahkan dan saat dikunyah teksturnya sangat keras serta rasa kerupuk rambaknya sudah berubah.
- g. Kertas whatman yang digunakan sebagai matriks adalah *whatman paper grade 1*. Pemilihan *grade 1* karena memiliki harga yang terjangkau serta dalam penelitian ini tidak dipengaruhi oleh ukuran pori kertas, namun hanya diperlukan kemampuan kertas dalam menyerap dan menahan molekul reagen.
- h. Satuan yang digunakan untuk mengukur laju penambahan bobot kerupuk adalah %.
- i. Satuan yang digunakan untuk mengukur laju tekstur kerupuk adalah g/mm.
- j. Satuan yang digunakan untuk mengukur *mean blue* sebagai respon peningkatan atau penurunan intensitas warna sensor adalah *pixel*.
- k. Syarat panelis yang digunakan adalah sehat.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu ukur, gelas kimia, timbangan digital, vial, batang pengaduk, pipet tetes, mikropipet 10-100 μl dan 100-1000 μl , *hotplate*, *magnetic stirrer*, *rheotex*, *sealer* dan *scanner*.

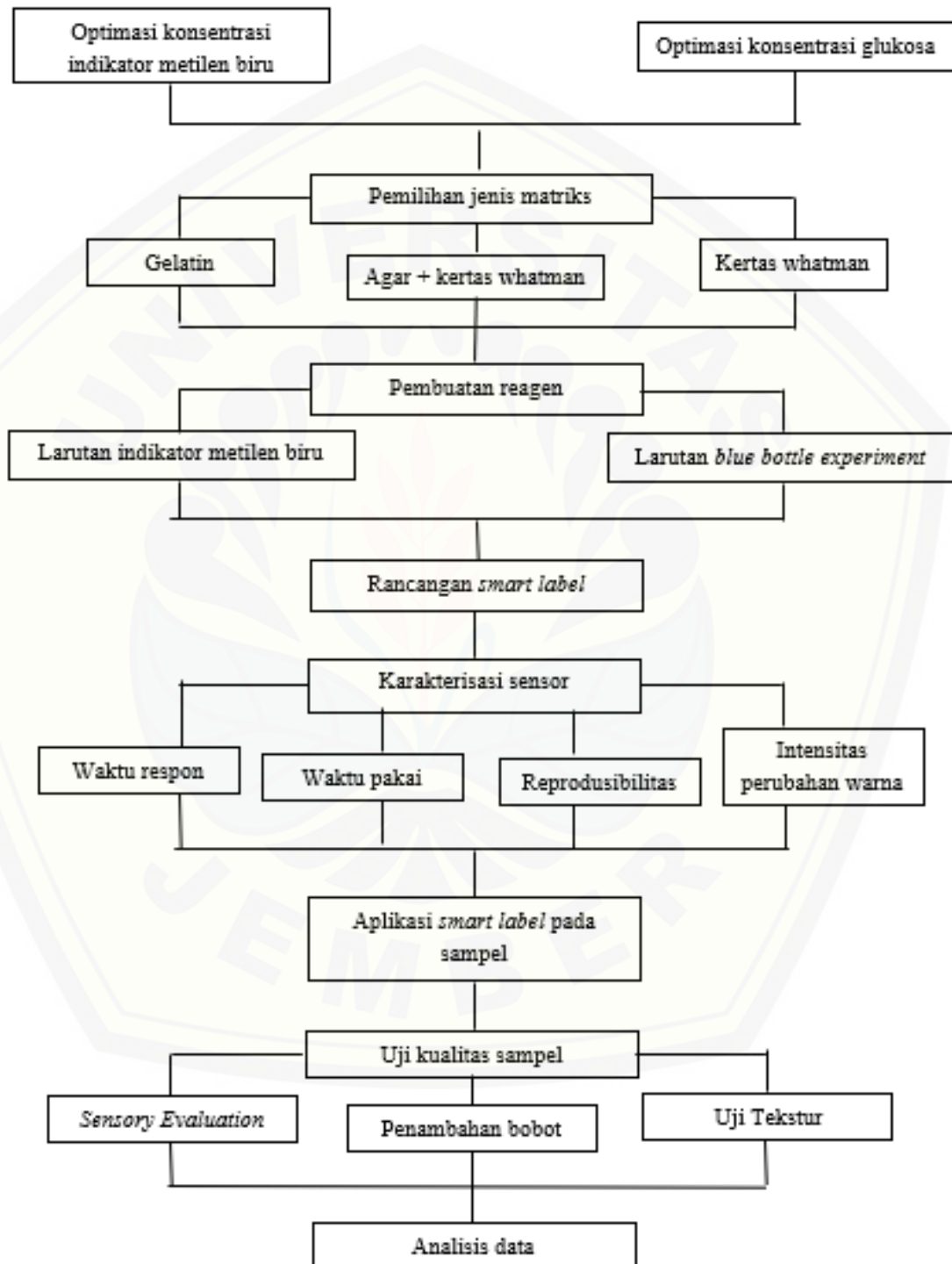
3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah metilen biru, glukosa, kalium hidroksida, gelatin, agar, kertas whatman, akuades, blister obat, plastik, sampel kerupuk rambak dan program *imageJ*.



3.5 Alur Penelitian

Secara umum penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap seperti gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Optimasi Membran Sensor

a. Optimasi Konsentrasi Indikator Metilen Biru

Penentuan optimasi konsentrasi indikator metilen biru dilakukan pada tiga macam konsentrasi yaitu 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm. Parameter konsentrasi terbaik dilakukan pada konsentrasi yang memberikan perubahan warna yang baik dan stabil saat immobilisasi dalam larutan *blue bottle experiment*.

b. Optimasi Konsentrasi Glukosa

Penentuan optimasi konsentrasi glukosa dilakukan pada beberapa jumlah glukosa yaitu 0,1%; 0,25%; 0,5%; 1%; 2%; 3%; 4% dan 5%. Parameter konsentrasi terbaik diberikan pada larutan yang stabil yaitu larutan yang tidak cepat berubah menjadi warna kuning.

3.6.2 Pemilihan Jenis Matriks

a. Gelatin

Ditimbang 1,2 gram gelatin dilarutkan dalam akuades 20 ml menggunakan *hotplate* dan *magnetic stirrer* pada suhu 100°C sampai mendidih dan terlarut. Ditambah larutan *blue bottle experiment* ke dalam gelatin yang mendidih dengan perbandingan volume reagen metilen biru dan gelatin 1:2, 1:4 dan 1:6. Didiamkan selama ± 30 menit pada suhu ruang kemudian dimasukkan dalam *refrigerator* sampai membentuk gel dan diamati perubahan warnanya dari bening menjadi biru.

b. Agar dan kertas whatman

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan optimasi konsentrasi agar yang digunakan dalam pembuatan membran sensor oksigen. Konsentrasi yang terpilih adalah dengan menimbang 150 mg Agar yang dilarutkan dalam 10 ml akuades menggunakan *hotplate* dan *magnetic stirrer* pada suhu 100°C sampai mendidih. Setelah itu, ditambah larutan *blue bottle experiment* ke dalam agar yang mendidih dengan perbandingan volume reagen metilen biru dan agar 1:2 (Giant, 2012). Kemudian ditambahkan 40 μ l dalam plat tetes yang sudah terisi kertas whatman

dengan diameter 7 mm dan didiamkan pada suhu ruang sampai membentuk agar. Kemudian diamati perubahan warnanya dari tidak berwarna menjadi biru.

c. Kertas whatman

Disiapkan plat tetes yang sudah terisi kertas whatman dengan diameter 7 mm. Kemudian ditambah 40 μ l larutan *blue bottle experiment*. Setelah itu, diamati perubahan warnanya dari putih menjadi biru.

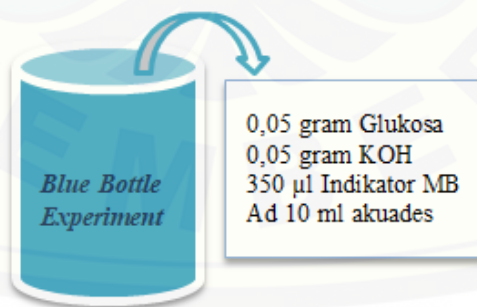
3.6.3 Pembuatan Reagen

a. Pembuatan indikator metilen biru

Ditimbang 20 mg metilen biru kemudian dilarutkan dalam 10 ml akuades diperoleh larutan dengan konsentrasi 2000 ppm.

b. Pembuatan larutan *blue bottle experiment*

Perbandingan jumlah KOH dengan glukosa adalah 1:1. Jumlah KOH yang ditambahkan adalah 0,089 N yaitu dengan menimbang 0,05 gram KOH dilarutkan dalam akuades, lalu ditambahkan 0,05 gram glukosa diaduk sampai homogen. Kemudian dimasukkan dalam labu ukur 10 ml. Ditambah 350 μ l indikator metilen biru dan akuades ad 10 ml ,tutup dan kocok sampai homogen. Larutan ini mempunyai nilai kebasaan yang tinggi yaitu pH 13. Gambar 3.2 menunjukkan komposisi larutan *blue bottle experiment*.



Gambar 3.2 Larutan *blue bottle experiment*

3.6.4 Rancangan *Smart Label*

a. Pembuatan *smart label*

Pembuatan membran *smart label* dilakukan dengan menempatkan kertas whatman diameter 7 mm dalam blister obat. Kemudian dimasukkan 40 μ l larutan *blue bottle experiment*. Setelah itu, blister ditutup dengan aluminium foil untuk mencegah masuknya oksigen ke dalam blister. Gambar 3.3 menunjukkan komposisi *smart label*.



Gambar 3.3 Komposisi *smart label*

b. *Smart label*

Smart label dilekatkan pada bagian dalam dari pembungkus kemasan kerupuk dilengkapi dengan *crispy sign* atau tanda kerenyahan yang dapat memberi informasi pada konsumen tentang kondisi produk dalam kemasan, yang terdiri dari tiga kondisi kerupuk yaitu *crispy* (renyah), *OK* (masih baik) dan *not crispy* (tidak renyah). Desain *smart label* dapat ditunjukkan pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Desain *smart label*

3.6.5 Karakterisasi Sensor

a. Waktu respon

Penentuan waktu respon dilakukan untuk mengetahui kecepatan penyerapan oksigen serta kecepatan glukosa mereduksi metilen biru. Dilakukan dengan mengamati secara visual mulai terjadinya perubahan warna dari putih sampai menjadi biru saat sensor terpapar oksigen. Selain pengamatan visual, dilakukan pula pengukuran waktu perubahan warna yang terjadi. Waktu respon dilihat dari beberapa diameter lubang kebocoran kemasan yang berbeda, yaitu 0,2 cm; 0,5 cm dan 1 cm. Secara kuantitatif waktu respon ditentukan dengan nilai *mean blue* pada kondisi *steady state*.

b. Waktu pakai

Pengujian waktu pakai ini dilakukan dengan pengamatan secara visual kestabilan warna putih sebelum kontak dengan oksigen terhadap waktu kemudian sensor diaktivasi pada kemasan yang tidak bocor. Sensor oksigen yang memiliki waktu pakai yang lama, warna putih akan stabil selama tidak kontak dengan oksigen.

c. Reprodusibilitas

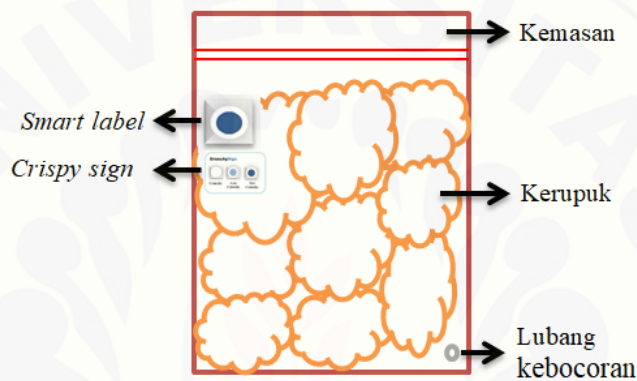
Reprodusibilitas dinyatakan sebagai kepresisian respon sensor terhadap analit yang diukur pada waktu yang berbeda dan kondisi yang relatif sama. Pada penelitian ini, reprodusibilitas sensor ditentukan dengan menghitung standar deviasi relatif (RSD) dari 6 kali replikasi terhadap sensor yang berbeda dengan diameter lubang yang berbeda selama 3 hari. Data diukur menggunakan nilai *mean blue* dan dihitung nilai RSD. Reprodusibilitas sensor terhadap analit dapat digolongkan presisi bila kesesuaian respon antara respon satu dengan yang lainnya dinyatakan dengan nilai RSD <5%.

d. Intensitas perubahan warna

Perubahan warna membran sensor dari putih menjadi biru menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi oksigen dalam kemasan. Secara kuantitatif dapat diketahui melalui nilai *mean blue* menggunakan program *ImageJ*.

3.6.6 Aplikasi *Smart Label* pada Sampel

Smart label diletakkan dalam kemasan kerupuk berjenis plastik. Untuk menunjukkan sensitivitas membran sensor dibuat variasi diameter lubang kebocoran pada kemasan yaitu 0,2 cm; 0,5 cm dan 1 cm. Intensitas perubahan warna dilihat dengan menggunakan program *imageJ*. Analisis terhadap parameter rasa dan kerenyahan kerupuk dilakukan dengan pengumpulan data dari panelis untuk dikorelasikan dengan perubahan warna pada membran sensor.



Gambar 3.5 Desain penempatan *smart label* pada kemasan kerupuk

3.6.7 Uji Kualitas Sampel

a. *Sensory evaluation*

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi sensori guna mengetahui tingkat penerimaan sensori panelis terhadap kerupuk. Uji sensori yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji skoring dengan jumlah 10 panelis. Parameter yang diujikan pada evaluasi sensori ini meliputi rasa dan kerenyahan kerupuk. Pada penilaian sensori ini menggunakan metode uji skoring menggunakan skala numerik. Ada tiga skala penilaian dalam uji skoring ini yaitu (1) *crispy* (renyah), (2) *OK* (masih baik) dan (3) *not crispy* (tidak renyah). Batas penolakan responden adalah diatas skor 3. Skor tersebut dinyatakan sebagai kondisi dimana produk dalam kondisi tidak baik untuk dikonsumsi.

b. Penambahan bobot

Penentuan penambahan bobot ditentukan berdasarkan prosentase penambahan bobot bahan sejak awal pengemasan sampai terjadi kebocoran kemasan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung penambahan bobot adalah sebagai berikut :

$$\text{Penambahan bobot (\%)} = \frac{H1-H0}{H0} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

H0 : bobot bahan awal (gram)

H1 : bobot bahan akhir (gram)

c. Uji tekstur

Kualitas sampel juga ditentukan dengan penguraian tekstur. Uji tekstur dilakukan secara kuantitatif menggunakan alat rheotex. Sampel diletakkan tepat dibawah jarum rheotex, kemudian menempatkan ujung jarum sampai menyentuh permukaan kerupuk. *Distance* yang digunakan adalah 3 mm. Kemudian menekan tombol *start* beberapa detik sampai terdengar bunyi (tanda selesai) dan hasilnya akan muncul pada layar rheotex. Rheotex memiliki prinsip tingkat kekerasan sampel yang dinyatakan dalam satuan g/mm, yang berarti besarnya gaya tekan yang diperlukan untuk menembus produk hingga kedalaman tertentu. Semakin besar nilai yang muncul pada rheotex menunjukkan bahwa tekstur sampel tersebut semakin keras. Pengukuran ini dilakukan pada 5 titik yang berbeda dan hasil akhir diperoleh dari nilai rata-rata angka rheotex. Gambar 3.6 menunjukkan alat rheotex SD-700 yang digunakan pada uji tekstur sampel.



Gambar 3.6 Rheotex SD-700

3.6.8 Analisis Data

Pengolahan data penelitian menggunakan metode deskriptif. Data hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah interpretasi data. Data yang dihasilkan akan mengelompokkan tiga tingkat kerenyahan kerupuk yaitu putih renyah/ *crispy*, ungu masih baik/ *OK* dan biru tidak renyah/ *not crispy*. Dilakukan perhitungan standar deviasi (SD) dan relatif standar deviasi (RSD) terhadap data hasil pengamatan. Standar deviasi dan simpangan baku relatif (RSD) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum |Xd - \bar{X}d|^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$RSD = \frac{SD}{X} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

- Keterangan :
- SD : standar deviasi
 - RSD : relatif standar deviasi
 - X : rata-rata hitung
 - n : jumlah data

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Kondisi optimum membran yang digunakan sebagai sensor oksigen untuk deteksi kebocoran pada kemasan pangan adalah konsentrasi indikator metilen biru 2000 ppm dan konsentrasi glukosa 0,5% serta jenis matriks yang terpilih adalah kertas whatman.
2. Nilai *mean blue* yang dihasilkan menunjukkan adanya intensitas perubahan warna sensor yang semakin menurun. Hasil dari karakterisasi waktu respon pada tingkat kebocoran 0,2 cm, 0,5 cm dan 1 cm berturut-turut adalah jam ke 10, jam ke 9 dan jam ke 7. Reprodusibilitas sensor dari tiap tingkat kebocoran yang dilakukan selama 3 hari didapatkan nilai RSD <5% yang berarti telah memenuhi syarat presisi. Namun, waktu pakai yang dimiliki sensor ini adalah ± 25 jam yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang sulit terkontrol.
3. Berdasarkan hasil perubahan intensitas warna sensor dengan uji kualitas sampel menunjukkan hubungan yang positif. Artinya pada *sensory evaluation* menunjukkan hubungan yang positif, semakin rendah nilai *mean blue* maka nilai panelis terhadap rasa dan kerenyahan kerupuk semakin besar dan menunjukkan bahwa kerupuk semakin tidak renyah yang ditunjukkan dengan nilai skor 3. Sedangkan pada hasil uji penambahan bobot semakin kecil nilai *mean blue* yang ditunjukkan dengan sensor berwarna biru, maka semakin besar % penambahan bobot kerupuk yang menunjukkan bahwa kerupuk tidak renyah, karena kondisi didalam kemasan yang lembab dan menyebabkan sampel mengandung banyak air serta terjadi penambahan bobot pada sampel. Sedangkan pada hasil uji tekstur menunjukkan semakin kecil nilai *mean blue* yang ditunjukkan dengan sensor berwarna biru, maka semakin besar nilai tekstur yang menunjukkan bahwa kerupuk tidak renyah, karena dipengaruhi oleh banyaknya kadar air yang membuat gaya untuk menembus sampel semakin besar.

4. Pengaplikasian sensor oksigen pada kemasan pangan sangat mudah dan sederhana yaitu dengan menempatkan sensor dibagian dalam kemasan yang disertai dengan *crispy sign* atau tanda kerenyahan agar konsumen dapat mengetahui kondisi dari produk yang dikemas tersebut.

5.2 Saran

Kelebihan dari indikator metilen biru yang sensitif dan spesifik terhadap oksigen juga menjadi salah satu dari kelemahan *smart label* ini. Maka dari itu untuk meningkatkan stabilitas sensor perlu dilakukan pengembangan sensor kebocoran oksigen menggunakan indikator metilen biru yang preparasi sensornya dilakukan degasi menggunakan nitrogen. Selain itu indikator metilen biru juga dapat digunakan untuk indikator pada sistem kemasan *Modified Atmosphere Packaging* (MAP). Perlu dilakukan pengembangan sensor kebocoran oksigen menggunakan *natural indicator* agar tidak toksik saat kontak dengan sampel contohnya *laccase*, *guaiacol* dan *cysteine* yang bisa didapatkan dari hasil sintesis bahan alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ameraningtyas, D., M. C. Padaga, M. E. Sawitri, dan K. U. Al Awwaly. 2010. Kualitas organoleptik (kerenyahan dan rasa) kerupuk rambak kulit kelinci pada teknik buang bulu yang berbeda. *Jurnal Ilmu Teknologi Dan Hasil Ternak*. 5(1):18–23.
- Arvand, M., S. Sohrabnezhad, M. F. Mousavi, M. Shamsipur, dan M. A. Zanjanchi. 2003. Electrochemical study of methylene blue incorporated into mordenite type zeolite and its application for amperometric determination of ascorbic acid in real samples. *Analytica Chimica Acta*. 491(2):193–201.
- Belitz, H.D. dan W. Grosch, 1999. Food Chemistry. 2nd Ed, Springer, Berlin. <https://www.springer.com/gp/book/9783540699330>. [Diakses pada 6 Mei 2018]
- Ditjen POM. 1995. Farmakope Indonesia. Edisi IV. Jakarta: Departemen Kesehatan RI. Hal 300, 445, 504.
- Dyah, L. 2017. Causal factors and characteristics of expired food that affect negatively to the public health. Surakarta: APIKES Citra Medika Surakarta.
- Eggins, B. R. 1996. Immobilisation of biological component. 31–50.
- Ghaani, M., C. A. Cozzolino, G. Castelli, dan S. Farris. 2016. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science and Technology*. 51:1–11.
- Giant, B. 2012. Pengembangan Sensor Kebocoran Oksigen berbasis Metilen Biru pada Produk Makanan Kemasan. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

- Huff, K. 2008. Active and intelligent packaging: innovations for the future. *Department of Food Science & Technology*. 1–13.
- Jones, P.J.H. & Stanley, K. 1999. Lipids, sterol, and their metabolites. Dalam: M.E. Shils, J.A. Olson, M. Shike, & A.C. Ross, (editors). 9th ed. *Modern nutrition in health and disease*. Baltimore: Williams & Wilkins A Waverly Company.
- Katz, E. E. dan T. P. Labuza. 1981. Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. *46(3):403–409*.
- Ketaren, S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Universitas Indonesia Press. Jakarta
- Koswara, S. 2009. Teknologi pembuatan permen. *Ebook Pangan*. 1–60.
- Kuswandi, B. 2010. *Sensor kimia: teori, praktek dan aplikasi*. Jember: Jember University Press.
- Mills, A. 2005. Oxygen indicators and intelligent inks for packaging food. *Chemical Society Reviews*. 34(12):1003.
- Nair, P. 2014. Whatman price catalog. *General Electric Company*. [Diakses pada 21 Februari 2018].
- Narayanaswamy, R. 2006. Optical chemical sensors and biosensors for food safety and security applications. *Acta Biologica Szegediensis*. 50(3–4):105–108.
- National Center for Biotechnology Information. Pubchem: Open Chemistry Database. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. [Diakses pada 29 Desember 2018].

National Library of Medicine. Toxnet: Toxicology Data Network. <https://toxnet.nlm.nih.gov/>. [Diakses pada 4 Februari 2018].

Nurhayati, A. R. I., P. Studi, T. Hasil, dan F. Peternakan. 2007. Sifat kimia kerupuk goreng yang diberi penambahan tepung daging sapi dan perubahan bilangan tba selama penyimpanan. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Pradipta, I. 2011. Karakteristik Fisikokimia dan Sensori Sack Bar dengan Penambahan Salak Pondoh Kering. *Skripsi*. Fakultas Petranian Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Rosiani, N. 2015. Properties of fortified crackers with aloe vera using microwave. VIII(2):84–98.

Rowe, R., P. Sheskey, dan M. Quinn. 2009. Handbook of pharmaceutical excipients. *Handbook of Pharmaceutical Excipients, Sixth Edition*. 549–553.

Rifqa, Ayu. 2017. Pengembangan indikator bromfenol biru dan bromtimol biru pada label pintar sebagai sensor kematangan buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

Svehla, G. 1990. Bagian II: Vogel Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. Jakarta: PT Kalman Media Pusaka.

Soemarno. 2005. Kerupuk Udang. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Takano, I., I. Yasuda, K. Takeya, dan H. Itokawa. 1995. Guaiane sesquiterpene lactones from curcuma aeruginosa. *Phytochemistry*. 40(4):1197–1200.

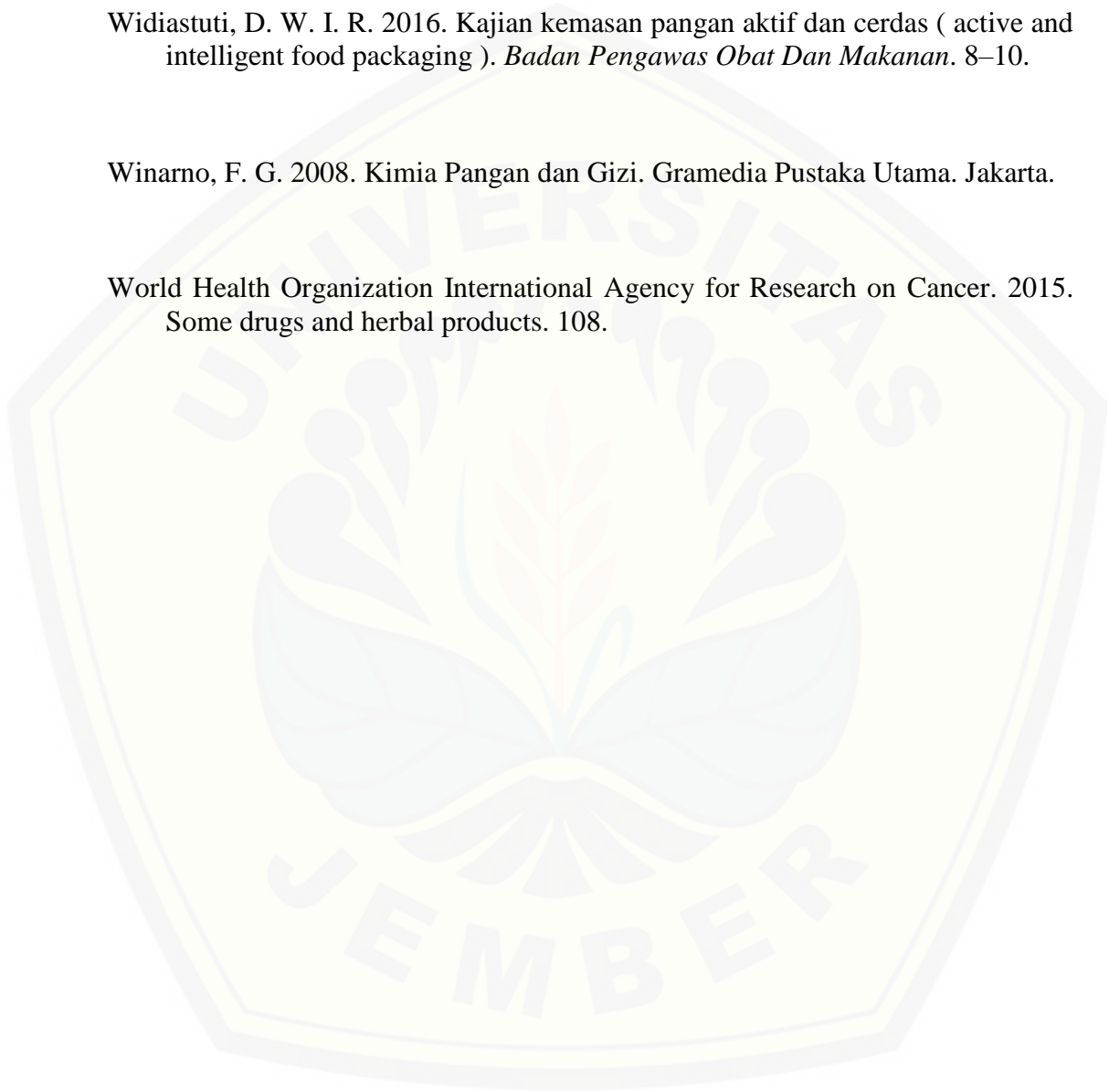
Van Der Walle, C. 2011. Peptide and Protein Delivery. Elsevier, Inc. USA Vol. 13, No.3, Halaman 37-42.

Wahyunintyas, N., Basito, dan W. Atmaka. 2014. Teknologi, jurusan pertanian, hasil maret, universitas sebelas. 3(2)

Widiastuti, D. W. I. R. 2016. Kajian kemasan pangan aktif dan cerdas (active and intelligent food packaging). *Badan Pengawas Obat Dan Makanan*. 8–10.

Winarno, F. G. 2008. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

World Health Organization International Agency for Research on Cancer. 2015. Some drugs and herbal products. 108.



Lampiran A. Data Karakterisasi Sensor

1. Nilai *mean blue* pada sensor

a. Tingkat kebocoran 0,2 cm

Replikasi	Waktu (jam)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	200,005	199,519	178,578	173,514	168,683	157,201	148,069	146,160	140,966	137,680	132,015	130,524
2	190,870	186,404	167,362	162,036	157,324	147,206	145,069	143,147	139,980	136,088	131,773	129,198
3	192,529	191,850	174,510	168,578	162,584	152,278	148,989	143,092	140,508	138,137	133,083	133,725
4	197,217	196,619	175,674	170,364	165,207	154,912	149,503	143,094	139,166	137,875	134,859	134,855
5	193,653	192,698	173,138	167,120	161,661	151,629	150,908	144,931	141,021	138,664	133,396	134,988
6	199,100	198,012	173,841	167,382	162,368	152,405	150,410	143,922	140,228	138,839	134,417	135,346
Rata-rata <i>mean blue</i>	195,562	194,184	173,851	168,166	162,971	152,605	148,825	144,058	140,312	137,881	133,257	133,106
SD	3,738	4,842	3,707	3,818	3,788	3,367	2,098	1,256	0,693	0,985	1,241	2,605
RSD	1,911%	2,494%	2,132%	2,270%	2,324%	2,207%	1,410%	0,872%	0,494%	0,714%	0,932%	1,957%

Replikasi	Waktu (jam)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,000	0,486	21,427	26,491	31,322	42,804	51,936	53,845	59,039	62,325	67,990	69,481
2	0,000	4,466	23,508	28,834	33,546	43,664	45,801	47,723	50,890	54,782	59,097	61,672
3	0,000	0,679	18,019	23,951	29,945	40,251	43,540	49,437	52,021	54,392	59,446	58,804

4	0,000	0,598	21,543	26,853	32,010	42,305	47,714	54,123	58,051	59,342	62,358	62,362
5	0,000	0,955	20,515	26,533	31,992	42,024	42,745	48,722	52,632	54,989	60,257	58,665
6	0,000	1,088	25,259	31,718	36,732	46,695	48,690	55,178	58,872	60,261	64,683	63,754
Rata-rata Δ mean blue	0,000	1,379	21,712	27,397	32,591	42,957	46,738	51,505	55,251	57,682	62,305	62,456
SD	0,000	1,529	2,489	2,626	2,340	2,150	3,430	3,229	3,784	3,390	3,482	3,984
RSD	0,000%	110,915%	11,466%	9,584%	7,179%	5,005%	7,339%	6,270%	6,850%	5,877%	5,589%	6,379%

b. Tingkat kebocoran 0,5 cm

Replikasi	Waktu (jam)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	200,010	198,719	188,126	173,832	165,483	159,875	154,401	147,624	139,975	133,116	132,170	130,102
2	201,241	200,938	185,781	176,403	167,342	160,554	154,566	148,117	142,709	132,065	132,742	131,522
3	200,975	199,832	186,678	174,756	165,435	159,841	155,207	147,411	140,770	134,043	131,592	130,519
4	201,653	200,849	183,321	173,729	166,351	158,900	157,094	145,734	139,632	132,978	132,196	132,558
5	202,106	199,947	185,784	177,677	168,166	162,104	155,694	146,546	140,733	129,749	134,396	130,761
6	201,562	200,877	186,151	174,657	166,823	160,342	156,172	146,419	138,934	133,368	129,214	129,235
Rata-rata mean blue	201,258	200,194	185,974	175,176	166,600	160,269	155,522	146,975	140,459	132,553	132,052	130,783
SD	0,722	0,874	1,567	1,556	1,070	1,065	1,019	0,889	1,302	1,515	1,689	1,151
RSD	0,359%	0,436%	0,842%	0,888%	0,642%	0,664%	0,655%	0,605%	0,927%	1,143%	1,279%	0,880%

Replikasi	Waktu (jam)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,000	1,291	11,884	26,178	34,527	40,135	45,609	52,386	60,035	66,894	67,840	69,908
2	0,000	0,303	15,460	24,838	33,899	40,687	46,675	53,124	58,532	69,176	68,499	69,719
3	0,000	1,143	14,297	26,219	35,540	41,134	45,768	53,564	60,205	66,932	69,383	70,456
4	0,000	0,804	18,332	27,924	35,302	42,753	44,559	55,919	62,021	68,675	69,457	69,095
5	0,000	2,159	16,322	24,429	33,940	40,002	46,412	55,560	61,373	72,357	67,710	71,345
6	0,000	0,685	15,411	26,905	34,739	41,220	45,390	55,143	62,628	68,194	72,348	72,327
Rata-rata Δ mean blue	0,000	1,064	15,284	26,082	34,658	40,989	45,736	54,283	60,799	68,705	69,206	70,475
SD	0,000	0,640	2,142	1,294	0,679	0,998	0,756	1,450	1,500	2,012	1,707	1,182
RSD	0,000%	60,129%	14,017%	4,963%	1,960%	2,435%	1,654%	2,670%	2,466%	2,929%	2,467%	1,677%

c. Tingkat kebocoran 1 cm

Replikasi	Waktu (jam)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	201,989	201,209	182,014	165,727	150,261	142,381	138,014	132,048	131,673	133,069	133,037	132,022
2	202,680	201,419	180,575	164,682	151,498	139,596	136,472	129,692	133,667	132,767	132,902	133,589
3	203,789	202,997	181,513	165,689	151,466	142,336	137,167	133,820	131,148	131,085	131,086	131,025
4	200,900	199,898	181,933	165,580	152,208	140,057	138,317	134,228	132,961	132,169	133,018	132,397
5	200,426	198,987	179,970	165,311	149,798	143,162	140,933	133,068	133,529	132,438	132,300	131,565
6	201,015	200,074	181,961	167,217	150,532	143,026	138,139	133,300	129,524	133,028	134,337	131,344

Rata-rata <i>mean blue</i>	201,800	200,764	181,328	165,701	150,961	141,760	138,174	132,693	132,084	132,426	132,780	131,990
SD	1,271	1,414	0,858	0,837	0,908	1,541	1,521	1,647	1,610	0,743	1,064	0,922
RSD	0,630%	0,704%	0,473%	0,505%	0,602%	1,087%	1,101%	1,241%	1,219%	0,561%	0,801%	0,699%

Replikasi	Waktu (jam)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,000	0,780	19,975	36,262	51,728	59,608	63,975	69,941	70,316	68,920	68,952	69,967
2	0,000	1,261	22,105	37,998	51,182	63,084	66,208	72,988	69,013	69,913	69,778	69,091
3	0,000	0,792	22,276	38,100	52,323	61,453	66,622	69,969	72,641	72,704	72,703	72,764
4	0,000	1,002	18,967	35,320	48,692	60,843	62,583	66,672	67,939	68,731	67,882	68,503
5	0,000	1,439	20,456	35,115	50,628	57,264	59,493	67,358	66,897	67,988	68,126	68,861
6	0,000	0,941	19,054	33,798	50,483	57,989	62,876	67,715	71,491	67,987	66,678	69,671
Rata-rata Δ <i>mean blue</i>	0,000	1,036	20,472	36,099	50,839	60,040	63,626	69,107	69,716	69,374	69,020	69,810
SD	0,000	0,264	1,445	1,703	1,256	2,191	2,627	2,342	2,176	1,780	2,084	1,542
RSD	0,000%	25,480%	7,060%	4,718%	2,471%	3,650%	4,128%	3,389%	3,121%	2,566%	3,020%	2,210%

2. Hubungan waktu vs rata-rata *mean blue*

Tingkat kebocoran	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,2 cm	194,184	173,851	168,166	162,971	152,605	148,825	144,058	140,312	137,881	133,257	133,106
0,5 cm	200,194	185,974	175,176	166,600	160,269	155,522	146,975	140,459	132,553	132,052	130,783
1 cm	200,764	181,328	165,701	150,961	141,760	138,174	132,693	132,084	132,426	132,780	131,990

3. Waktu pakai

Waktu (jam)	<i>Mean blue</i>
0	203,369
5	190,826
10	181,645
15	178,012
20	175,467
25	171,244
30	170,934
35	168,196
40	167,526
45	165,378
50	161,390
55	174,181
60	183,155

4. Nilai RSD *mean blue*

Hari	Tingkat Kebocoran	Waktu (jam)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,2 cm	2,494%	2,132%	2,270%	2,324%	2,207%	1,410%	0,872%	0,494%	0,714%	0,932%	1,957%
2	0,5 cm	0,436%	0,842%	0,888%	0,642%	0,664%	0,655%	0,605%	0,972%	1,143%	1,279%	0,880%
3	1 cm	0,704%	0,473%	0,505%	0,602%	1,087%	1,101%	1,241%	1,219%	0,561%	0,801%	0,699%
Rata-rata <i>mean blue</i>		1,211%	1,149%	1,221%	1,189%	1,319%	1,055%	0,906%	0,895%	0,806%	1,004%	1,179%

Hari	Tingkat Kebocoran	Waktu (jam)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,2 cm	110,915%	11,466%	9,584%	7,179%	5,005%	7,339%	6,270%	6,850%	5,877%	5,589%	6,379%
2	0,5 cm	60,129%	14,017%	4,963%	1,960%	2,435%	1,654%	2,670%	2,466%	2,929%	2,467%	1,677%
3	1 cm	25,480%	7,060%	4,718%	2,471%	3,650%	4,128%	3,389%	3,121%	2,566%	3,020%	2,210%
Rata-rata Δ <i>mean blue</i>		65,508%	10,848%	6,422%	3,870%	3,697%	4,374%	4,110%	4,146%	3,791%	3,692%	3,422%

Lampiran B. Data Uji Kualitas Sampel**1. Sensory evaluation**

a. Parameter rasa

a) Tingkat kebocoran 0,2 cm

Sampel 1

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
5	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
6	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
7	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
8	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
9	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
10	1	1	1	1	1	2	2	3	2	3	3
Rata-rata	1	1	1	1,2	1,4	1,8	2	2,3	2,4	3	3

Sampel 2

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
4	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
5	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
6	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
7	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
8	1	1	1	2	1	1	1	2	2	3	3
9	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
10	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
Rata-rata	1	1	1,1	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,5	3	3

Sampel 3

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
4	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
5	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
6	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
7	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
8	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
9	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
10	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
Rata-rata	1	1	1	1,2	1,4	1,6	2	2,1	2,4	3	3

Nilai rata-rata parameter rasa dari panelis:

Waktu (jam)	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0
3	1	1,1	1	1,0	0,1
4	1,2	1,4	1,2	1,3	0,1
5	1,4	1,6	1,4	1,5	0,1
6	1,8	1,7	1,6	1,7	0,1
7	2	1,9	2	2,0	0,1
8	2,3	2,1	2,1	2,2	0,1
9	2,4	2,5	2,4	2,4	0,1
10	3	3	3	3	0
11	3	3	3	3	0

Hubungan antara nilai *mean blue* dan nilai rata-rata rasa dari panelis:

Waktu (jam)	<i>Mean blue</i>	Nilai panelis rasa
1	194,184	1
2	173,851	1
3	168,166	1
4	162,971	1,3
5	152,605	1,5
6	148,825	1,7
7	144,058	2
8	140,312	2,2
9	137,881	2,4
10	133,257	3
11	133,106	3

b) Tingkat kebocoran 0,5 cm

Sampel 1

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
2	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
4	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
5	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3
6	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
7	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
8	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
9	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
10	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,8	3	3

Sampel 2

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
2	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3
3	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
5	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
6	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
7	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
8	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
9	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
10	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,3	1,5	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3	3

Sampel 3

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
3	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
4	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
5	1	1	1	2	2	3	2	2	3	3	3
6	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
7	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
8	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
9	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
10	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,9	3	3

Nilai rata-rata parameter rasa dari panelis:

Waktu (jam)	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0
3	1,3	1,3	1,3	1,3	0
4	1,5	1,5	1,6	1,5	0,1
5	1,7	1,6	1,9	1,7	0,2
6	1,9	1,9	2,1	2,0	0,1
7	2,2	2,2	2,3	2,2	0,1
8	2,4	2,4	2,4	2,4	0
9	2,8	2,7	2,9	2,8	0,1
10	3	3	3	3	0
11	3	3	3	3	0

Hubungan antara nilai *mean blue* dan nilai rata-rata rasa dari panelis:

Waktu (jam)	<i>mean blue</i>	nilai panelis rasa
1	200,194	1
2	185,974	1
3	175,176	1,3
4	166,600	1,5
5	160,269	1,7
6	155,522	2
7	146,975	2,2
8	140,459	2,4
9	132,553	2,8
10	132,052	3
11	130,783	3

c) Tingkat kebocoran 1 cm

Sampel 1

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
3	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
4	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
5	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
6	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
7	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
8	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
9	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
10	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,4	1,9	2,3	2,4	2,8	3	3	3	3

Sampel 2

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
2	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
3	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
4	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3
5	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
7	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
8	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
9	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
10	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,3	1,8	2,1	2,5	2,9	3	3	3	3

Sampel 3

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
3	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
4	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
5	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
6	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3
7	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
8	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
9	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
10	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,3	1,8	2	2,6	2,9	3	3	3	3

Nilai rata-rata parameter rasa dari panelis:

Waktu (jam)	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0
3	1,4	1,3	1,3	1,3	0,1
4	1,9	1,8	1,8	1,8	0,1
5	2,3	2,1	2	2,1	0,2
6	2,4	2,5	2,6	2,5	0,1
7	2,8	2,9	2,9	2,9	0,1
8	3	3	3	3	0
9	3	3	3	3	0
10	3	3	3	3	0
11	3	3	3	3	0

Hubungan antara nilai *mean blue* dan nilai rata-rata rasa dari panelis:

Waktu (jam)	<i>mean blue</i>	nilai panelis rasa
1	200,764	1
2	181,328	1
3	165,701	1,3
4	150,961	1,8
5	141,760	2,1
6	138,174	2,5
7	132,693	2,9
8	132,084	3
9	132,426	3
10	132,780	3
11	131,990	3

b. Parameter kerenyahan

a) Tingkat kebocoran 0,2 cm

Sampel 1

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
3	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
4	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
5	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
6	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
7	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
8	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
9	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
10	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,1	1,4	1,6	1,8	2	2,3	2,5	3	3

Sampel 2

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
2	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
4	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
6	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
7	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
8	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
9	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
10	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
Rata-rata	1	1	1,2	1,6	1,7	1,9	2	2,3	2,5	3	3

Sampel 3

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3
4	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
6	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3
7	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
8	1	1	1	2	2	1	2	2	2	3	3
9	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3
10	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3
Rata-rata	1	1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,2	2,3	3	3

Nilai rata-rata parameter kerenyahan dari panelis:

Waktu (jam)	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0
3	1,1	1,2	1,2	1,2	0,1
4	1,4	1,6	1,4	1,5	0,1
5	1,6	1,7	1,5	1,6	0,1
6	1,8	1,9	1,6	1,8	0,2
7	2	2	1,8	1,9	0,1
8	2,3	2,3	2,2	2,3	0,1
9	2,5	2,5	2,3	2,4	0,1
10	3	3	3	3	0
11	3	3	3	3	0

Hubungan antara nilai *mean blue* dan nilai rata-rata kerenyahan dari panelis:

Waktu (jam)	<i>mean blue</i>	nilai panelis rasa
1	194,184	1
2	173,851	1
3	168,166	1,2
4	162,971	1,5
5	152,605	1,6
6	148,825	1,8
7	144,058	1,9
8	140,312	2,3
9	137,881	2,4
10	133,257	3
11	133,106	3

b) Tingkat kebocoran 0,5 cm

Sampel 1

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
2	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
5	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
6	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
7	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
8	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	33
9	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
10	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,4	1,6	1,8	1,9	2,2	2,3	2,8	3	3

Sampel 2

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
5	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
6	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
7	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
8	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
9	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
10	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,2	1,4	1,7	1,8	2,2	2,4	2,8	3	3

Sampel 3

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
4	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
5	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
6	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
7	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
8	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
9	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
10	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,2	1,6	1,7	1,8	2,1	2,5	2,8	3	3

Nilai rata-rata parameter kerenyahan dari panelis:

Waktu (jam)	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0
3	1,4	1,2	1,2	1,3	0,1
4	1,6	1,4	1,6	1,5	0,1
5	1,8	1,7	1,7	1,7	0,1
6	1,9	1,8	1,8	1,8	0,1
7	2,2	2,2	2,1	2,2	0,1
8	2,3	2,4	2,5	2,4	0,1
9	2,8	2,8	2,8	2,8	0
10	3	3	3	3	0
11	3	3	3	3	0

Hubungan antara nilai *mean blue* dan nilai rata-rata kerenyahan dari panelis:

Waktu (jam)	<i>mean blue</i>	nilai panelis rasa
1	200,194	1
2	185,974	1
3	175,176	1,3
4	166,600	1,5
5	160,269	1,7
6	155,522	1,8
7	146,975	2,2
8	140,459	2,4
9	132,553	2,8
10	132,052	3
11	130,783	3

c) Tingkat kebocoran 1 cm

Sampel 1

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
2	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
3	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
4	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
5	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
6	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
7	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
8	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
9	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
10	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,2	1,5	1,7	2,2	2,4	3	3	3	3

Sampel 2

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
2	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
3	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
4	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
5	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
7	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
8	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
9	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
10	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,2	1,7	1,8	2,2	2,4	3	3	3	3

Sampel 3

Panelis	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
2	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
3	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
4	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
5	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
7	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
8	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3
9	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
10	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,3	1,7	2	2,4	2,7	3	3	3	3

Nilai rata-rata parameter kerenyahan dari panelis:

Waktu (jam)	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0
3	1,2	1,2	1,3	1,2	0,1
4	1,5	1,7	1,7	1,6	0,1
5	1,7	1,8	2	1,8	0,2
6	2,2	2,2	2,4	2,3	0,1
7	2,4	2,4	2,7	2,5	0,2
8	3	3	3	3	0
9	3	3	3	3	0
10	3	3	3	3	0
11	3	3	3	3	0

Hubungan antara nilai *mean blue* dan nilai rata-rata kerenyahan dari panelis:

Waktu (jam)	<i>mean blue</i>	nilai panelis kerenyahan
1	200,764	1
2	181,328	1
3	165,701	1,2
4	150,961	1,6
5	141,760	1,8
6	138,174	2,3
7	132,693	2,5
8	132,084	3
9	132,426	3
10	132,780	3
11	131,990	3

2. Penambahan Bobot

a) Tingkat kebocoran 0,2 cm

Replikasi	Bobot awal	Waktu (jam)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,4439	3,4486	3,4526	3,4563	3,4593	3,4617	3,4653	3,4674	3,4728	3,4762	3,4798	3,4822
2	3,1987	3,1995	3,1998	3,2014	3,2038	3,2056	3,2098	3,2120	3,2172	3,2211	3,2252	3,2310
3	3,6061	3,6105	3,6153	3,6190	3,6220	3,6251	3,6303	3,6318	3,6371	3,6410	3,6473	3,6499
4	3,9173	3,9206	3,9247	3,9274	3,9295	3,9316	3,9347	3,9382	3,9423	3,9457	3,9485	3,9502
5	3,1722	3,1759	3,1791	3,1829	3,1839	3,1863	3,1904	3,1922	3,1968	3,2009	3,2054	3,2100
6	3,2218	3,2259	3,2281	3,2306	3,2320	3,2343	3,2376	3,2390	3,2434	3,2471	3,2503	3,2544
Rata-rata	3,4267	3,4302	3,4333	3,4363	3,4384	3,4408	3,4447	3,4468	3,4516	3,4553	3,4594	3,4630
SD	0,2939	0,2943	0,2954	0,2955	0,2959	0,2960	0,2959	0,2964	0,2963	0,2961	0,2960	0,2946
RSD	8,577%	8,579%	8,603%	8,600%	8,605%	8,602%	8,589%	8,599%	8,583%	8,569%	8,556%	8,508%

Prosentase penambahan bobot tiap replikasi:

Replikasi	Waktu (jam)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,136%	0,253%	0,360%	0,447%	0,517%	0,621%	0,682%	0,839%	0,938%	1,042%	1,112%
2	0,025%	0,034%	0,084%	0,159%	0,216%	0,347%	0,416%	0,578%	0,700%	0,828%	1,010%
3	0,122%	0,255%	0,358%	0,441%	0,527%	0,671%	0,713%	0,860%	0,968%	1,143%	1,215%
4	0,084%	0,189%	0,258%	0,311%	0,365%	0,444%	0,534%	0,638%	0,725%	0,796%	0,840%

5	0,117%	0,218%	0,337%	0,369%	0,444%	0,574%	0,630%	0,775%	0,905%	1,047%	1,192%
6	0,127%	0,196%	0,273%	0,317%	0,388%	0,490%	0,534%	0,670%	0,785%	0,885%	1,012%
Rata-rata	0,102%	0,191%	0,278%	0,341%	0,410%	0,525%	0,585%	0,727%	0,837%	0,957%	1,064%

Hubungan antara *mean blue* dan nilai rata-rata % penambahan bobot:

Waktu (jam)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Mean blue</i>	195,562	194,184	173,851	168,166	162,971	152,605	148,825	144,058	140,312	137,881	133,257	133,106
%												
Penambahan bobot	0,000%	0,102%	0,191%	0,278%	0,341%	0,410%	0,525%	0,585%	0,727%	0,837%	0,957%	1,064%

b) Tingkat kebocoran 0,5 cm

Replikasi	Bobot awal	Waktu (jam)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,2278	3,2390	3,2429	3,2460	3,2476	3,2489	3,2530	3,2537	3,2541	3,2579	3,2625	3,2657
2	3,6278	3,6305	3,6310	3,6315	3,6324	3,6355	3,6362	3,6384	3,6417	3,6487	3,6505	3,6529
3	3,4994	3,5016	3,5042	3,5072	3,5090	3,5116	3,5142	3,5163	3,5182	3,5199	3,5268	3,5293
4	3,6210	3,6267	3,6278	3,6289	3,6297	3,6302	3,6358	3,6391	3,6410	3,6436	3,6476	3,6483
5	3,7610	3,7646	3,7666	3,7694	3,7716	3,7738	3,7754	3,7795	3,7850	3,7964	3,7990	3,8006
6	3,5581	3,5604	3,5618	3,5637	3,5653	3,5675	3,5695	3,5720	3,5740	3,5762	3,5781	3,5804
Rata-rata	3,5492	3,5538	3,5557	3,5578	3,5593	3,5613	3,5640	3,5665	3,5690	3,5738	3,5774	3,5795
SD	0,1800	0,1775	0,1766	0,1761	0,1761	0,1764	0,1757	0,1768	0,1783	0,1804	0,1795	0,1789
RSD	5,072%	4,994%	4,966%	4,950%	4,948%	4,952%	4,929%	4,956%	4,995%	5,048%	5,018%	4,997%

Prosentase penambahan bobot tiap replikasi:

Waktu (jam)	Replikasi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
1	0,347%	0,074%	0,063%	0,157%	0,096%	0,065%	0,134%
2	0,468%	0,088%	0,137%	0,188%	0,149%	0,104%	0,189%
3	0,564%	0,102%	0,223%	0,218%	0,223%	0,157%	0,248%
4	0,613%	0,127%	0,274%	0,240%	0,282%	0,202%	0,290%
5	0,654%	0,212%	0,349%	0,254%	0,304%	0,264%	0,340%
6	0,781%	0,232%	0,423%	0,409%	0,383%	0,320%	0,425%
7	0,802%	0,292%	0,483%	0,500%	0,492%	0,391%	0,493%
8	0,815%	0,383%	0,537%	0,552%	0,638%	0,447%	0,562%
9	0,933%	0,576%	0,586%	0,624%	0,941%	0,509%	0,695%
10	1,075%	0,626%	0,783%	0,735%	1,010%	0,562%	0,799%
11	1,174%	0,692%	0,854%	0,754%	1,053%	0,627%	0,859%

Hubungan antara *mean blue* dan nilai rata-rata % penambahan bobot:

Waktu	<i>Mean blue</i>	% penambahan bobot
0	201,258	0,000%
1	200,194	0,134%
2	185,974	0,189%
3	175,176	0,248%

4	166,600	0,290%
5	160,269	0,340%
6	155,522	0,425%
7	146,975	0,493%
8	140,459	0,562%
9	132,553	0,695%
10	132,052	0,799%
11	130,783	0,859%

c) Tingkat kebocoran 1 cm

Replikasi	Bobot awal	Waktu (jam)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,8106	3,8281	3,8980	3,9051	3,9150	3,9209	3,9266	3,9310	3,9337	3,9371	3,9424	3,9451
2	3,0695	3,0843	3,0893	3,0957	3,1008	3,1050	3,1095	3,1121	3,1143	3,1190	3,1225	3,1264
3	3,8037	3,8143	3,8148	3,8190	3,8263	3,8305	3,8341	3,8357	3,8360	3,8394	3,842	3,8466
4	3,0391	3,0427	3,0503	3,0573	3,0676	3,0752	3,0822	3,0853	3,0884	3,1073	3,1134	3,1192
5	3,7658	3,7712	3,7825	3,7912	3,7937	3,7977	3,8002	3,8105	3,8191	3,8225	3,827	3,8301
6	3,7834	3,7961	3,7989	3,8081	3,8153	3,8231	3,8276	3,8312	3,8333	3,8372	3,8403	3,8427
Rata-rata	3,5454	3,5561	3,5723	3,5794	3,5865	3,5921	3,5967	3,6010	3,6041	3,6104	3,6146	3,6184
SD	0,3808	0,3823	0,3915	0,3917	0,3914	0,3912	0,3904	0,3914	0,3917	0,3873	0,3869	0,3861
RSD	10,741%	10,750%	10,958%	10,944%	10,913%	10,890%	10,854%	10,868%	10,867%	10,729%	10,705%	10,669%

Prosentase penambahan bobot tiap replikasi:

Waktu (jam)	Replikasi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
1	0,459%	0,482%	0,279%	0,118%	0,143%	0,336%	0,303%
2	2,294%	0,645%	0,292%	0,369%	0,443%	0,410%	0,742%
3	2,480%	0,854%	0,402%	0,599%	0,674%	0,653%	0,944%
4	2,740%	1,020%	0,594%	0,938%	0,741%	0,843%	1,146%
5	2,895%	1,157%	0,705%	1,188%	0,847%	1,049%	1,307%
6	3,044%	1,303%	0,799%	1,418%	0,913%	1,168%	1,441%
7	3,160%	1,388%	0,841%	1,520%	1,187%	1,263%	1,560%
8	3,230%	1,460%	0,849%	1,622%	1,415%	1,319%	1,649%
9	3,320%	1,613%	0,939%	2,244%	1,506%	1,422%	1,841%
10	3,459%	1,727%	1,007%	2,45%	1,63%	1,50%	1,961%
11	3,530%	1,854%	1,128%	2,64%	1,71%	1,57%	2,070%

Hubungan antara *mean blue* dan nilai rata-rata % penambahan bobot:

Waktu	<i>Mean blue</i>	% penambahan bobot
0	201,8	0,000%
1	200,764	0,303%
2	181,328	0,742%
3	165,701	0,944%
4	150,961	1,146%
5	141,760	1,307%
6	138,174	1,441%
7	132,693	1,560%
8	132,084	1,649%
9	132,426	1,841%
10	132,780	1,961%
11	131,990	2,070%

3. Uji Tekstur

a) Tingkat kebocoran 0,2 cm

Waktu (jam)	Replikasi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
0	276	369	468	253	389	214	
	480	301	285	330	311	538	
	391	319	274	326	427	629	
	406	417	306	368	300	426	
	294	293	366	414	265	372	
Rata-rata	369,4	339,8	339,8	338,2	338,4	435,8	360,233
1	214	324	563	379	256	243	
	305	404	378	297	336	673	
	502	362	390	332	639	446	
	315	514	457	267	381	378	
	307	388	453	359	269	439	
Rata-rata	328,6	398,4	448,2	326,8	376,2	435,8	385,667
2	462	402	671	299	358	353	
	482	446	452	403	556	282	
	340	313	458	461	551	342	
	490	417	383	487	285	285	
	551	506	376	389	375	293	
Rata-rata	465	416,8	468	407,8	425	311	415,600
3	688	508	466	433	369	382	
	646	443	481	422	375	267	
	333	493	391	574	334	402	
	384	427	446	396	296	373	
	482	351	432	385	445	517	
Rata-rata	506,6	444,4	443,2	442	363,8	388,2	431,367
4	478	246	591	492	432	852	
	528	414	261	604	775	672	
	480	142	411	506	437	950	
	437	517	344	377	668	455	
	394	403	500	332	734	802	
Rata-rata	463,4	344,4	421,4	462,2	609,2	746,2	507,800
5	353	493	180	522	713	764	
	460	285	534	672	898	701	
	267	403	657	377	855	640	
	505	192	465	426	958	723	

	549	436	731	624	857	660	
Rata-rata	426,8	361,8	513,4	524,2	856,2	697,6	563,333
6	426	337	568	399	429	611	
	470	325	406	727	1702	524	
	551	273	399	839	1117	1034	
	611	440	588	795	313	548	
	545	196	483	608	995	1046	
Rata-rata	520,6	314,2	488,8	673,6	911,2	752,6	610,167
7	699	610	1123	658	385	386	
	846	533	619	844	703	393	
	424	1126	957	429	661	404	
	825	860	728	509	717	430	
	1186	1061	653	513	662	718	
Rata-rata	796	838	816	590,6	625,6	466,2	688,733
8	410	540	935	532	423	564	
	728	1295	723	610	469	1313	
	529	588	795	622	492	1338	
	1011	610	665	329	504	1280	
	957	342	948	490	845	869	
Rata-rata	727	675	813,2	516,6	546,6	1072,8	725,200
9	831	976	427	751	1231	1561	
	1047	988	842	647	717	1007	
	851	697	669	933	766	910	
	949	869	708	689	840	1137	
	1193	1333	592	786	987	1475	
Rata-rata	974,2	972,6	647,6	761,2	908,2	1218	913,633
10	1489	749	1029	524	509	1148	
	1629	612	753	357	855	733	
	1863	442	987	947	653	1007	
	1087	904	549	1201	594	1791	
	1737	857	1036	441	589	1455	
Rata-rata	1561	712,8	870,8	694	640	1226,8	950,900
11	1790	956	1390	790	701	1296	
	1094	834	951	591	954	913	
	1539	597	1295	1057	972	1025	
	1789	1054	715	1294	746	1628	
	976	1289	1103	689	699	1371	
Rata-rata	1437,6	946	1090,8	884,2	814,4	1246,6	1069,933

Waktu (jam)	Replikasi						Rata- rata
	1	2	3	4	5	6	
0	328,6	339,8	339,8	338,2	338,4	435,8	353,4
1	328,6	398,4	448,2	326,8	376,2	435,8	385,7
2	465,0	416,8	468	407,8	425	311	415,6
3	506,6	444,4	443,2	442	363,8	388,2	431,4
4	463,4	344,4	421,4	462,2	609,2	746,2	507,8
5	426,8	361,8	513,4	524,2	856,2	697,6	563,3
6	520,6	314,2	488,8	673,6	911,2	752,6	610,2
7	796,0	838	816	590,6	625,6	466,2	688,7
8	727,0	675	813,2	516,6	546,6	1072,8	725,2
9	974,2	972,6	647,6	761,2	908,2	1218	913,6
10	1561,0	712,8	870,8	694	640	1226,8	950,9
11	1437,6	946	1090,8	884,2	814,4	1246,6	1069,9

Hubungan antara *mean blue* dan nilai tekstur:

Waktu (jam)	<i>Mean blue</i>	Nilai tekstur (g/mm)
0	195,562	353
1	194,184	386
2	173,851	416
3	168,166	431
4	162,971	508
5	152,605	563
6	148,825	610
7	144,058	689
8	140,312	725
9	137,881	914
10	133,257	951
11	133,106	1070

b) Tingkat kebocoran 0,5 cm

Waktu (jam)	Replikasi						rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
0	301	308	243	293	300	261	
	380	285	288	263	284	421	
	218	327	375	299	371	286	
	351	306	312	328	278	328	
	271	259	238	597	293	355	
Rata-rata	304,2	297	291,2	356	305,2	330,2	314,0
1	367	281	386	352	485	301	
	286	390	697	317	290	651	
	473	280	284	320	385	321	
	211	304	220	358	316	279	
	396	275	251	296	388	397	
Rata-rata	346,6	306,0	367,6	328,6	372,8	389,8	351,9
2	291	581	382	205	385	596	
	316	350	290	395	492	325	
	561	473	275	328	371	258	
	392	463	388	396	299	497	
	467	391	471	482	376	596	
rata2	405,4	451,6	361,2	361,2	384,6	454,4	403,1
3	450	402	399	407	462	437	
	397	395	447	459	500	497	
	607	400	497	596	486	433	
	208	472	381	697	391	428	
	381	457	360	296	697	445	
Rata-rata	408,6	425,2	416,8	491,0	507,2	448,0	449,5
4	478	584	793	394	309	770	
	446	514	806	427	343	381	
	436	842	688	358	454	378	
	356	443	989	548	572	407	
	358	429	861	672	418	422	
Rata-rata	414,8	562,4	827,4	479,8	419,2	471,6	529,2
5	577	342	752	402	536	635	
	501	396	784	405	236	638	
	409	590	951	529	349	719	
	538	549	710	421	617	690	

	536	559	785	546	551	511	
Rata-rata	512,2	487,2	796,4	460,6	457,8	638,6	558,8
6	347	566	901	852	499	681	
	306	557	850	526	600	718	
	576	418	774	775	475	686	
	519	352	968	864	647	582	
	489	723	710	553	425	644	
Rata-rata	447,4	523,2	840,6	714,0	529,2	662,2	619,4
7	498	718	904	634	561	486	
	389	685	1437	742	354	627	
	512	385	714	848	307	661	
	611	762	1046	722	520	793	
	451	840	1389	793	703	616	
Rata-rata	492,2	678,0	1098,0	747,8	489,0	636,6	690,3
8	647	349	982	1211	241	649	
	666	713	818	792	456	609	
	553	516	634	1777	315	956	
	736	772	1387	617	375	1048	
	391	621	1402	604	688	1793	
Rata-rata	598,6	594,2	1044,6	1000,2	415	1011	777,3
9	821	527	1201	1251	862	928	
	895	973	963	921	792	812	
	709	753	892	1672	891	982	
	916	983	1286	861	682	871	
	982	956	1253	893	952	962	
Rata-rata	864,6	838,4	1119	1119,6	835,8	911	948,1
10	1602	827	1299	1167	1190	1038	
	968	879	1174	999	973	971	
	1256	1092	1086	1503	920	899	
	1167	1271	1027	958	1010	1279	
	991	951	1009	982	1307	1172	
Rata-rata	1196,8	1004	1119	1121,8	1080	1071,8	1098,9
11	813	1381	1029	912	1110	929	
	1027	931	1281	1029	1290	1327	
	962	1099	1388	984	1172	1194	
	1235	1207	1289	1282	1252	962	
	1321	901	1105	832	1018	1222	
Rata-rata	1071,6	1103,8	1218,4	1007,8	1168,4	1126,8	1116,133

Waktu (jam)	Replikasi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
0	304,2	297,0	291,2	356,0	305,2	330,2	314,0
1	346,6	306,0	367,6	328,6	372,8	389,8	351,9
2	405,4	451,6	361,2	361,2	384,6	454,4	403,1
3	408,6	425,2	416,8	491,0	507,2	448,0	449,5
4	414,8	562,4	827,4	479,8	419,2	471,6	529,2
5	512,2	487,2	796,4	460,6	457,8	638,6	558,8
6	447,4	523,2	840,6	714,0	529,2	662,2	619,4
7	492,2	678,0	1098,0	747,8	489,0	636,6	690,3
8	598,6	594,2	1044,6	1000,2	415,0	1011,0	777,3
9	864,6	838,4	1119,0	1119,6	835,8	911,0	948,1
10	1196,8	1004,0	1119,0	1121,8	1080,0	1071,8	1098,9
11	1071,6	1103,8	1218,4	1007,8	1168,4	1126,8	1116,1

Hubungan antara *mean blue* dan nilai tekstur:

Waktu (jam)	<i>Mean blue</i>	Nilai tekstur (g/mm)
0	201,258	314
1	200,194	351,9
2	185,974	403,1
3	175,176	449,5
4	166,600	529,2
5	160,269	558,8
6	155,522	619,4
7	146,975	690,3
8	140,459	777,3
9	132,553	948,1
10	132,052	1098,9
11	130,783	1116,1

c) Tingkat kebocoran 1 cm

Waktu (jam)	Replikasi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
0	398	386	329	250	268	396	
	270	407	307	368	389	400	
	397	299	366	370	355	368	
	407	390	491	302	490	297	
	208	597	207	396	481	386	
Rata-rata	336	415,8	340	337,2	396,6	369,4	365,8
1	499	485	483	450	455	583	
	482	583	557	401	479	508	
	682	309	497	685	308	553	
	493	437	406	493	597	376	
	557	486	628	487	693	389	
Rata-rata	542,6	460	514,2	503,2	506,4	481,8	501,4
2	835	412	614	878	701	663	
	401	379	752	745	577	679	
	901	496	878	721	588	793	
	643	395	578	656	665	471	
	908	518	418	504	799	573	
Rata-rata	737,6	440,0	648,0	700,8	666,0	635,8	638,0
3	677	317	689	828	578	421	
	1100	330	625	726	757	579	
	866	336	679	860	527	711	
	1018	410	808	617	611	575	
	993	311	743	503	734	651	
Rata-rata	930,8	340,8	708,8	706,8	641,4	587,4	652,7
4	1170	783	648	488	623	999	
	1237	724	917	538	947	592	
	1285	686	834	513	651	554	
	1234	459	751	789	449	779	
	1000	517	657	576	662	790	
Rata-rata	1185,2	633,8	761,4	580,8	666,4	742,8	761,7
5	1804	608	304	867	765	731	
	1557	707	631	1058	627	696	
	1394	503	645	710	722	728	
	724	771	378	871	752	942	
	1175	678	359	627	784	780	
Rata-rata	1330,8	653,4	463,4	826,6	730,0	775,4	796,6
6	1485	1378	969	566	646	546	
	1140	884	1118	455	976	704	
	1629	794	693	626	605	903	

	1811	836	952	627	835	1611	
	1143	561	569	634	659	521	
Rata-rata	1441,6	890,6	860,2	581,6	744,2	857,0	895,9
7	1090	1120	1026	927	972	1005	
	919	905	921	1136	863	1099	
	826	926	979	1263	729	992	
	1025	1066	1056	973	701	757	
	975	982	1128	926	838	862	
Rata-rata	967,0	999,8	1022,0	1045,0	820,6	943,0	966,2
8	1276	1283	972	907	962	974	
	1088	1058	958	1004	1046	973	
	792	925	1074	827	973	1075	
	1152	762	1083	814	876	1206	
	972	1729	763	975	897	984	
Rata-rata	1056	1151,4	970	905,4	950,8	1042,4	1012,7
9	1019	927	1126	1373	961	1319	
	999	1390	1248	1268	947	1028	
	1289	1290	1289	790	1000	821	
	1037	1472	1027	1161	1280	952	
	1112	1309	992	827	1391	1293	
Rata-rata	1091,2	1277,6	1136,4	1083,8	1115,8	1082,6	1131,2
10	1390	1372	1299	1481	1273	996	
	1328	1920	1321	1297	938	938	
	1021	1273	1487	927	820	1026	
	928	951	1042	991	1396	1264	
	1091	1172	1281	1028	1325	1284	
Rata-rata	1151,6	1337,6	1286	1144,8	1150,4	1101,6	1195,3
11	1289	1092	928	1022	1381	1294	
	1309	1207	1092	1461	1204	1264	
	1235	1195	1397	1036	903	1084	
	993	1392	1410	1229	912	1390	
	1036	1317	1298	1328	1278	1397	
Rata-rata	1172,4	1240,6	1225	1215,2	1135,6	1285,8	1212,4

Waktu (jam)	Replikasi						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
0	336,0	415,8	340	337,2	396,6	368,4	365,8
1	542,6	460,0	514,2	503,2	506,4	481,8	501,4
2	737,6	440	648	700,8	666	635,8	638,0
3	930,8	340,8	708,8	706,8	641,4	587,4	652,7
4	1185,2	633,8	761,4	580,8	666,4	742,8	761,7
5	1330,8	653,4	463,4	826,6	730	775,4	796,6
6	1441,6	890,6	860,2	581,6	744,2	857	895,9
7	967,0	999,8	1022	1045	820,6	943	966,2
8	1056,0	1151,4	970	905,4	950,8	1042,4	1012,7
9	1091,2	1277,6	1136,4	1083,8	1115,8	1082,6	1131,2
10	1151,6	1337,6	1286	1144,8	1150,4	1101,6	1195,3
11	1172,4	1240,6	1225	1215,2	1135,6	1285,8	1212,4

Hubungan antara *mean blue* dan nilai tekstur:

Waktu (jam)	<i>Mean blue</i>	Nilai tekstur (g/mm)
0	201,800	365,8
1	200,764	501,4
2	181,328	638,0
3	165,701	652,7
4	150,961	761,7
5	141,760	796,6
6	138,174	895,9
7	132,693	966,2
8	132,084	1012,7
9	132,426	1131,2
10	132,780	1195,3
11	131,990	1212,4

Lampiran C. Kuesioner *sensory evaluation*

KUESIONER *SENSORY EVALUATION*

Nama panelis :

Instruksi :

Dihadapan anda terdapat sembilan sampel kerupuk rambak dengan tingkat kebocoran kemasan yang berbeda yaitu 0,2 cm, 0,5 cm dan 1 cm, Nyatakan seberapa jauh anda menyukai kerupuk rambak tersebut dengan memberi skor 1-3 pada pernyataan dibawah ini dalam hal rasa dan kerenyahan kerupuk rambak,

Tingkat kebocoran 0,2 cm :

Penilaian		Waktu (jam)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rasa	S1													
	S2													
	S3													
Kerenyahan	S1													
	S2													
	S3													

Tingkat kebocoran 0,5 cm :

Penilaian		Waktu (jam)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rasa	S1													
	S2													
	S3													
Kerenyahan	S1													
	S2													
	S3													

Tingkat kebocoran 1 cm :

Penilaian		Waktu (jam)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rasa	S1													
	S2													
	S3													
Kerenyahan	S1													
	S2													
	S3													

Keterangan :

1 = suka/renyah 2 = masih suka/masih renyah 3 = tidak suka/tidak renyah

S1 = Sampel 1 S2 = Sampel 2 S3 = Sampel 3

Lampiran D. *Material Safety Data Sheet* (MSDS) Metilen Biru

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

Revisi tanggal 09.06.2017

Versi 1.6

BAGIAN 1. Identitas Bahan dan Perusahaan

1.1 Pengidentifikasi produk

No katalog	169270
Nama produk	Methylene blue (C.I. 62015) Reag. Ph Eur
Nomor Registrasi REACH	Nomor registrasi tidak tersedia untuk bahan ini karena bahan atau penggunaannya dibebaskan dari pendaftaran sesuai dengan Pasal 2 peraturan REACH (EC) No 1907/2006, tonase tahunan tidak memerlukan pendaftaran atau pendaftaran diantisipasi untuk batas waktu pendaftaran akan datang.

1.2 Penggunaan yang relevan dari bahan atau campuran yang diidentifikasi dan penggunaan yang disarankan terhadap

Penggunaan yang teridentifikasi	Reagen untuk analisis
	Untuk informasi tambahan mengenai penggunaan, silakan rujuk ke portal Merck Chemicals (www.merckgroup.com).

1.3 Rincian penyuplai lembar data keselamatan

Perusahaan	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Germany * Phone: +49 6161 72-0
Bagian Yang Menangani	LS-QHC * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Nomor telepon darurat Customer Call Centre : + 62 0800 140 1263 (TollFree)

BAGIAN 2. Identifikasi bahaya

2.1 Klasifikasi bahan atau campuran

Klasifikasi (PERATURAN (EC) No 1272/2008)

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog 169270
 Nama Produk Methylene blue (C.I. 62016) Reag. Ph Eur

Toksistas akut, Kategori 4, Oral, H302

Teks pernyataan-H penuh yang disebutkan dalam Bagian ini, baca Bagian 16.

2.2 Elemen label

Pelabelan (PERATURAN (EC) No 1272/2008)

Piktogram bahaya



Kata sinyal

Awas

Pernyataan Bahaya

H302 Berbahaya jika tertelan.

Pengurangan pelabelan (p128 ml)

Piktogram bahaya



Kata sinyal

Awas

2.3 Bahaya lain

Tidak ada yang diketahui.

BAGIAN 3. Komposisi Bahan

3.1 Bahan

Rumus	$C_{16}H_{18}ClN_3S^+ \cdot x H_2O$ (x=2-3)	$C_{16}H_{18}ClN_3S^+ \cdot x H_2O$ (Hill)
No-EC	200-516-2	

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	169270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62016) Reag. Ph Eur

Massa molar	319,86 g/mol (anhidrat)
-------------	----------------------------

Komponen berbahaya (PERATURAN (EC) No 1272/2008)

Nama kimia (Konsentrasi)

No-CAS	Nomor registrasi	Klasifikasi
--------	------------------	-------------

Methylene blue (>= 50 % - <= 100 %)

61-73-4 *)

Toksisitas akut, Kategori 4, H302

*) Nomor registrasi tidak tersedia untuk bahan ini karena bahan atau pengguna namanya dibebaskan dari pendaftaran sesuai dengan Pasal 2 peraturan REACH (EC) No 1907/2006, tonase tahunan tidak memerlukan pendaftaran atau pendaftaran diantisipasi untuk batas waktu pendaftaran akan datang.

Teks pernyataan-H penuh yang disebutkan dalam Bagian ini, baca Bagian 16.

3.2 Campuran

Tidak berlaku

BAGIAN 4. Tindakan pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K)

4.1 Penjelasan mengenai tindakan pertolongan pertama

Setelah menghirup: hirup udara segar.

Bila terjadi kontak kulit: Tanggalkan segera semua pakaian yang terkontaminasi. Bilaslah kulit dengan air/ pancuran air.

Setelah kontak pada mata: bilaslah dengan air yang banyak. Lepaskan lensa kontak.

Setelah tertelan: segera beri korban minum air putih (dua gelas paling banyak). Periksakan ke dokter.

4.2 Kumpulan gejala / efek terpenting, baik akut maupun tertunda

Hal berikut ini berlaku untuk amina aromatik secara umum : efek sistemik :

methaemoglobinemia dengan sakit kepala, detak jantung tak beraturan, penurunan tekanan darah, dispnoea, dan sesak, gejala prinsip : keracunan sianida (perubahan warna darah menjadi biru).

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	169270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62015) Reag. Ph Eur

4.3 Indikasi pertolongan medis pertama dan perawatan khusus yang diperlukan
Tidak tersedia informasi.

BAGIAN 5. Tindakan Penanggulangan Kebakaran**5.1 Media pemadaman api***Media pemadaman yang sesuai*Air, Busa, Karbon dioksida (CO₂), Serbuk kering*Media pemadaman yang tidak sesuai*

Untuk bahan/campuran ini, tidak ada batasan agen pemadaman yang diberikan.

5.2 Bahaya khusus yang muncul dari bahan atau campuran

Mudah menyalah.

Perkembangan gas atau uap menyalah yang berbahaya mungkin terjadi dalam kejadian kebakaran.

Kebakaran dapat menyebabkan berevolusi:

Sulfur oksida, nitrogen oxides, Gas hidrogen klorida

5.3 Saran bagi petugas pemadam kebakaran*Alat pelindung khusus bagi petugas pemadam kebakaran*

Jika terjadi kebakaran, pakai alat bantu pemapasan SCBA.

Informasi lebih lanjut

Tekan (pukul kebawah) gas/uap/kabut dengan semprotan air jet. Cegah air pemadam kebakaran mengkontaminasi air permukaan atau sistim air tanah.

BAGIAN 6. Tindakan terhadap tumpahan dan kebocoran**6.1 Langkah-langkah pencegahan diri, alat pelindung dan prosedur tanggap darurat**

Nasihat untuk personel nondarurat Hindari penghisapan debu. Hindari kontak dengan bahan.

Pastikan ventilasi memadai. Evakuasi dari daerah bahaya, amati prosedur darurat, hubungi ahli.

Saran bagi responden darurat:

Perengkapan pelindung, lihat bagian 8.

6.2 Langkah-langkah pencegahan bagi lingkungan

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	169270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62015) Reag. Ph Eur

Jangan biarkan produk masuk ke saluran pembuangan.

6.3 Metode dan bahan untuk penangkalan (containment) dan pembersihan

Tutup saluran. Kumpulkan, ikat dan pompa keluar tumpahan. Amati kemungkinan pembatasan bahan (lihat bagian 7 dan 10). Ambil dalam keadaan kering. Teruskan ke pembuangan.

Bersihkan area yang terkena. Hindari pembentukan debu.

6.4 Rujukan ke bagian lainnya

Indikasi mengenai pengolahan limbah, lihat bagian 13.

BAGIAN 7. Penyimpanan dan Penanganan Bahan

7.1 Kehati-hatian dalam menangani secara aman

Langkah-langkah pencegahan untuk penanganan yang aman

Taati label tindakan pencegahan.

Tindakan higienis

Ganti pakaian yang terkontaminasi. Penggunaan krim pelindung kulit dianjurkan. Cuci tangan setelah bekerja dengan bahan tersebut.

7.2 Kondisi penyimpanan yang aman, termasuk adanya incompatibilitas

Kondisi penyimpanan

Tertutup sangat rapat. Kering.

Suhu penyimpanan yang direkomendasikan, lihat label produk.

7.3 Penggunaan akhir khusus

Selain penggunaan yang disebutkan dalam bagian 1.2, tidak ada penggunaan spesifik lain yang diantisipasi.

BAGIAN 8. Pengendalian paparan dan perlindungan diri

8.1 Parameter pengendalian

Tidak mengandung bahan-bahan yang mempunyai nilai batas eksposur pekerjaan.

8.2 Pengendalian pendedahan

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	169270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62016) Reag. Ph Eur

Pengendalian teknik fang sesuai

Langkah-langkah teknis dan operasi kerja fang sesuai harus diberikan pri oritas dalam penggunaan alat pelindung diri.

Lihat bagian 7.1.

Tindakan perlindungan individual

Pakaian pelindung harus dipilih secara spesifik untuk tempat bekerja, tergantung konsentrasi dan jumlah bahan berbahaya fang ditangani. Daya tahan pakaian pelindung kimia harus dipastikan dari masing-masing suplier.

Perlindungan mata/wajah

Kacamata-pengaman

Perlindungan tangan

kontak penuh:

Bahan sarung tangan:	Karet nitril
Tebal sarung tangan:	0,11 mm
Waktu terobosan:	> 480 min

kontak percikan:

Bahan sarung tangan:	Karet nitril
Tebal sarung tangan:	0,11 mm
Waktu terobosan:	> 480 min

Sarung tangan pelindung fang digunakan harus mengikuti spesifikasi pada EC directive 89/686/EEC dan standar gabungan d EN374, untuk contoh KCL 741 Dematril® L (kontak penuh), KCL 741 Dematril® L (kontak percikan).

Waktu terobosan fang disebutkan diatas ditentukan oleh KCL dalam uji laboratorium berdasarkan EN374 dengan sampel tipe sarung tangan fang dianjurkan.

Rekomendasi ini berlaku hanya untuk produk fang disebutkan dalam lembar data keselamatan dan disuplai oleh kami sesuai tujuan fang kami maksud. Ketika dilarutkan dalam atau dicampur dengan bahan lain dan dalam kondisi fang menyimpang dari fang disebutkan dalam EN374 silahkan hubungi suplier sarung tangan CE-resmi (misalnya KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de).

Peralatan pelindung lainnya

sarung tangan pelindung

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	169270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62016) Reag. Ph Eur

Perlindungan pemapasan

diperlukan ketika debu dihasilkan.

Jenis filter yang direkomendasikan: Filter P2 (menurut DIN 3181) untuk partikel padat dan cair bahan berbahaya

Pengusaha harus memastikan bahwa perawatan, pembersihan, dan pengujian perangkat perlindungan pemapasan telah dilakukan sesuai dengan petunjuk dari pabriknya. Tindakan ini harus didokumentasikan dengan benar.

Kontrol eksposur lingkungan

Jangan biarkan produk masuk ke saluran pembuangan.

BAGIAN 9. Sifat-sifat Fisika dan Kimia

9.1 Informasi tentang sifat fisik dan kimia

Bentuk	padat
Warna	biru tua
Bau	Tak berbau
Ambang Bau	Tidak berlaku
pH	kira-kira 3 pada 10 g/l 20 °C
Titik lebur	kira-kira 180 °C (penguraian)
Titik didih	Tidak tersedia informasi.
Titik nyala	Tidak tersedia informasi.
Laju penguapan	Tidak tersedia informasi.

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	169270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62016) Reag. Ph Eur

Flamabilitas (padatan, gas)	Tidak tersedia informasi.
Terendah batas ledakan	Tidak tersedia informasi.
Tertinggi batas ledakan	Tidak tersedia informasi.
Tekanan uap	Tidak tersedia informasi.
Kerapatan (densitas) uap relatif	Tidak tersedia informasi.
Densitas	Tidak tersedia informasi.
Kerapatan (den-sitas) relatif	Tidak tersedia informasi.
Kelarutan dalam air	kira-kira 50 g/l pada 20 °C
Koefisien partisi (n-oktanol/air)	log Pow: 6,85 (dihitung) (Lit.) Potensial bioakumulasi
Suhu dapat membakar sendiri (auto-ignition temperature)	Tidak tersedia informasi.
Suhu penguraian	Tidak tersedia informasi.
Viskositas, dinamis	Tidak tersedia informasi.
Sifat peledak	Tidak diklasifikasikan sebagai mudah meledak.
Sifat oksidator	tidak ada

9.2 Data lain

Densitas curah	kira-kira 400 - 600 kg/m ³
----------------	---------------------------------------

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	159270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62016) Reag. Ph Eur

BAGIAN 10. Reaktivitas dan Stabilitas**10.1 Reaktivitas**

Hal berikut ini berlaku secara umum untuk campuran dan senyawa organik yang mudah terbakar: sehubungan dengan penyebaran yang halus, saat diputar kemungkinan ledakan debu secara umum dapat diasumsikan.

10.2 Stabilitas kimia

Produk ini stabil secara kimiawi di bawah kondisi ruangan standar (suhu kamar).

10.3 Reaksi berbahaya yang mungkin di bawah kondisi spesifik/khusus

Reaksi yang hebat dapat terjadi dengan :

Oksidator kuat, Basa, Reduktor, senyawa alkali, iodides, potassium dichromate

10.4 Kondisi yang harus dihindari

Pemanasan kuat (penguraian).

10.5 Bahan yang harus dihindari

tidak ada informasi yang tersedia

10.6 Produk berbahaya hasil penguraian

Pada saat kebakaran. Lihat bab 6.

BAGIAN 11. Informasi Toksikologi**11.1 Informasi tentang efek toksikologis**

Toksitas oral akut

LD50 Tikus: 1.180 mg/kg

(senyawa anhidrat) (RTECS)

(senyawa anhidrat) (RTECS) penyerapan

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	169270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62015) Reag. Ph Eur

Toksistas inhalasi akut

Informasi ini tidak tersedia.

Toksistas kulit akut

Informasi ini tidak tersedia.

Iritasi kulit

Informasi ini tidak tersedia.

Iritasi mata

Informasi ini tidak tersedia.

Sensitisasi

Informasi ini tidak tersedia.

Mutagenisitas pada sel nutfah

Informasi ini tidak tersedia.

Karsinogenisitas

Informasi ini tidak tersedia.

Toksistas terhadap Reproduksi

Informasi ini tidak tersedia.

Teratogenisitas

Informasi ini tidak tersedia.

Toksistas pada organ sasaran spesifik - paparan tunggal

Informasi ini tidak tersedia.

Toksistas pada organ sasaran spesifik - paparan berulang

Informasi ini tidak tersedia.

Bahaya aspirasi

Informasi ini tidak tersedia.

11.2 Informasi lebih lanjut

Setelah penggunaan dalam jumlah besar :

Iritasi dalam saluran urin.

Sifat-sifat berbahaya lainnya tidak dapat dikecualikan.

Tangani sesuai dengan praktik kebersihan dan keselamatan industri yang baik.

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	159270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62015) Reag. Ph Eur

BAGIAN 12. Informasi Ekologi

12.1 Toksisitas

Keracunan untuk ikan

LC50 *Pimephales promelas*: 46 mg/l; 96 h

(senfawa anhydrat) (Database ECOTOX)

Derajat racun bagi daphnia dan binatang tak bertulang belakang lainnya yang hidup dalam air

EC50 *Daphnia magna* (Kutu air): 2.260 mg/l; 48 h

(senfawa anhydrat) (Database ECOTOX)

12.2 Persistensi dan penguraian oleh lingkungan

Tidak tersedia informasi.

12.3 Potensi bioakumulasi

Koefisien partisi (n-oktanol/air)

log Pow: 6,86

(dihitung)

(Lit.) Potensial bioakumulasi

12.4 Mobilitas dalam tanah

Tidak tersedia informasi.

12.5 Hasil dari asesmen PBT dan vPvB

Penilaian PBT/vPvB tidak dilakukan karena penilaian keamanan bahan kimia tidak diperlukan/tidak dilakukan.

12.6 Efek merugikan lainnya

Informasi ekologis tambahan

Pelepasan ke lingkungan harus dihindarkan.

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	159270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62015) Reag. Ph Eur

BAGIAN 13. Pembuangan limbah*Metode penanganan limbah*

Limbah harus dibuang sesuai dengan petunjuk serta peraturan nasional dan lokal lainnya.
Tinggalkan bahan kimia dalam wadah aslinya. Jangan dicampurkan dengan limbah lain.
Tangani wadah kotor seperti produknya sendiri.

Lihat www.retrologistik.com untuk mengetahui proses pengembalian bahan kimia dan wadah, atau hubungi kami di sana jika Anda memiliki pertanyaan lebih lanjut.

BAGIAN 14. Informasi pengangkutan

Transpor jalan (ADR/RID)

14.1 - 14.6 Tidak diklasifikasikan sebagai berbahaya menurut peraturan pengangkutan.

Transpor air sungai (ADN)

Tidak bersangkutan-paut

Transpor udara (IATA)

14.1 - 14.6 Tidak diklasifikasikan sebagai berbahaya menurut peraturan pengangkutan.

Transpor laut (IMDG)

14.1 - 14.6 Tidak diklasifikasikan sebagai berbahaya menurut peraturan pengangkutan.

14.7 Transportasi dalam jumlah besar berdasarkan pada MARPOL 73/78 Lampiran II dan IBC Code

Tidak bersangkutan-paut

BAGIAN 15. Peraturan Perundang - undangan

15.1 Regulasi tentang lingkungan, kesehatan dan keamanan untuk produk tersebut

Perundang-undangan nasional

Kelas penyimpanan 10 - 13

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	159270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 62015) Reag. Ph Eur

16.2 Asesmen Keselamatan Kimia

Untuk produk ini, penilaian keselamatan kimia sesuai dengan peraturan EU REACH No 1907/2006 tidak dilakukan.

BAGIAN 16. Informasi lain

Teks Pernyataan-H penuh mengacu pada bagian 2 dan 3.

H302 Berbahaya jika tertelan.

Nasihat pelatihan

Menyediakan informasi, instruksi dan pelatihan yang memadai bagi operator.

Pelabelan

Piktogram bahaya



Kata sinyal

Awas

Pernyataan Bahaya

H302 Berbahaya jika tertelan.

Legenda atau singkatan dan akronim yang digunakan dalam LDK

Singkatan dan akronim yang digunakan dapat dicari di <http://www.wikipedia.org>.

Perwakilan regional

Alamat Merck Indonesia Kantor Pusat: Jl T.B Simatupang No 8 Pasar Rebo Jakarta 13760 *

LEMBARAN DATA KESELAMATAN BAHAN

menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006

No katalog	159270
Nama Produk	Methylene blue (C.I. 52015) Reag. Ph Eur

Phone: +62 21 8400081, +62 21 87791416 Kantor Marketing: Gedung PP Plaza Jl. T.B
Simatupang No 57 Jakarta 13760 * Phone: +62 21 8413889* email: Chemicals@merck

Informasi yang terkandung di dalam ini berdasarkan pada pengetahuan terkini. Informasi ini menggambarkan produk sesuai dengan tindakan pencegahan dan keselamatan. Informasi ini tidak menjamin sifat dari produk.

