



**PENGEMBANGAN INDIKATOR ALAMI KUBIS MERAH
(*Brassica oleracea var capitata* L. *forma rubra* L.) UNTUK
MENDETEKSI KESEGRAN BUAH SEMANGKA POTONG**

SKRIPSI

Oleh

Siti Nurrosyidah

NIM 142210101011

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2019



**PENGEMBANGAN INDIKATOR ALAMI KUBIS MERAH
(*Brassica oleracea var capitata L. forma rubra L.*) UNTUK
MENDETEKSI KESEGERAN BUAH SEMANGKA POTONG**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Studi Farmasi (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

Oleh

**Siti Nurrosyidah
NIM 142210101011**

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan anugerah-Nya kepada setiap hamba-Nya yang selalu berjuang di jalan-Nya dalam kebaikan dan menuntut ilmu, serta junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang selalu menginspirasi penulis.
2. Orang tua penulis, Ayah Marwiyoto dan Ibu Dwi Santi Kurniasih tercinta yang selalu memberikan pengorbanan, kasih sayang, kekuatan, semangat, dan doa yang tidak pernah putus bagi hidup penulis.
3. Adik-adikku tersayang, Mohammad Taufik Nurrozaq dan Mohammad Firdaus Romadhoni yang selalu memberikan semangat dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan studi ini.
4. Alm. Yangkung Samsuri Wiryo Sasmito dan Yangti Sumiatun yang selalu mendoakan penulis dalam menyelesaikan studi ini.
5. Mas Anwar Mustafa yang selalu sabar, memberi semangat, dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan studi ini.
6. Teman-teman seperjuangan Fakultas Farmasi 2014 dan almamater Fakultas Farmasi Universitas Jember yang saya banggakan.

MOTTO

“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”

(Al-Baqarah : 153)

"Bertaqwalah kepada Allah, maka Dia akan membimbingmu. Sesungguhnya Allah mengetahui segala sesuatu"

(Al Baqarah : 282)

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan"

(Alam Nasyrah : 5-6)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Siti Nurrosyidah

NIM : 142210101011

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengembangan Indikator Alami Kubis Merah (*Brassica oleracea var capitata* L. *forma rubra* L.) untuk Mendeteksi Kesegaran Buah Semangka Potong” adalah benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 16 Januari 2019

Yang menyatakan,

Siti Nurrosyidah
142210101011

SKRIPSI

PENGEMBANGAN INDIKATOR ALAMI KUBIS MERAH (*Brassica oleracea var capitata L. forma rubra L.*) UNTUK MENDETEKSI KESEGRAN BUAH SEMANGKA POTONG

Oleh

Siti Nurrosyidah

NIM 142210101011

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm., Apt.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengembangan Indikator Alami Kubis Merah (*Brassica oleracea var capitata* L. *forma rubra* L.) untuk Mendeteksi Kesegaran Buah Semangka Potong” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal : Rabu, 16 Januari 2019

Tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

Dwi Koko Pratoko, S.Farm., M.Sc., Apt.
NIP 198504282009121004

Assoc. Prof. Ari Satia Nugraha, S.F.,G.Dip.Sc.,M.Sc.-Res.,PhD.,Apt.
NIP 197807212003121001

Anggota II,

Anggota III,

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

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

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember

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

RINGKASAN

Pengembangan Indikator Alami Kubis Merah (*Brassica oleracea var capitata* L. *forma rubra* L.) untuk Mendeteksi Kesegaran Buah Semangka Potong; Siti Nurrosyidah; 142210101011; 2019; 130 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Seiring dengan adanya pengembangan penelitian di bidang bahan alam, pemanfaatan tumbuh-tumbuhan semakin luas cakupannya, salah satunya adalah pemanfaatan beberapa jenis tumbuhan sebagai indikator kimia alami. Indikator kimia alami ini memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi dibandingkan indikator kimia sintetik. Kubis merah merupakan salah satu tumbuhan sumber senyawa antosianin yang memiliki sifat dapat berubah warna pada setiap perubahan pH sehingga telah banyak digunakan sebagai indikator kimia alami karena mengandung antosianin. Di sisi lain, banyak supermarket dan pedagang keliling yang menjual buah semangka potong yang memudahkan konsumen dalam mengonsumsi buah semangka. Namun konsumen tidak mengetahui kondisi kesegaran dari buah potong tersebut sehingga perlu dibuat kemasan pintar yang didalamnya terdapat sensor yang dapat mendeteksi kesegaran buah semangka potong tersebut.

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran pH semangka segar, masih segar dan busuk dan didapatkan pH segar semangka sebesar 5,304 – 6,298, pH masih segar semangka sebesar 4,461 – 5,304, dan pH busuk semangka $\leq 4,461$. Kemudian dilakukan optimasi kondisi membran meliputi optimasi konsentrasi bahan pengikat (PVA) dan waktu imobilisasi. Konsentrasi PVA yang dipilih yaitu 1% dan waktu imobilisasi yang dipilih yaitu 10 menit. Fabrikasi sensor yang dilakukan meliputi pembuatan indikator kubis merah, penambahan bahan pengikat, dan pengimobilisasian pada membran. Indikator kubis merah yang digunakan ditentukan kadar antosianin totalnya dan didapatkan sebesar 306,591

mg/L.

Karakterisasi sensor meliputi waktu respon, waktu pakai, reproduibilitas, reversibilitas, dan intensitas perubahan warna sensor. Penentuan waktu respon dilakukan menggunakan pH 6 mewakili pH segar dan pH 4,2 mewakili pH busuk. Pada pH 6 dan pH 4,2 sensor telah berubah warna pada menit ke-0 dan menunjukkan mulai *steady state* pada menit ke-4 dengan nilai *mean Blue* berturut-turut 180,587 dan 175,295. Penentuan waktu pakai sensor dilakukan 2 perlakuan yaitu diberi pengawet berupa nipagin dan nipasol masing-masing 0,1 % dan tanpa diberi pengawet dengan membandingkan antara sensor yang disimpan pada suhu ruang serta pada suhu *chiller*, pengamatan dilakukan hingga sensor menunjukkan perubahan karakteristik. Perubahan karakteristik untuk penyimpanan sensor yang disimpan pada suhu ruang tanpa diberi pengawet pada pH 6 dan pH 4,2 yaitu pada hari ke-12. Pada penyimpanan sensor yang disimpan pada suhu *chiller* tanpa diberi pengawet pada pH 6 dan pH 4,2 yaitu berturut-turut pada hari ke-21 dan hari ke-25. Pada penyimpanan sensor yang disimpan pada suhu ruang dengan ditambah pengawet pada pH 6 dan pH 4,2 yaitu berturut-turut pada hari ke-21 dan hari ke-19. Pada penyimpanan sensor yang disimpan pada suhu *chiller* dengan ditambah pengawet pada pH 6 dan pH 4,2 yaitu berturut-turut pada hari ke-28 dan hari ke-31. Pada uji reproduibilitas didapatkan nilai RSD <5% yang berarti presisi. Sensor hanya dapat digunakan 1 kali atau sifatnya tidak *reversible*. Hubungan tingkat kesegaran buah semangka potong dengan perubahan warna sensor menghasilkan hasil yang positif. Pada suhu ruang pada hari ke-3 sensor telah busuk dan warna sensor berubah menjadi merah muda sedangkan pada suhu *chiller* pada hari ke-7 sensor telah busuk dan warna sensor berubah menjadi merah muda.

Penelitian ini juga dilakukan pengujian kualitas sampel berupa *sensory evaluation*. Pada hasil dari uji kualitas sampel berkorelasi positif terhadap nilai intensitas perubahan warna sensor yaitu semakin sensor berwarna merah muda maka nilai kesukaan panelis terhadap bau, rasa, dan tekstur sampel semakin besar.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Indikator Alami Kubis Merah (*Brassica oleracea var capitata* L. *forma rubra* L.) untuk Mendeteksi Kesegaran Buah Semangka Potong”. 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;
3. Bapak Dwi Koko Pratoko S.Farm., M.Sc., Apt selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Nia Kristiningrum S.Farm., Apt., M.Farm selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan dengan sabar membimbing penulis untuk menyelesaikan penelitian dan skripsi ini;
4. Bapak Assoc. Prof. Ari Satia Nugraha S.F., GdipSc, MSc-Res, Ph.D., Apt selaku Dosen Penguji Utama dan Ibu Indah Purnama Sary,S.Si.,M.Farm.,Apt selaku Dosen Penguji Anggota yang dengan sabar memberikan saran dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing dan penguji seminar proposal yang memberikan masukan dan bimbingan terhadap penulis dalam penulisan skripsi ini,
6. Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan;
7. Ayah Marwiyoto dan Ibu Dwi Santi Kurniasih tercinta yang selalu memberikan pengorbanan, kasih sayang, kekuatan, semangat, dan doa yang tidak pernah putus bagi hidup penulis;

8. Adik-adikku tersayang, Mohammad Taufik Nurrozaq dan Mohammad Firdaus Romadhoni yang selalu memberikan semangat dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan studi ini;
9. Alm. Yangkung Samsuri Wiryo Sasmito dan Yangti Sumiatun yang selalu mendoakan penulis dalam menyelesaikan studi ini;
10. Mas Anwar Mustafa yang selalu sabar, memberi semangat, dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan studi ini;
11. Ibu Wayan dan Mbak Hani selaku asisten lab yang sering membantu dan memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini ;
12. Partner Kubis Merah Ni Putu Nurdika Asih yang sabar dalam membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
13. Teman-teman Keluarga Sensor 2014 yang menemani penulis selama di Laboratorium Bio dan Kemosensor;
14. Teman seperjuangan Dila Audilia Rahmat, Dini Atika Noviana dan Nur Fitri Robbianti yang selalu memberikan semangat kepada penulis selama menyelesaikan skripsi ini;
15. Para responden *sensory evaluation* (Ibu, Ayah, Oza, Oni, Mas Anwar, Vita, Mama, Hanief, Mbak Dila, dan Didin) yang sudah bersedia mengamati sampel;
16. Keluarga besar PHARMAGEN (Farmasi Unej 2014) yang saling memberikan dukungan dan motivasi selama masa perkualihan;
17. Serta untuk semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, dan untuk seluruh doa yang terucap tanpa sepengetahuan penulis.

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

Jember, 8 Januari 2019

Penulis

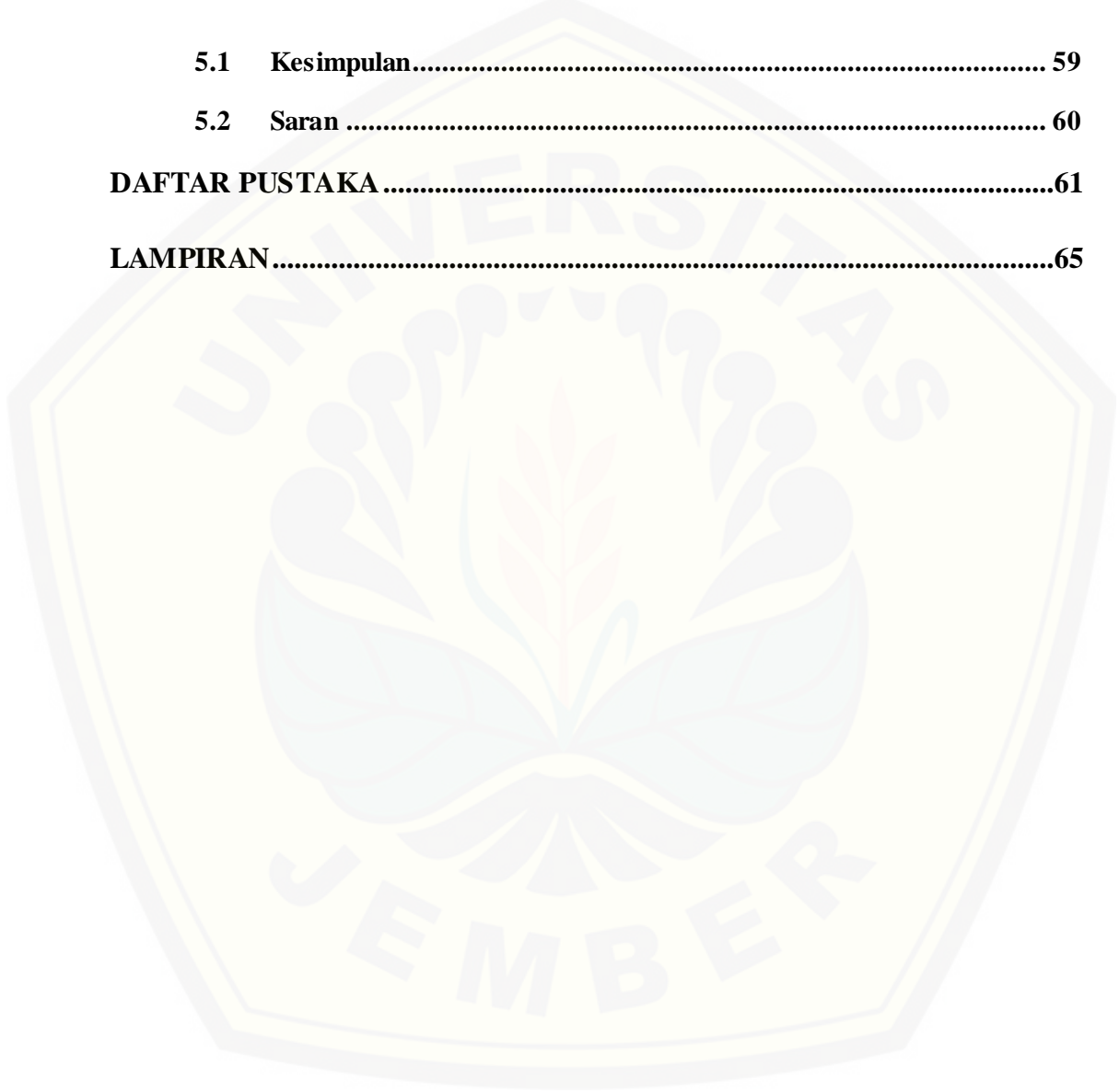
DAFTAR ISI

	Halaman
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
SKRIPSI.....	vi
PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR RUMUS	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kubis Merah.....	5
2.2 Antosianin.....	6

2.2.1	Struktur Antosianin	7
2.2.2	Sumber Antosianin	8
2.2.3	Sifat dan Reaksi Antosianin	9
2.3	Kemasan Pintar	10
2.4	Sensor Kimia.....	11
2.4.1	Definisi Sensor Kimia	11
2.4.2	Sensor pH	12
2.5	Metode Imobilisasi Reagen	13
2.5.1	Adsorpsi.....	14
2.5.2	Enkapsulasi	15
2.5.3	<i>Entrapment</i>	16
2.5.4	<i>Crosslinking</i>	16
2.5.5	Ikatan Kovalen	16
2.6	Karakterisasi Sensor.....	17
2.7	Polivinil alkohol (PVA).....	18
2.8	Metilparaben dan Propilparaben.....	18
2.9	ImageJ	19
2.10	Buah Semangka	20
2.10.1	Klasifikasi Buah Semangka	22
2.10.2	Manfaat dan Kandungan Gizi Buah Semangka.....	23
BAB 3. METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Jenis Penelitian	24
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.3	Definisi Operasional.....	24
3.4	Alat Penelitian	25

3.5	Bahan Penelitian.....	25
3.6	Tahapan Penelitian.....	25
3.6.1	Tahap Percobaan.....	25
3.6.2	Diagram Alur Penelitian.....	26
3.7	Prosedur Penelitian.....	27
3.7.1	Optimasi Sensor Kesegaran Buah	27
3.7.2	Fabrikasi Sensor Kesegaran Buah.....	27
3.7.3	Karakterisasi Sensor Kesegaran Buah.....	29
3.7.4	Uji Kualitas Sampel.....	30
3.7.5	Desain Label Pintar.....	30
3.7.6	Penempatan Buah Semangka Potong dan Label dalam Kemasan....	31
3.7.7	Analisa Data.....	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		34
4.1	Pengukuran pH semangka segar dan busuk	34
4.2	Optimasi Sensor Kesegaran Buah.....	35
4.2.1	Optimasi bahan pengikat <i>polyvinyl alcohol</i> (PVA).....	35
4.2.2	Optimasi waktu imobilisasi.....	36
4.3	Fabrikasi Sensor Kesegaran Buah	37
4.4	Karakterisasi Sensor Kesegaran Buah.....	39
4.4.1	Waktu Respon.....	39
4.4.2	Waktu Pakai.....	40
4.4.3	Reprodusibilitas.....	45
4.4.4	Reversibilitas.....	46
4.4.5	Intensitas Perubahan Warna Sensor.....	47
4.5	Uji Kualitas Sampel.....	50

4.5.1 Sensory Evaluation	50
4.6 Aplikasi Sensor Kesegaran Buah Pada Kemasan.....	56
4.7 Aplikasi dan Cara Penggunaan Sensor	57
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	65



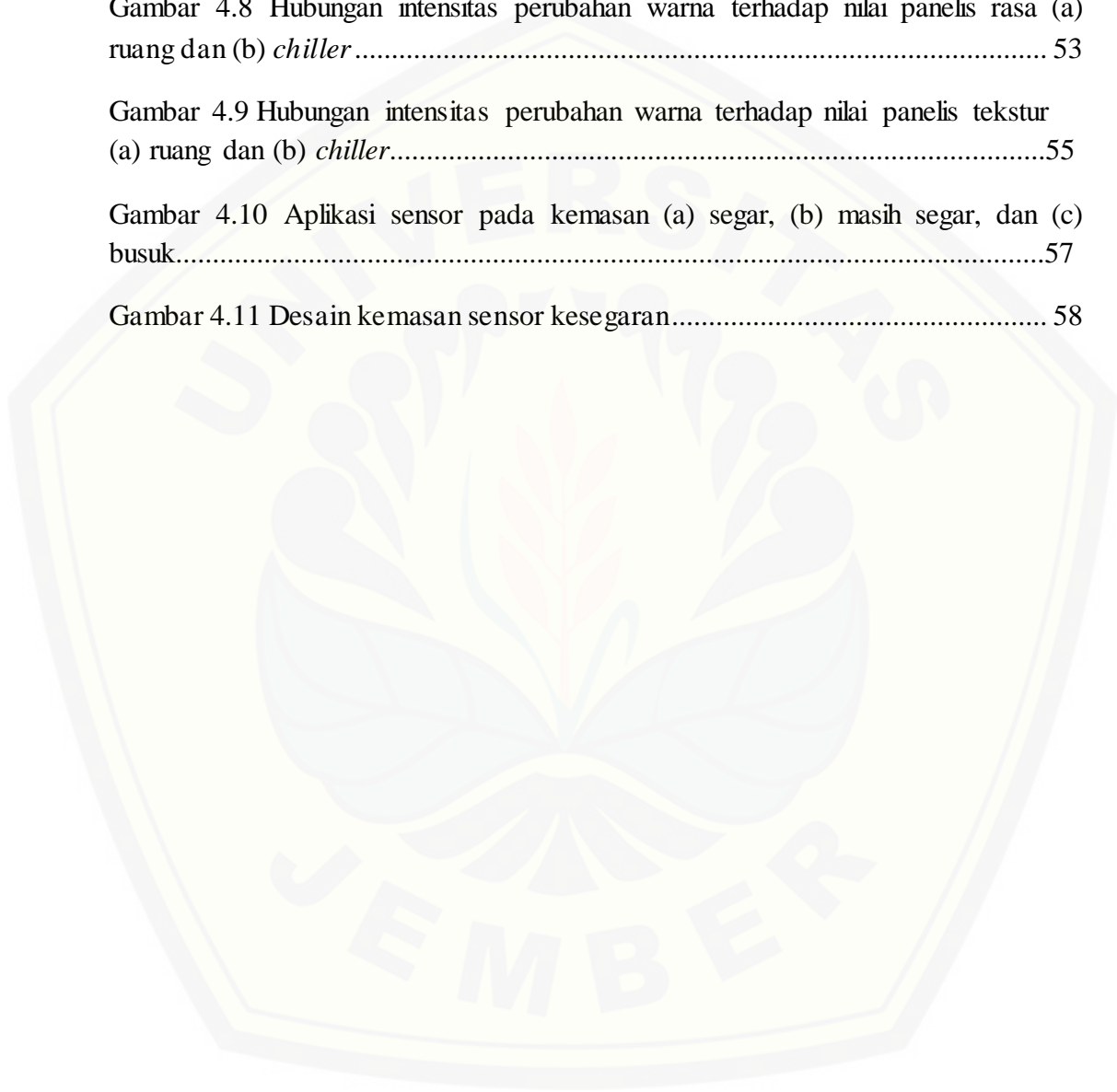
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sumber-sumber senyawa antosianin (Kannan, 2011)	8
Tabel 2.2 Karakterisasi teknik imobilisasi (Kuswandi, 2010)	14
Tabel 2.3 Kandungan gizi buah semangka.....	22
Tabel 4.1 Rata-rata pH semangka.....	34
Tabel 4.2 Optimasi konsentrasi PVA.....	35
Tabel 4.3 Hasil penentuan antosianin total.....	37
Tabel 4.4 % Kenaikan <i>mean blue</i> tanpa pengawet (a) suhu ruang dan (b) <i>chiller</i>	42
Tabel 4.5 % Kenaikan <i>mean blue</i> dengan penambahan pengawet (a) suhu ruang dan (b) <i>chiller</i>	44
Tabel 4.6 Nilai RSD <i>mean blue</i> pH 6 dan pH 4,2	46
Tabel 4.7 Nilai <i>mean blue</i> dari reversibilitas sensor.....	47
Tabel 4.8 Perubahan warna sensor secara visual pada suhu ruang dan suhu <i>chiller</i>	48

DAFTAR GAMBAR

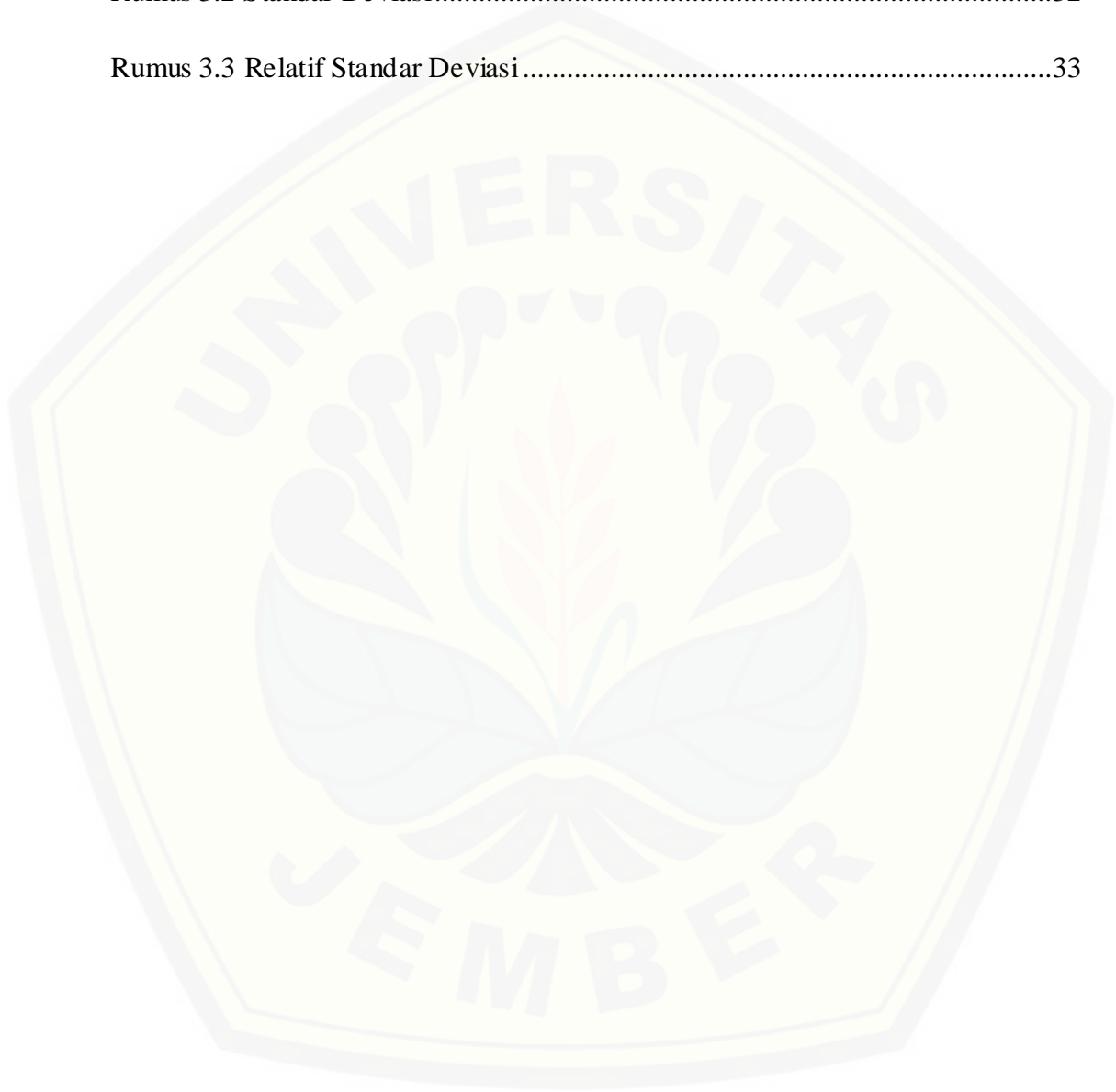
	Halaman
Gambar 2.1 Kubis merah (<i>Brassica oleracea</i>) (Kannan, 2011).....	6
Gambar 2.2 Struktur kimia senyawa antosianin (Ratray dkk., 2015)	7
Gambar 2.3 Reaksi Antosianin.....	9
Gambar 2.4 Model fungsi kemasan (Kuswandi dkk., 2011).....	10
Gambar 2.5 Skema sensor kimia (Kuswandi, 2010)	11
Gambar 2.6 Metode adsorpsi (Kuswandi, 2010).....	15
Gambar 2.7 Metode entrapment (Kuswandi, 2010).....	16
Gambar 2.8 Metode ikatan kovalen (Kuswandi, 2010)	17
Gambar 2.9 Struktur Polivinil alkohol (Rowe dkk., 2009)	18
Gambar 2.10 Program <i>ImageJ</i> (Reinking, 2007)	19
Gambar 2.11 Cara perhitungan nilai RGB menggunakan program <i>imageJ</i>	20
Gambar 2.12 <i>Citrullus lanatus</i> (Shanti dan Zuraida, 2016)	22
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian.....	25
Gambar 3.2 Desain label pintar.....	30
Gambar 3.3 Desain penempatan buah semangka dan label pada kemasan.....	31
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara nilai <i>mean blue</i> dengan waktu imobilisasi..	35
Gambar 4.2 Grafik waktu respon (a) pH 6 dan (b) pH 4,2.....	40
Gambar 4.3 Waktu pakai tanpa pengawet (a) suhu ruang dan (b) <i>chiller</i>	41
Gambar 4.4 Waktu pakai dengan penambahan pengawet (a) suhu ruang dan (b) <i>chiller</i>	43
Gambar 4.5 Hubungan perubahan warna dengan nilai <i>mean blue</i> pada suhu ruang	49

Gambar 4.6 Hubungan perubahan warna dengan nilai <i>mean blue</i> pada suhu <i>chiller</i>	50
Gambar 4.7 Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis bau (a) ruang dan (b) <i>chiller</i>	51
Gambar 4.8 Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis rasa (a) ruang dan (b) <i>chiller</i>	53
Gambar 4.9 Hubungan intensitas perubahan warna terhadap nilai panelis tekstur (a) ruang dan (b) <i>chiller</i>	55
Gambar 4.10 Aplikasi sensor pada kemasan (a) segar, (b) masih segar, dan (c) busuk.....	57
Gambar 4.11 Desain kemasan sensor kesegaran.....	58



DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus 3.1 Penentuan Konsentrasi Antosianin Total	28
Rumus 3.2 Standar Deviasi.....	32
Rumus 3.3 Relatif Standar Deviasi.....	33



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati tersebut telah banyak digunakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup. Tumbuh-tumbuhan yang ada di Indonesia dapat digunakan untuk pengobatan tradisional, pewarna, dan sebagai indikator kimia alami (Erwin dkk., 2015). Indikator kimia alami ini memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi dibandingkan indikator kimia sintetik seperti fenolftalein, metil jingga, metil merah, bromtimol biru (Marwati, 2012). Contoh tumbuh-tumbuhan yang dapat digunakan sebagai indikator kimia alami yaitu ubi ungu (*Ipomea batatas*), bit merah (*Beta vulgaris*), bunga sepatu (*Hibiscus sabdarifa*), bunga rosela (*Hibiscus sabdarifa*) (Marwati, 2012), bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*) (Shishir dkk., 2008), dan kubis merah (*Brassica oleracea var capitata L. forma rubra L.*). Kubis merah telah banyak digunakan sebagai indikator kimia alami karena mengandung antosianin (Marwati, 2012).

Antosianin merupakan senyawa flavonoid yang bertanggung jawab memberikan warna pada bunga, buah, dan sayuran (Suzery dkk., 2010). Antosianin dapat memberikan warna merah, violet, ungu dan biru pada tumbuh-tumbuhan (Erwin dkk., 2015). Antosianin ini berasal dari bahasa Yunani yaitu *antho* yang artinya bunga dan *kyanos* yang artinya biru (Marwati, 2012). Perubahan warna dalam antosianin dikarenakan adanya fenolat ataupun senyawa terkonjugasi, seperti cyanidin, delphinidin, pelargonidin, peonidin, dan petunidin yang mengalami perubahan struktural ketika ada variasi pH (Pourjavaher dkk, 2017). Kubis merah merupakan salah satu tumbuhan sumber senyawa antosianin yang memiliki sifat dapat berubah warna pada setiap perubahan pH. Sebagai contoh warna ekstrak kubis merah adalah merah pada pH 1, warna biru kemerahan pada pH 4, warna ungu pada

pH 6, warna biru pada pH 8, warna hijau pada pH 12, dan warna kuning pada pH 13 (Marwati, 2012).

Berdasarkan perubahan warna yang dihasilkan oleh kubis merah tersebut, maka dapat digunakan untuk mendeteksi kesegaran buah potong. Salah satu buah potong yang umum dijual adalah semangka. Semangka merupakan buah pelepas dahaga yang mengandung gizi di antaranya kalori, protein, lemak, vitamin A, vitamin B, vitamin C, kalsium, besi, fosfor, dan sejumlah asam amino yang bermanfaat untuk kesehatan (Media, 2009). Selain itu daging buah semangka mengandung air sebanyak 93,4% sehingga buah semangka ini memiliki tingkat kebusukan yang lebih tinggi dibandingkan buah yang lain (Shanti dan Zuraida, 2016).

Banyak supermarket dan pedagang keliling yang menjual buah semangka potong yang memudahkan konsumen dalam mengonsumsi buah semangka. Saat mengonsumsi buah semangka potong perlu diwaspadai karena belum tentu buah semangka potong yang dijual tersebut masih dalam keadaan segar. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dibuat kemasan pintar yang didalamnya terdapat sensor sehingga bisa mendeteksi kesegaran buah semangka potong tersebut.

Kemasan pintar merupakan sistem pengemasan yang didalamnya terdapat label pintar sehingga mampu menjalankan fungsi pintar (seperti penginderaan, pendeteksian, pelacakan, pencatatan, dan komunikasi) agar dapat mengetahui pengambilan keputusan untuk memperpanjang umur simpan, meningkatkan kualitas, meningkatkan keamanan, memberikan informasi, dan memberikan peringatan tentang adanya kemungkinan kesalahan (Otle dan Yalcin, 2008). Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dikembangkan penelitian mengenai label pintar sebagai sensor kesegaran buah semangka potong. Dalam penelitian ini indikator yang digunakan yaitu indikator alami berupa ekstrak kubis merah yang ditambah dengan bahan pengikat berupa polivinil alkohol. Kemudian diimobilisasikan ke dalam kertas saring *whatmann* secara adsorpsi dan diaplikasikan pada buah semangka sehingga dapat mengetahui kesegaran buah semangka potong.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapakah konsentrasi bahan pengikat dan waktu imobilisasi yang optimum dalam pembuatan indikator pH berbasis antosianin dari kubis merah untuk mendeteksi kesegaran buah semangka potong?
2. Bagaimana hubungan perubahan warna sensor pH untuk tingkat kesegaran buah semangka potong?
3. Bagaimana karakterisasi indikator pH yang meliputi waktu respon, waktu pakai, reproduibilitas, dan reversibilitas?
4. Apakah indikator pH tersebut dapat diaplikasikan sebagai label pintar untuk kesegaran buah semangka potong di pasaran?

1.3 Tujuan Penelitian

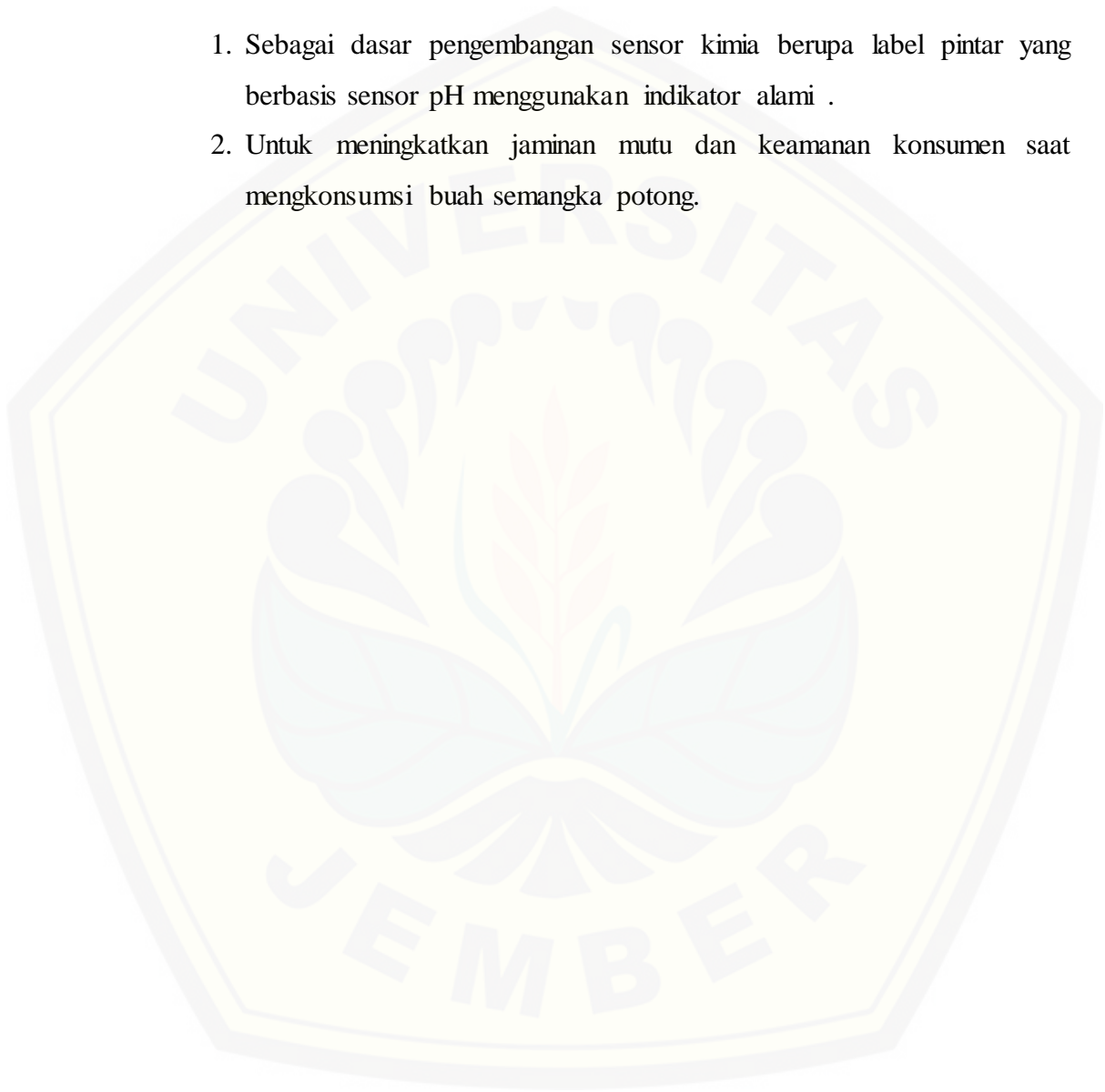
Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Mengetahui konsentrasi bahan pengikat optimum dan waktu imobilisasi optimum dalam pembuatan sensor pH untuk mendeteksi kesegaran buah semangka potong.
2. Mengetahui perubahan warna sensor pH untuk tingkat kesegaran buah semangka potong .
3. Mengetahui karakterisasi sensor pH yang meliputi waktu respon, waktu pakai, reproduibilitas, dan reversibilitas.
4. Menentukan apakah label pintar tersebut dapat diaplikasikan sebagai sensor kesegaran buah semangka potong di lapangan.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian terhadap pembuatan label pintar untuk mendeteksi kesegaran buah semangka potong antara lain:

1. Sebagai dasar pengembangan sensor kimia berupa label pintar yang berbasis sensor pH menggunakan indikator alami .
2. Untuk meningkatkan jaminan mutu dan keamanan konsumen saat mengkonsumsi buah semangka potong.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kubis Merah

Kubis Merah (*Brassica oleracea var capitata L. forma rubra L*) merupakan salah satu hasil pertanian yang ditanam sebagai sayuran yang biasa disebut “kol”. Kubis memiliki batang yang lunak dan berasal dari Eropa Selatan dan Eropa Barat (Rahmat, 1994). Sayuran ini umumnya memiliki warna hijau pucat (*forma alba*) putih. Selain itu, terdapat kubis warna hijau (*forma firidis*) dan ungu (*forma rubra*) (Ekasari, 2009). Kubis merah mengandung pigmen antosianin yang memiliki potensi sebagai pewarna makanan alami (Pliszka dkk., 2009). Pigmen antosianin yang berasal dari kubis merah ini mempunyai sifat larut dalam air dan memiliki kestabilan yang baik pada kondisi asam (Tensiska dkk., 2007). Berikut klasifikasi kubis merah (Pracaya, 2000) :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Brassicales
Famili	: Cruciferae (Brassicaceae)
Genus	: Brassica
Spesies	: <i>Brassica oleracea var capitata L. forma rubra L</i>



Gambar 2.1 Kubis merah (*Brassica oleracea*) (Kannan, 2011)

2.2 Antosianin

Antosianin merupakan kelompok senyawa flavonoid yang paling menonjol. Antosianin berasal dari bahasa Yunani *anthos* yang artinya bunga dan *kyanos* yang artinya biru tua. Antosianin dapat ditemukan dalam bunga, daun, batang, buah, biji, dan jaringan akar tanaman (Kannan, 2011). Antosianin memiliki potensi tinggi untuk pewarna alami seperti oranye, merah, ungu, dan biru (Bolivar dkk., 2004).

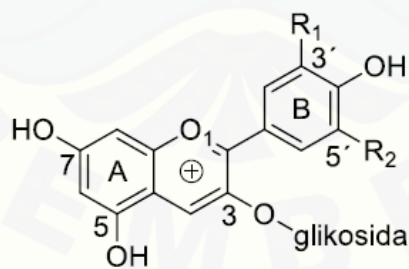
Antosianin memiliki sifat larut dalam air yang membentuk zat warna. Antosianin pada suasana asam berwarna merah dan lebih stabil sedangkan pada suasana basa berwarna biru. Antosianin dapat membentuk senyawa-senyawa turunannya yaitu petunidin, malvidin, antosianidin, sianidin, pelargonidin, dan delphinidin. Antosianidin adalah senyawa flavonoid yang secara struktur termasuk kelompok flavon. Glikosida antosianidin dikenal sebagai antosianin (Marwati, 2012).

Antosianin terdapat pada tanaman tingkat tinggi, kecuali pada 9 famili caryophyllales yaitu *Aizoaceae*, *Amarathaceae*, *Basellaceae*, *Cactaceae*, *Chenopodiaceae*, *Didiereaceae*, *Nyctaginaceae*, *Phytolaccaceae*, dan *Portulacaceae*

kecuali *Caryophyllaceae* dan *Molluginaceae*. Famili-famili tersebut mensintesis pigmen betalain (Kannan, 2011).

2.2.1 Struktur Antosianin

Antosianin terdiri dari aglikon atau antosianidin yang terikat satu atau lebih gugus gula (derivatif glikosilasi dari kation 3, 5, 7, 3'-tetrahidroksi-flavylium). Sementara gula pada posisi-3 selalu ada, dan terdapat tambahan gula yang terpasang pada posisi-5 dan 7. Antosianidin bebas kadang terbentuk pada tanaman karena kekurangan elektron dari kation flavylium sehingga membuat antosianidin bebas sangat reaktif dan membuat molekulnya sangat tidak stabil. Karena gula menstabilkan molekul antosianin, struktur glikosida ini lebih stabil daripada antosianidin. Gugus gula dapat berupa unit mono atau disakarida atau terasilasi dengan asam fenolik atau alifatik tetapi molekul gula umumnya yaitu glukosa, rhamnosa, galaktosa atau arabinosa. Selain itu, modifikasi glikosida ini juga dapat terjadi melalui jalur asilasi dan melalui kompleksasi dengan flavonoid non-sianoat dan ion logam. Sedikit perbedaan pH pada sel, bersama dengan kemungkinan adanya kopigmentasi dan kompleksasi ion menyebabkan terjadinya variasi warna (Kannan, 2011). Berikut struktur senyawa antosianin yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur kimia senyawa antosianin (Rattray dkk., 2015)

2.2.2 Sumber Antosianin

Sumber alami antosianin adalah buah-buahan berwarna (beri, anggur, persik, delima, kurma), sayuran (kubis merah, terong, jagung ungu), rempah-rempah (bawang merah), dan kacang-kacangan (kacang hitam) yang ditunjukkan pada tabel 2.1. Konsentrasi dan jenis antosianin yang ada dalam masing-masing buah dan sayuran sangat bervariasi. Misalnya pada stroberi dan raspberry mengandung sianidin dan derivatif pelargonidin, pada kubis merah hanya berisi turunan sianidin, dan pada anggur dan blueberry memiliki hampir semua derivatif antosianidin (Kannan, 2011).

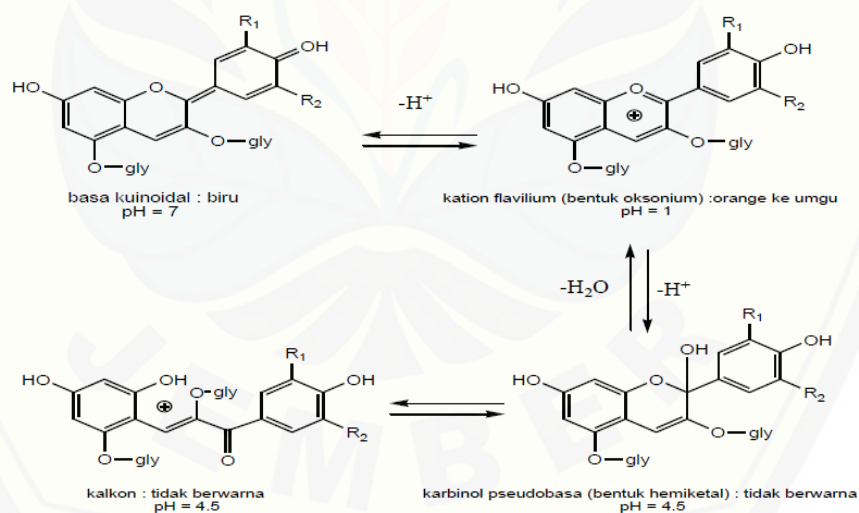
Tabel 2.1 Sumber-sumber senyawa antosianin (Kannan, 2011)

Bahan makanan	Kandungan (mg/liter atau mg/kg)
<i>Blackberry</i>	1.150
<i>Blueberry</i>	825-4.200
<i>Boysenberry</i>	1.609
Ceri	20-4.500
<i>Chokeberry</i>	5.060-10.000
<i>Cranberry</i>	600-2.000
<i>Cowberry</i>	1.000
<i>Currant (black)</i>	1.300-4.000
<i>Elderberry</i>	2.000-10.000
Anggur (merah)	300-7.500
<i>Loganberry</i>	774
Jeruk (jus)	2.000
Plum	20-250
<i>Raspberry (hitam)</i>	1.700-4.277
<i>Raspberry (merah)</i>	100-600
<i>Raspberry (merah) jus</i>	4-1.101
Sloe	1.600
Stroberi	150-350
Kubis (merah)	250
Terung	7.500
Bawang merah	sampai 250
Kelembak	sampai 2.000
Minuman anggur (merah)	240-350
Minuman anggur (port)	140-1.100

2.2.3 Sifat dan Reaksi Antosianin

Antosianin bersifat amfoter yang dapat bereaksi dengan asam maupun basa. Dalam kondisi asam antosianin berwarna merah sedangkan dalam kondisi basa berwarna biru (Santoso dkk, 2014). Sebagai contoh warna ekstrak kubis merah adalah merah pada pH 1, warna biru kemerahan pada pH 4, warna ungu pada pH 6, warna biru pada pH 8, warna hijau pada pH 12, dan warna kuning pada pH 13 (Marwati, 2012).

Antosianin merupakan senyawa yang dapat menyerap dan memantulkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda sehingga menghasilkan warna yang berbeda-beda pula (Santoso & Wahyu, 2015). Antosianin lebih stabil dalam larutan asam dibandingkan dengan larutan basa (Samber, Semangun, & Prasetyo, 2014). Secara umum stabilitas antosianin dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti struktur dan konsentrasi antosianin, derajat keasaman (pH), oksidator, cahaya, suhu, dan sebagainya (Santoso dkk, 2014).



Gambar 2.3 Reaksi Antosianin

2.3 Kemasan Pintar

Kemasan pintar adalah suatu sistem kemasan yang didalamnya terdapat label pintar yang menggunakan fungsi cerdas seperti penginderaan, pendeteksi, dan pemberi informasi sebagai pedoman untuk memperpanjang waktu simpan, meningkatkan keamanan, meningkatkan kualitas, dan memberikan informasi tentang masalah yang berkaitan dengan produk. Fungsi kemasan (*packaging*) ditunjukkan pada gambar 2.3, tentang *Intelligent Packaging* (IP) untuk meningkatkan komunikasi dan *Active Packaging* (AP) untuk meningkatkan perlindungan. IP merupakan komponen yang bertanggungjawab terhadap pemantauan dan pengolahan informasi, sedangkan AP merupakan komponen yang bertanggungjawab terhadap perlindungan produk makanan misalnya pelepasan mikroba (Yam dkk., 2005).



Gambar 2.4 Model fungsi kemasan (Kuswandi dkk., 2011)

Konsep label pintar meliputi penggunaan sensor dan indikator. Sensor pintar merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk menemukan, memberikan sinyal untuk mendeteksi adanya senyawa kimia dalam suatu makanan atau minuman. Sebagian besar perangkat berisi dua unit fungsional, yang pertama yaitu reseptor yang mengubah informasi kimia atau fisik menjadi bentuk energi dan yang kedua yaitu transduser, berupa alat yang dapat mengubah energi tersebut menjadi sinyal analitik yang berguna (Otles dan Yalcin, 2008)

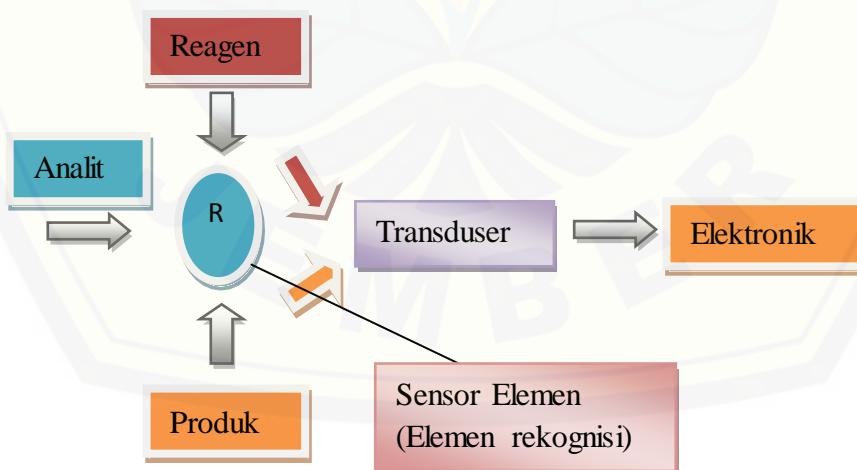
Kemasan dapat dikatakan “pintar” bila memiliki kemampuan untuk

melacak produk, sarana pengindra dalam dan luar kemasan, dan mampu berkomunikasi dengan konsumen. Kemasan aktif merupakan suatu kemasan yang subsidi pemilihannya secara sengaja termasuk pada bahan kemasan atau penyusun kemasan untuk meningkatkan tampilan dari sistem kemasan (Yam dkk., 2005).

2.4 Sensor Kimia

2.4.1 Definisi Sensor Kimia

Sensor kimia adalah suatu alat analisa yang di dalamnya terdapat reagen kimia. Reagen kimia tersebut bereaksi dengan analit dalam larutan atau gas dan menghasilkan perubahan fisika-kimiawi yang bisa diubah menjadi sinyal elektrik proporsional. Sensor kimia yang ideal yaitu sensor yang mampu berinteraksi dengan analit secara reversibel, sehingga sinyal sensor dapat dikontrol dengan mudah baik secara kinetik maupun termodinamik. Pada perkembangan jaman ini, telah banyak pengaplikasian sensor kimia yang digunakan untuk mendeteksi suatu analit yaitu entitas kimiawi dengan reaksi kimia yang sesuai. Penggambaran sensor kimia bisa dilihat pada gambar 2.5 (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.5 Skema sensor kimia (Kuswandi, 2010)

Sensor kimia memiliki beberapa kelebihan antara lain :

1. Sensor optik bersifat pasif secara elektris. Hal ini memungkinkan sensor optik tersebut tidak terganggu oleh medan listrik dan medan magnet, sehingga secara intrinsik relatif aman dan dapat dioperasikan pada daerah yang mudah meledak.
2. Dapat diminiaturasi dengan mudah. Jika membuat sensor yang relatif kecil maka sampel yang dibutuhkan juga sedikit.
3. Konstruksinya cukup kuat (tidak mudah pecah seperti pada elektroda gelas).

Selain beberapa kelebihan yang dimiliki sensor kimia, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Waktu respon yang relatif lama. Hal ini dimungkinkan karena terjadinya transfer massa antar analit dan membran yang mengandung reagen terimobilisasi dalam bentuk fasa yang berbeda sehingga memerlukan waktu respon yang relatif lama.
2. Terjadi *photodecomposition* dan *photobleaching*.
3. Fluktuasi sumber sinar.
4. Hilangnya signal optik (Kuswandi, 2010).

2.4.2 Sensor pH

Sensor pH merupakan salah satu contoh sensor kimia yang cukup populer dan sering digunakan di laboratorium. Sensor pH dapat berupa kertas lakmus atau kertas pH maupun pH meter. Sensor pH adalah piranti yang mampu mengubah suatu energi menjadi energi yang lain, yaitu dapat memberikan respon atau mendeteksi derajat asam-basa suatu larutan. Respon tersebut baik kimiawi maupun elektrik kemudian diubah menjadi satu sinyal yang bisa diamati, biasanya

oleh mata. Pada kertas lakmus atau indikator pH, dapat dilihat dengan mudah oleh mata karena adanya perubahan warna yang terjadi. Sedangkan pada pH meter, respon elektrik yang berupa tegangan atau voltase harus diubah menjadi respon yang mudah diamati yaitu berupa display digital (Kuswandi, 2010).

Pada indikator pH terdapat beberapa bagian, bagian sensor yang dapat memberi respon pada suatu zat yang diukur dinamakan reagen kimia. Contoh reagen kimia yang bisa digunakan sebagai indikator pH adalah timol biru, metil merah, fenol merah (Kuswandi, 2010).

2.5 Metode Imobilisasi Reagen

Imobilisasi reagen adalah pengikatan reagen pada suatu material pendukung secara merata sehingga dapat mengakibatkan pertukaran antara reagen dan larutan sampel sehingga didapat analit yang bisa dideteksi. Proses imobilisasi reagen ini sangat penting agar reagen kimia yang digunakan dalam sensor kimia dapat terhubung baik pada transduser dan sensor kimia dapat berkerja dengan baik. Metode imobilisasi ini dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Metode imobilisasi secara fisika ada 4, yaitu penyerapan (adsorpsi), pemerangkapan (*entrapment*), pengkapsulan (enkapsulasi), dan interaksi elektrostatis. Sedangkan secara kimia ada 2 yaitu pembentukan ikatan kovalen dan *crosslinking* (Kuswandi, 2010).

Faktor-faktor yang harus diperhatikan agar imobilisasi bisa berhasil adalah sebagai berikut:

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

- d. Proses pencucian yang digunakan untuk menghilangkan reagen yang tidak terikat dengan baik harus tidak berpengaruh pada reagen yang telah diimobilisasi.
- e. Material pendukung tersebut harus tidak larut dalam air, stabil dan dapat mengikat reagen dengan cukup kuat pada permukaannya.
- f. Karakter mekanis dari material pendukung tersebut harus pula diperhatikan, khususnya bila imobilisasi reagen dibuat dalam bentuk membran atau film. Misalnya, menggelembungnya film atau membran (*swelling*) (Kuswandi, 2010).

Kelebihan dan kekurangan dari setiap teknik Imobilisasi yang biasa dilakukan dalam mengimobilisasi suatu reagen dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakterisasi teknik imobilisasi (Kuswandi, 2010)

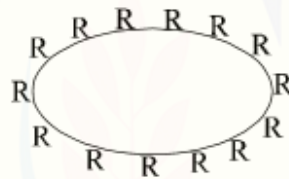
Teknik Imobilisasi	Adsorpsi	Entrapment	Ikatan Kovalen	Enkapsulasi
Kemudahan prosedur	Mudah	Mudah/sedang	Sedang/sulit	Mudah/sedang
Sifat reagen	Tetap	Tetap	Bisa berubah	Tetap
Mobilitas partikel	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi
Kapasitas pengikatan	Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi
Lepasnya reagen	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi
Stabilitas	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah
Waktu pakai	Pendek	Lama	Lama	Pendek
Biaya imobilisasi	Murah	Sedang	Mahal	Sedang

2.5.1 Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan merupakan metode yang paling sederhana dalam proses imobilisasi reagen. Metode ini dapat digunakan dalam mengikat berbagai macam reagen dari material reagen organik hingga anorganik. Adsorpsi

adalah metode imobilisasi yang melibatkan gaya-gaya *Van der Waals* atau ikatan hidrogen dalam mengikat molekul reagen pada fasa pendukung (Kuswandi, 2010). Gambar 2.6 menggambarkan metode adsorpsi.

Adsorpsi bisa dibedakan ke dalam dua golongan, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisik (fisorpsi) biasanya ikatan yang terbentuk adalah ikatan *Van der Waals* atau ikatan hidrogen sehingga ikatan ini biasanya cukup lemah. Sedangkan pada adsorpsi kimia (kemisorpsi) biasanya ikatan yang terbentuk lebih kuat, karena pada proses ini melibatkan ikatan kovalen. Di banyak metode adsorpsi yang digunakan dalam sensor kimia, untuk mengimobilisasi reagen biasanya yang terjadi adalah fisorpsi yang hanya melibatkan ikatan *Van der Waals* atau ikatan hidrogen antara reagen dengan material pendukungnya (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.6 Metode adsorpsi (Kuswandi, 2010)

2.5.2 Enkapsulasi

Enkapsulasi merupakan metode imobilisasi reagen secara fisika. Metode ini menggunakan sebuah membran semipermeabel untuk memerangkap atau menjerat reagen kimia pada permukaan sensor. Metode imobilisasi ini cukup stabil terhadap perubahan suhu, pH, kekuatan ion, dan komposisi kimia sehingga banyak digunakan dalam pengembangan sensor kimia. Material membran yang sering digunakan yaitu polivinilklorida (*PVC*), *selulosa asetat*, *polikarbonat*, dan *politetrafloroetilen* (Teflon) (Kuswandi, 2010).

2.5.3 Entrapment

Entrapment merupakan metode imobilisasi reagen secara fisika. Pada metode ini, reagen dicampur dengan larutan monomer yang kemudian mengalami polimerisasi untuk membentuk membran baik berupa gel maupun lapisan tipis film, sehingga reagen tersebut dapat terperangkap didalamnya yang dapat dilihat pada gambar 2.7 (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.7 Metode entrapment (Kuswandi, 2010)

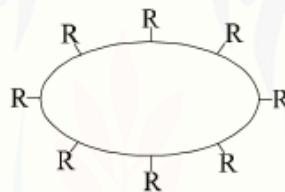
2.5.4 Crosslinking

Metode *crosslinking* merupakan metode imobilisasi secara kimia. Metode ini menggunakan sebuah agen penghubung (*bifunctional agent*) untuk membentuk ikatan kimia antara biomolekul dengan permukaan sensor atau transduser. Cara ini sering digunakan dengan cara lain seperti adsorpsi atau mikroenkapsulasi (Kuswandi, 2010).

2.5.5 Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen merupakan metode imobilisasi secara kimiawi yang didasarkan pada pembentukan ikatan kovalen antara molekul reagen dengan gugus aktif atau gugus fungsi dari material pendukung, seperti polimer. Umumnya metode ini melalui beberapa langkah sintesis sehingga metode ini biasanya mampu menghasilkan reagen yang stabil serta tahan terhadap *leaching*. Hal terpenting yang dihasilkan dari imobilisasi secara kimia adalah bahwa setelah

permukaan dari material pendukung tercover penuh dengan molekul reagen pada lapisan tunggal, maka molekul reagen berikutnya hanya akan teradsorpsi pada permukaannya saja. Hasil dari imobilisasi ini akan menghasilkan adsorpsi yang lemah, sebab pada proses ini juga dihasilkan sebuah lapisan unimolekular. Metode ini dapat dilihat pada gambar 2.8. Reaksi kimia yang biasa digunakan untuk imobilisasi adalah sililasi, dimana reagen diikatkan secara ikatan kovalen pada material pendukung secara langsung, misalnya untuk material bersilika dan reaksi Mannich, dimana reagen dengan atom hidrogen aktif diikat secara kovalen pada resin gelas pendukung (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.8 Metode ikatan kovalen (Kuswandi, 2010)

2.6 Karakterisasi Sensor

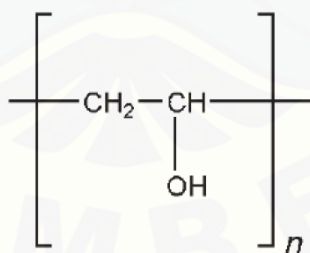
Karakterisasi sensor pada kemasan pintar digunakan untuk mengetahui kemampuan membran dan reagen untuk mendeteksi analit. Karakterisasi sensor meliputi waktu respon, waktu pakai, reproduibilitas, dan reversibilitas. Waktu respon merupakan waktu antara pertama kali sensor direaksikan dengan sampel (bisa dicelupkan atau dialirkan) dan waktu pertama kali respon sensor menghasilkan sinyal yang stabil (*steady-state*). Waktu pakai sensor dinyatakan sebagai waktu dimana sensor tersebut memberikan reaksi yang sama dan stabil terhadap suatu analit pada konsentrasi yang sama hingga waktu respon sensor tersebut terhadap analit mengalami penurunan drastis (biasanya lebih dari 15% dari respon sensor semula) (Kuswandi, 2010).

Reproduibilitas dinyatakan sebagai kedekatan respon sensor terhadap respon lainnya untuk analit yang sama. Sering pula dinyatakan sebagai kesesuaian

dalam pengulangan respon sensor terhadap analit yang sama, sehingga sering dinyatakan dalam standar deviasi (SD), baik standar deviasi relative (RSD) maupun koefisien variasi (CV). Reprodusibilitas sensor terhadap analit dapat digolongkan baik bila kesesuaian respon tersebut antara satu respon dengan respon lainnya yang dinyatakan dengan standar deviasi relative (RSD) < 5%. Reversibilitas adalah kemampuan suatu pengukuran untuk kembali seperti semula (Kuswandi, 2010). Pengukuran reversibilitas diketahui dari kemampuan sensor untuk berubah warna saat direaksikan pada pH semangka segar dan pada pH semangka busuk.

2.7 Polivinil alkohol (PVA)

Polivinil alkohol merupakan serbuk granular berwarna putih dan tidak berbau. Polivinil alkohol larut dalam air, sedikit larut dalam etanol (95%) dan tidak larut dalam pelarut organik. Struktur polivinil alkohol dapat dilihat pada gambar 2.9. Polivinil alkohol merupakan bahan yang tidak beracun dan bersifat noniritan pada kulit dan mata dengan konsentrasi sampai dengan 10% (Rowe dkk., 2009).



Gambar 2.9 Struktur Polivinil alkohol (Rowe dkk., 2009)

2.8 Metilparaben dan Propilparaben

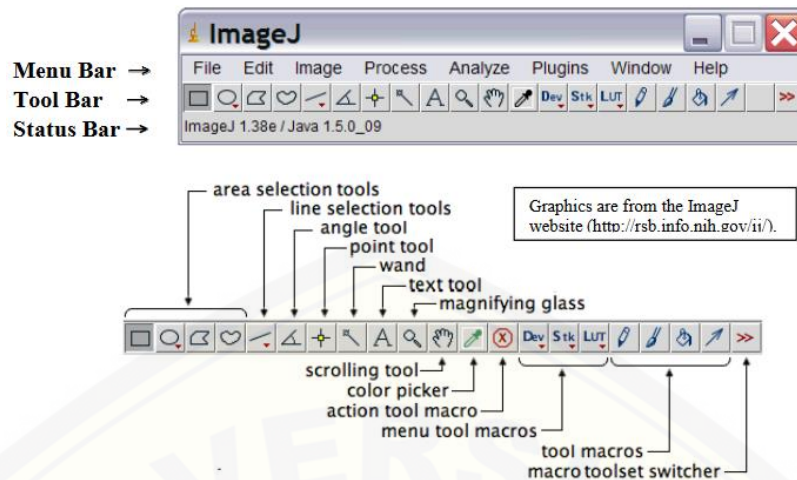
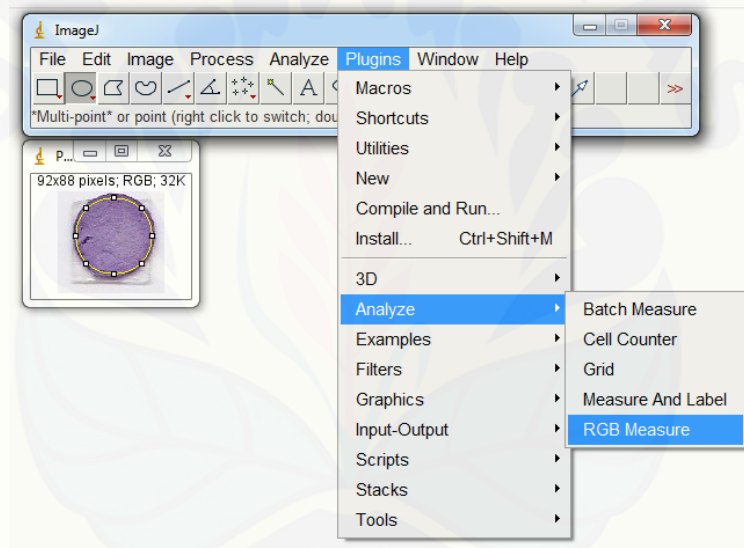
Metilparaben atau nipagin merupakan serbuk putih dan tidak berbau. Propilparaben atau nipasol merupakan serbuk putih, tidak berbau, dan tidak berasa. Metilparaben dan propilparaben banyak digunakan sebagai pengawet

antimikroba dalam kosmetik, produk makanan, dan formulasi farmasi oral dan topikal. Konsentrasi penggunaan metilparaben yaitu 0,005 – 0,1 % sedangkan propilparaben yaitu 0,015 – 0,3 % (Rowe dkk., 2009). Metiparaben dan propilparaben ini digunakan sebagai pengawet yang ditambahkan dalam indikator sebelum diimobilisasikan pada membran. Konsentrasi metiparaben dan propilparaben yang digunakan yaitu 0,1 %.

2.9 ImageJ

ImageJ adalah suatu program untuk menganalisis gambar yang dibuat oleh *National Institutes of Health* (NIH). Program ini mempunyai beberapa fitur yaitu menu bar, tool bar, dan status bar yang dapat dilihat pada gambar 2.10. Cara kerjanya yaitu saat kursor ditempatkan di atas gambar, maka akan muncul tampilan koordinat dan koordinat tersebut diukur dalam piksel/detik (Reinking, 2007).

Penentuan nilai RGB menggunakan program *ImageJ* didasarkan pada nilai perhitungan dari tiga warna yaitu merah, hijau, dan biru. Dipilih ketiga warna tersebut karena menghasilkan spektrum sehingga dapat terlihat oleh pembaca dan ketiga warna tersebut dapat bercampur untuk membentuk warna yang lainnya. Apabila intensitas tertinggi dari setiap warna dicampurkan akan diperoleh cahaya putih. Sedangkan apabila intensitas sama dengan nol akan dihasilkan cahaya hitam (Reinking, 2007). Cara perhitungan nilai RGB dengan menggunakan program *ImageJ* dapat dilihat pada gambar 2.11.

Gambar 2.10 Program *ImageJ* (Reinking, 2007)Gambar 2.11 Cara perhitungan nilai RGB menggunakan program *imageJ*

2.10 Buah Semangka

Semangka merupakan tanaman semusim yang berasal dari Afrika. Tanaman yang tumbuh merambat ini berkembang ke daerah Timur Tengah dan Cina. Selanjutnya, semangka tersebar ke seluruh dunia (Sunarjono, 2013). Ciri-ciri semangka matang dapat dilihat dari beberapaha hal berikut, yaitu (1) *field spot* atau bercak kekuningan yang lebar dan berwarna kuning pada permukaan buah semangka, (2) memiliki berat yang sesuai dengan ukurannya, (3) berbau manis,

(4) memiliki warna kulit yang cenderung tua dan kusam, (5) bila buah semangka dalam bentuk potongan, warna pada permukaan daging buah berwarna merah yang terlihat segar dan ranum (Cooking, 2018).

Semangka yang sudah busuk memiliki jamur pada kulit buah semangka berwarna hitam, putih, atau hijau, dan terlihat berbulu. Selain itu semangka yang sudah busuk juga memiliki daging buah yang mengerut, berlendir, dan lembek serta memiliki bau atau aroma asam atau menyengat (Cooking, 2018).

Buah mengalami proses fisiologi antara lain respirasi, proses pelunakan jaringan, penurunan kadar asam-asam organik, perubahan warna, kehilangan senyawa-senyawa yang mudah menguap yang berperan dalam pembentukan aroma. Perubahan fisiologis yang tidak terkontrol dengan baik akan mempercepat proses penurunan mutu yang akan berakhir dengan penuaan jaringan hingga kebusukan (Pardede, 2009).

Kebusukan buah dapat dilihat dari segi tekstur, aroma, dan warna. Pada buah pelunakan tekstur disebabkan karena aktivitas mikroba *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas marginalis*, dan *Sclerotinia sclerotiorum*. Perubahan tekstur juga disertai dengan pembentukn lendir. Lendir disintesis langsung oleh mikroba atau melalui hidrolisis pati dan protein oleh mikroba. Perubahan warna diakibatkan karena aktivitas mikroba penghasil pigmen yang banyak terdapat di permukaan buah. Beberapa mikroba tersebut antara lain *Serratia mercescens* dan *Rhodotorulla* (penyebab warna merah), *Penicillium* (penyebab warna hijau), *Pseudomonas fluorescens* (penyebab warna hijau dengan fluorescens), dan *Aspergillus niger* (penyebab warna hitam). Perubahan aroma timbul karena terbentuknya senyawa-senyawa volatil seperti amonia dan indol (Firmansyah dkk, 2013).

Kebusukan pada buah semangka dapat disebabkan oleh kapang. Kapang yang menginfeksi buah biasanya berasal dari spora yang menempel pada kulit buah. Jenis kapang yang ada pada buah semangka yaitu *Fusarium* sp dan *Rhizopus* sp. Cara perusakan kapang pada buah semangka dengan cara menghidrolisa atau mendegradasi makromolekul yang menyusun bahan tersebut menjadi fraksi-fraksi yang lebih kecil (Miskiyah dkk, 2010).

Buah semangka jika disimpan dalam waktu lama akan semakin busuk. Proses pembusukan semangka akan meningkat bila disimpan pada suhu tinggi dan juga meningkatkan kontaminasi jamur. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap perubahan pH, dimana semakin tinggi suhu penyimpanan buah semangka maka akan menurunkan pH buah semangka tersebut .

2.10.1 Klasifikasi Buah Semangka

Berikut klasifikasi semangka (Shanti dan Zuraida, 2016) :

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Viridaeplantae
Infrakingdom	: Streptophyta
Divisi	: Tracheophyta
Subdivisi	: Spermatophytina
Infradivisi	: Angiospermae
Kelas	: Magnoliopsida
Superordo	: Rosanae
Ordo	: Curcubitales
Famili	: Cucurbitaceae
Genus	: <i>Citrullus</i>
Spesies	: <i>Citrullus lanatus</i>



Gambar 2.12 *Citrullus lanatus* (Shanti dan Zuraida, 2016)

2.10.2 Manfaat dan Kandungan Gizi Buah Semangka

Semangka diketahui mengandung zat-zat tertentu yang cukup efektif dalam membunuh sel-sel kanker. Profesor Masatoshi Yamazaki dari Universitas Tokyo memaparkan hasil temuannya tersebut pada seminar ahli kanker Jepang bulan Oktober 1993. Semangka mengandung suatu zat tertentu yang mampu menghidupkan aktivitas fungsi sel darah putih yang mampu meningkatkan sistem kekebalan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semangka mengandung zat-zat yang dapat menstimulir fagosit. Fagosit adalah suatu sel darah yang mampu melindungi sistem darah dari infeksi dengan cara menyerap mikroba untuk mematikan sel-sel penyebab penyakit kanker (Prajnanta, 1996).

Kandungan kalori buah semangka sangat rendah sehingga semangka dapat berfungsi sebagai diuretik. Buah semangka mengandung pigmen karotenoid jenis flavonoid yang memberikan warna daging buah merah atau kuning. Flavonoid berperan pula sebagai anti alergi yang memiliki fungsi sebagai antioksidan yang mengurangi pengeluaran histamine dan zat-zat alergi lainnya. Bahkan menurut penemuan terbaru, flavonoid ini ikut berperan dalam pencapaian kesehatan badan secara optimal (Prajnanta, 1996). Kandungan gizi buah semangka per 100 gram dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan gizi buah semangka (Kalie, 1993)

Kandungan	Buah
Energi	28 kal
Air	92,1 %
Protein	0,5 g
Lemak	0,2 g
Karbohidrat	6,9 g
Vitamin A	590 SI
Vitamin C	6 mg
Niasin	0,2 mg
Riboflavin	0,05 mg
Thiamin	0,05 mg
Abu	0,3 mg
Kalsium (Ca)	7 mg
Besi (Fe)	0,2 mg
Fosfor (P)	12 mg

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental laboratorik.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Februari 2018 bertempat di Laboratorium Sensor Kimia dan Biosensor Fakultas Farmasi Universitas Jember.

3.3 Definisi Operasional

- a. Buah semangka yang digunakan dalam penentuan pH segar dan pH busuk semangka yaitu semangka dengan daging buah berwarna merah non biji tanpa pemilihan ukuran buah semangka
- b. Bagian semangka yang digunakan dalam penentuan pH segar dan pH busuk semangka yaitu daging buah semangka yang diambil airnya dan disimpan pada suhu ruang.
- c. Kubis merah yang digunakan yaitu bagian daun tanpa tulang daun.

3.4 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan adalah pH meter EUTECH, timbangan analitik OHAUS PA214, gelas ukur 10 mL, pipet tetes, *beaker glass*, plat tetes, pinset, batang pengaduk, spatula, vial, pipet volume, indikator pH universal MERCK, scanner, *imageJ*, kamera *handphone zenfone 2 laser* 8 MP, lemari pendingin.

3.5 Bahan Penelitian

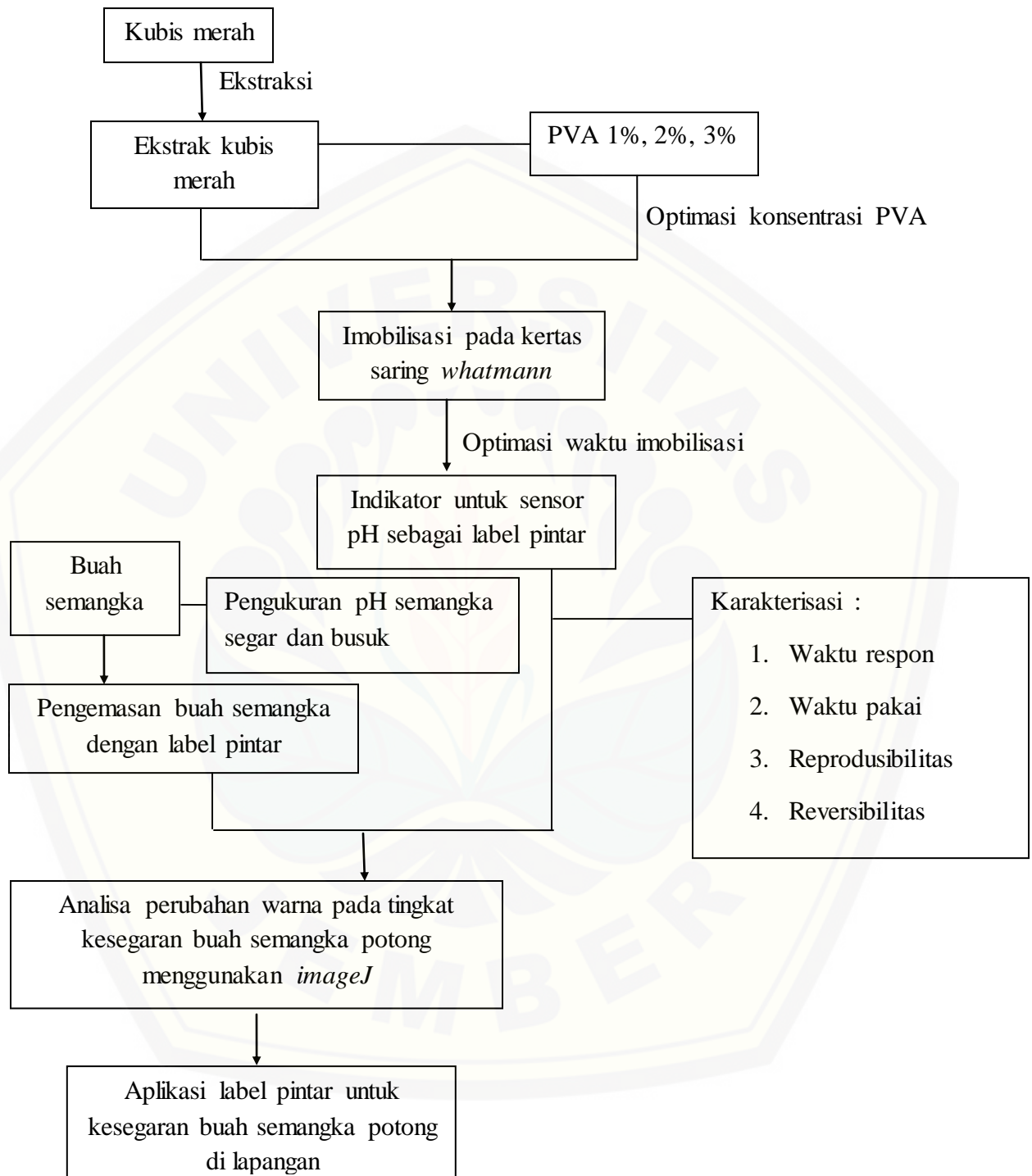
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kubis merah yang dibeli di supermarket “Giant” Jember, aquades, polivinil alkohol (PVA), larutan buffer pH 4 dan 6, kertas saring “*whatmann*” cat no 1001150, styrofoam sebagai kemasan, dan plastik wrap.

3.6 Tahapan Penelitian

3.6.1 Tahap Percobaan

1. Optimasi sensor meliputi konsentrasi bahan pengikat (PVA) dan waktu imobilisasi.
2. Pembuatan sensor yang akan diimobilisasikan dengan indikator kubis merah.
3. Karakterisasi sensor meliputi waktu pakai, waktu respon, reproduibilitas, dan reversibilitas.
4. Aplikasi sensor pada buah semangka.
5. Analisa perubahan warna pada tingkat kesegaran buah semangka potong menggunakan *imageJ*.

3.6.2 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Optimasi Sensor Kesegaran Buah

a. Optimasi Konsentrasi Bahan Pengikat (PVA)

Tujuan dilakukan optimasi konsentrasi PVA untuk mengetahui pengikatan warna indikator kubis merah yang baik pada sensor. Konsentrasi PVA yang optimum akan menghasilkan respon paling baik tidak akan meninggalkan bekas warna setelah dilakukan uji. Optimasi konsentrasi bahan pengikat dilakukan dengan cara yaitu menambahkan PVA 1%, 2%, 3% ke dalam 10 mL ekstrak kubis merah dengan menggunakan *magnetic stirer* dan pemanasan 50°C.

b. Optimasi Waktu Imobilisasi

Tujuan dilakukan optimasi waktu imobilisasi untuk mendapatkan sensor kesegaran buah yang kinerjanya optimum. Waktu imobilisasi yang digunakan yaitu 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 menit. Kertas saring *whatmann* dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 5,5 mm lalu direndam ke dalam reagen selama 10-100 menit masing-masing 3 kali replikasi. Kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan. Setelah itu dihitung nilai *mean blue* menggunakan *imageJ*. Penentuan waktu imobilisasi yang optimum yaitu dipilih warna yang terikat pada kertas saring *whatmann* paling pekat dan ditandai dengan nilai *mean Blue* yang paling rendah.

3.7.2 Fabrikasi Sensor Kesegaran Buah

a. Pembuatan Ekstrak Kubis Merah

Ditimbang 50 gram kubis merah kemudian dihancurkan dan diperas sehingga didapatkan 15,1 mL ekstrak.

b. Penambahan Bahan Pengikat pada Ekstrak Kubis Merah

PVA ditambahkan pada ekstrak kubis merah sebanyak 1% lalu dilarutkan menggunakan *magnetic stirer* dengan suhu 50°C.

c. Penentuan Konsentrasi Antosianin Total

Pengukuran konsentrasi antosianin pewarna alami dalam bentuk cair menggunakan metode pH *differential* yang dikembangkan oleh (Prior dkk., 1998). Langkah pertama yang dilakukan yaitu menyiapkan 2 buah tabung reaksi, kemudian pada tabung reaksi pertama dimasukkan 3 mL larutan dapar kalium klorida pH 1 dan pada tabung reaksi kedua dimasukkan 3 mL larutan dapar natrium asetat pH 4,5. Langkah kedua menambahkan 0,06 mL ekstrak kubis merah pada masing-masing tabung reaksi dan didiamkan selama 15 menit. Pengukuran absorbansi dari kedua perlakuan pH diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm dan 700 nm. Nilai absorbansi dihitung dengan persamaan :

$$A = [(A_{510} - A_{700})_{pH\ 1} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4,5}] \dots \dots \dots (3.1)$$

Total antosianin dihitung sebagai sianidin-3-glikosida menggunakan koefisien ekstingsi molar sebesar 26900 L cm⁻¹ dan berat molekul (BM) sebesar 449,2.

$$\text{Konsentrasi antosianin (mg/mL)} = (A \times BM \times FP \times 1000) / (\epsilon \times 1) \dots (3.2)$$

Dimana :

A = absorbansi

BM = berat molekul (449,2)

FP = faktor pengenceran

€ = ekstingsi molar (26900 L cm⁻¹)

d. Pengimobilisasian Indikator Pada Membran

Membran yang digunakan yaitu kertas saring *whatmann* dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 5,5 mm. Kemudian membran diimobilisasikan dalam indikator selama 10 menit kemudian diangin-anginkan hingga kering. Setelah itu indikator dapat digunakan untuk tahap selanjutnya.

3.7.3 Karakterisasi Sensor Kesegaran Buah

a. Waktu respon

Penentuan waktu respon dilakukan untuk mengetahui kecepatan perubahan warna sensor pada pH buah semangka potong segar dan busuk. Dilakukan dengan cara mengamati secara visual saat terjadi perubahan warna hingga warna menjadi homogen. Secara kuantitatif waktu respon ditentukan dengan nilai *mean Blue*. Penentuan waktu respon dilihat saat nilai *mean Blue* sudah *steady-state*.

b. Waktu pakai

Pengujian waktu pakai dilakukan dengan cara mengamati secara visual kestabilan warna sensor setelah kontak dengan pH buah semangka potong segar dan busuk terhadap waktu pada hari ke-7, hari ke-14, hari ke-30 dan seterusnya sampai warnanya berangsur pudar. Pada pengujian waktu pakai ini, sensor yang telah dibuat disimpan pada suhu ruang dan suhu *chiller*. Selain itu juga diberikan dua perlakuan yaitu indikator ditambah dengan nipagin nipasol sebagai pengawet dan indikator tanpa nipagin nipasol. Secara kuantitatif waktu pakai ditentukan dengan nilai *mean Blue*. Penentuan waktu pakai yaitu pada saat sensor memberikan reaksi yang stabil terhadap analit pada konsentrasi yang sama hingga waktu respon sensor mengalami perubahan drastis hingga sekitar 15%.

c. Reprodusibilitas

Pengujian reprodusibilitas ditentukan dengan menghitung standar deviasi relatif (RSD) dari 6 kali replikasi terhadap sensor yang berbeda dengan 3 hari yang berbeda. Data diukur menggunakan nilai *mean Blue* dan dihitung nilai RSD. Penentuan reprodusibilitas ini dilihat dari keterulangan nilai *mean blue* yang dihasilkan selama 3 hari tersebut.

d. Reversibilitas

Reversibilitas adalah kemampuan suatu pengukuran untuk kembali seperti semula. Repeatabilitas dapat diukur diukur dengan pengamatan secara visual dan nilai *mean Blue*. Pengukuran reversibilitas diketahui

dari kemampuan sensor untuk berubah warna saat direaksikan pada pH semangka segar dan pada pH semangka busuk.

e. Intensitas Perubahan Warna Sensor

Warna sensor dari kesegaran buah semangka diukur menggunakan *software ImageJ* dengan menentukan nilai *mean blue*. Pengambilan gambar dilakukan setiap hari dengan cara *scanning*, kemudian hasil scan tersebut diaplikasikan pada *software ImageJ* dan ditentukan nilai *mean blue*.

3.7.4 Uji Kualitas Sampel

a. Pengukuran pH Semangka Segar dan Busuk

Tahap ini dilakukan dengan mengukur pH semangka yang baru dibelah selama 5 hari berturut-turut. Jumlah semangka yang digunakan yaitu sebanyak 3 buah, masing-masing semangka dilakukan 3 kali replikasi. pH semangka segar ditunjukkan pada hari pertama pengukuran sedangkan pH semangka busuk dapat dilihat pada pengukuran hari ketiga.

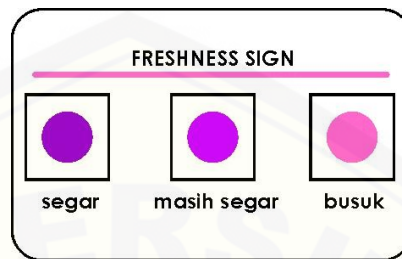
b. *Sensory Evaluation*

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi sensori untuk mengetahui tingkat penerimaan sensori panelis terhadap buah semangka. uji sensori yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji skoring dengan jumlah 10 panelis. Parameter yang diujikan meliputi bau, rasa, dan ekstur buah semangka. Pada penilaian sensori ini menggunakan metode uji skoring menggunakan skala numerik. Ada tiga skala penilaian dalam uji skoring ini yaitu segar, masih segar, dan tidak segar. Batas penolakan responden adalah diatas skor 3. Skor tersebut dinyatakan sebagai kondisi dimana produk dalam kondisi tidak baik untuk dikonsumsi.

3.7.5 Desain Label Pintar




Label pintar didesain terlebih dahulu perubahan yang terjadi dan warna yang mewakili ketiga kondisi yaitu segar, masih segar, dan busuk. Label pintar ini

dilekatkan pada bagian dalam dari pembungkus kemasan buah semangka potong. Desain label pintar kesegaran buah semangka potong ditunjukkan seperti Gambar 3.2 berikut.



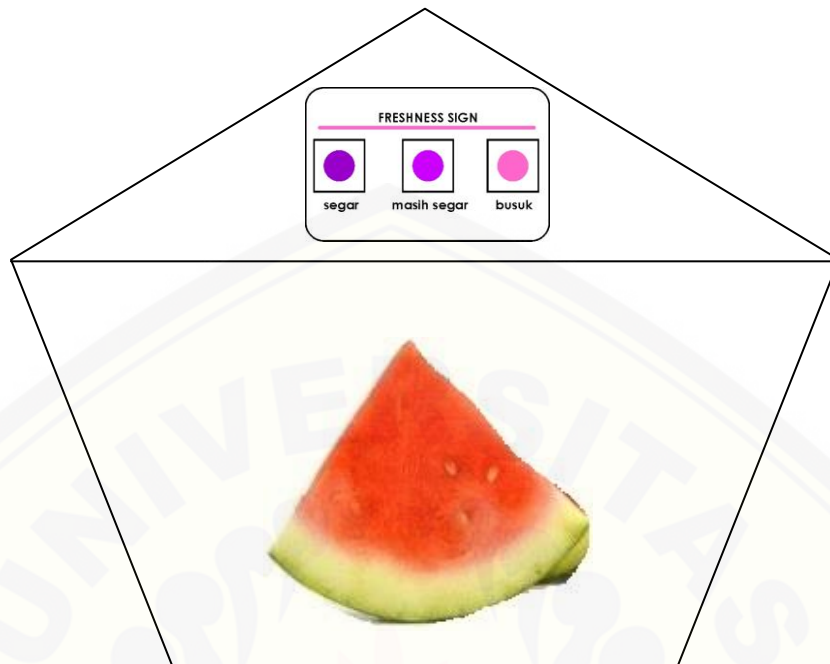
Gambar 3.2 Desain label pintar

Keterangan :

-  : Warna ungu tua menunjukkan semangka segar
-  : Warna ungu muda menunjukkan semangka masih segar
-  : Warna merah muda menunjukkan semangka busuk

3.7.6 Penempatan Buah Semangka Potong dan Label dalam Kemasan

Buah semangka segar diletakkan dalam *styrofoam* lalu ditutup dengan *plastic wrap*. Pada *plastic wrap* tersebut telah diberi label pintar pada bagian dalamnya. Penutupan diusahakan rapi dan tidak ada celah udara dari luar yang masuk dalam kemasan. Desain penempatan buah semangka potong pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Desain penempatan buah semangka dan label pada kemasan

3.7.7 Analisa Data

Pengolahan data penelitian menggunakan metode deskriptif. Data hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik agar memudahkan dalam menginterpretasikan data. Data yang dihasilkan akan mengelompokkan dua tingkat kesegaran buah semangka yaitu segar dan tidak segar.

Kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi (SD) dan relatif standar deviasi (RSD) terhadap hasil pengamatan. Standar deviasi berfungsi mengukur seberapa luas penyimpangan data tersebut dari nilai rata-ratanya (Soewarno, 1995). Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Semakin besar nilai RSD, berarti datanya kurang merata (heterogen). Sebaliknya jika nilai RSD semakin kecil maka data yang dihitung semakin merata (homogen) (Soewarno, 1995). Standar deviasi dan koefisien variasi bisa dihitung dengan rumus berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum |x_d - \bar{x}_d|^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.2)$$

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

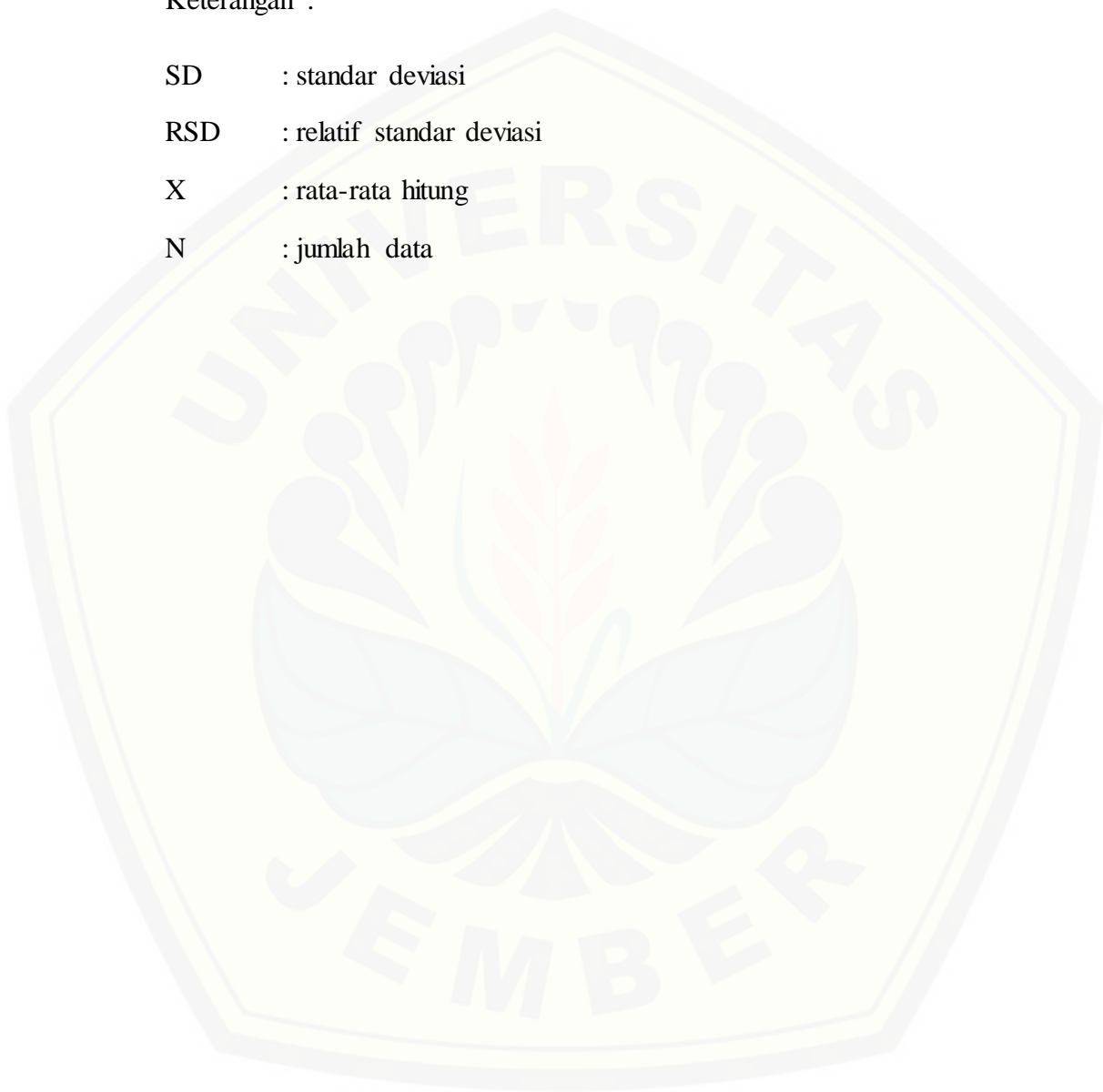
Keterangan :

SD : standar deviasi

RSD : relatif standar deviasi

X : rata-rata hitung

N : jumlah data



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Konsentrasi optimum bahan pengikat dalam pembuatan indikator pH untuk mendeteksi kesegaran buah semangka potong yaitu 1% dan waktu imobilisasi yang optimum yaitu 10 menit.
2. Hubungan perubahan warna indikator pH memiliki hubungan yang positif dengan tingkat kesegaran buah semangka potong, artinya semakin besar nilai *mean blue* maka tingkat kesegaran buah semangka potong semakin menurun.
3. Karakterisasi indikator pH untuk mendeteksi kesegaran buah semangka potong ada 4, yaitu :
 - a. Waktu respon indikator pH telah menghasilkan warna pada menit ke-0 dan menunjukkan kestabilan warna pada menit ke-4.
 - b. Waktu pakai pada penyimpanan suhu ruang dan *chiller* tanpa penambahan pengawet yaitu 12 hari dan 21 hari sedangkan waktu pakai penyimpanan suhu ruang dan *chiller* dengan penambahan pengawet yaitu 21 hari dan 28 hari.
 - c. Reprodusibilitas berdasarkan intensitas warna atau nilai *mean blue* menunjukkan bahwa perubahan warna dengan 3 kali replikasi selama 3 hari memiliki RSD < 5% sehingga dapat dikatakan bahwa indikator pH memiliki keterulangan yang baik.
 - d. Indikator pH untuk mendeteksi kesegaran buah semangka potong ini hanya dapat digunakan 1 kali (tidak reversibel).
4. Indikator pH dapat diaplikasikan sebagai label pintar untuk kesegaran buah semangka potong dipasaran dengan cara meletakkan sensor pada bagian dalam kemasan buah semangka potong kemudian dapat dilihat

perubahan warna yang terjadi dengan membandingkan warna yang terdapat pada label.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai :

1. Pada uji kualitas sampel perlu dilakukan uji tekstur untuk mengetahui tekstur buah semangka yang busuk secara kuantitatif.
2. Pengembangan indikator pH berbasis antosianin dari kubis merah dengan membran yang dapat dimakan (*edible*) sehingga sensor dapat bersentuhan langsung dengan sampel dan bisa dimakan.
3. Pengembangan indikator pH berbasis antosianin dari kubis merah untuk sediaan farmasi agar lebih aman dalam penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

Bolivar, Cevallos-Casals, Luis Cisneros-Zevallos Cooking, F. 2018. Watermelon. <https://www.finecooking.com/ingredient/watermelon> [Diakses pada 2 Januari 2019].

Cooking,F.2018.Watermelon.<https://www.finecooking.com/ingredient/watermelon> [Diakses pada 2 Januari 2019].

Erwin, M. Nur, dan P. A. 2015. Potensi Pemanfaatan Ekstrak Kubis Ungu (*Brassica oleracea* l.) sebagai Indikator Asam Basa Alami

Firmansyah, Wahyu, Meszieshan Pienasthika, Inayatun Naimah. 2013. Tugas Terstruktur Mikrobiologi Pangan Kerusakan Mikrobiologis Pada Buah Jeruk. Malang. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya

Kalie, M. B. 1993. *Bertanam Semangka*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Kannan, V. 2011. Extraction of Bioactive Compounds from Whole Red Cabbage and Beetroot Using Pulsed Electric Fields and Evaluation of Their Functionality. *Food Science and Technology*. 1–160.

Kuswandi, B. 2010. *Sensor Kimia: Teori, Praktek & Aplikasi*. Jember: UPT Penerbitan Universitas Jember.

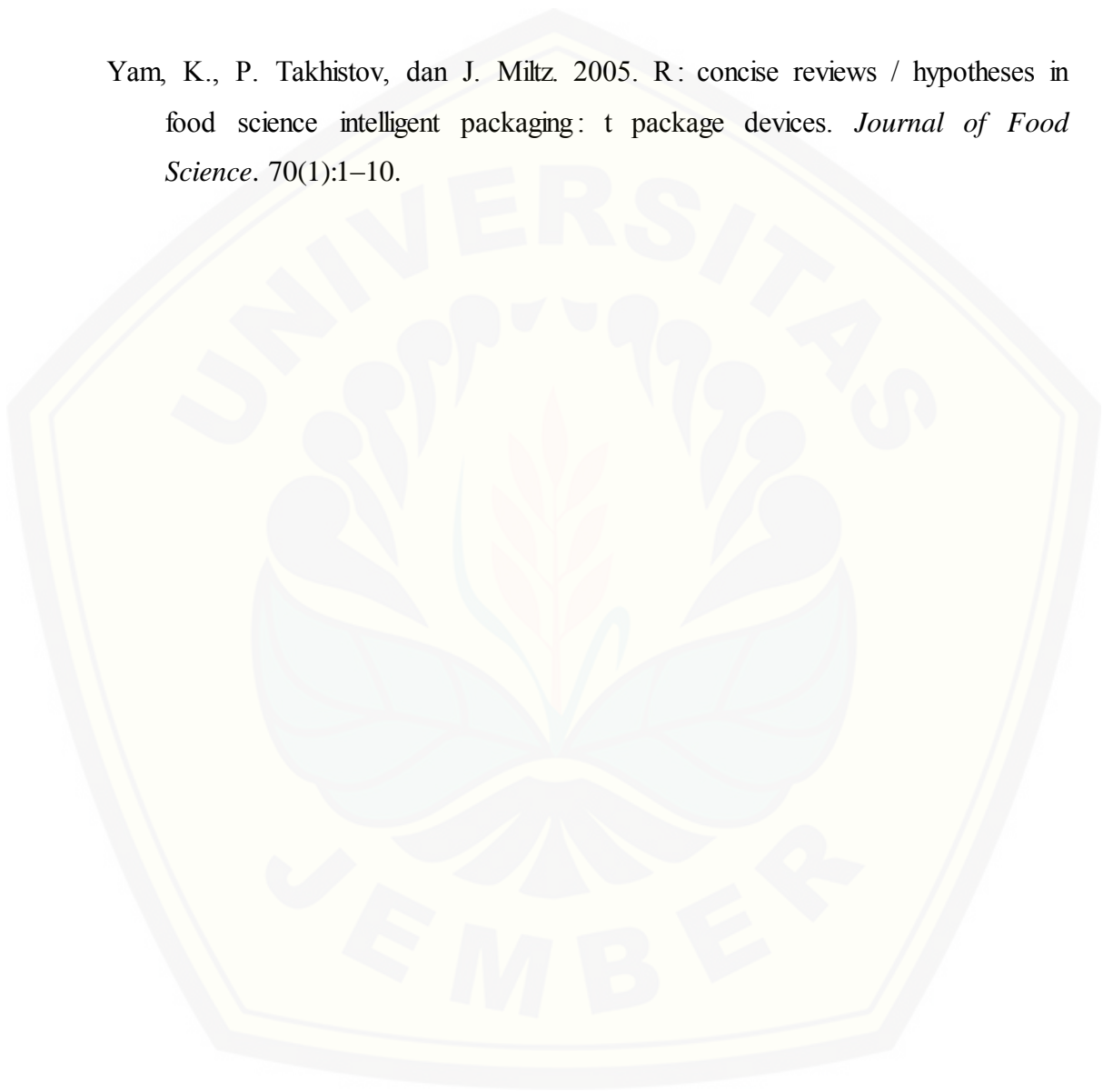
Kuswandi, B., Y. Wicaksono, Jayus, A. Abdullah, L. Y. Heng, dan M. Ahmad. 2011. Smart packaging: sensors for monitoring of food quality and safety. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*. 5(3–4):137–146.

- Marwati, S. 2012. Ekstraksi dan Preparasi Zat Warna Alami sebagai Indikator Titrasi Asam Basa. 2012.
- Media, A. 2009. *Buku Pintar Budidaya Tanaman Buah Unggul Indonesia*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- Miskiyah, Christina Winarti, Wisnu Broto, 2010. Kontaminasi Mikotoksin pada Buah Segar dan Produk Olahannya serta Penanggulangannya. Bogor: Balai Besar Pengembangan dan Penelitian Pascapanen Pertanian.
- Otles, S. dan B. Yalcin. 2008. LogForum. 4:1–9. Intelligent Food Packaging
- Pliszka, B., G. Huszcza-Ciołkowska, E. Mieszko, dan S. Czaplicki. 2009. Stability and Antioxidative Properties of Acylated Anthocyanins in Three Cultivars of Red Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata L. f. rubra). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89(7):1154–1158.
- Pourjavaher, S., H. Almasi, S. Meshkini, S. Pirs, dan E. Parandi. 2017. Development of a Colorimetric pH Indicator Based on Bacterial Cellulose Nanofibers and Red Cabbage (*Brassica oleracea*) Extract. *Carbohydrate Polymers*. 156:193–201.
- Pracaya. 2000. *Kol alias Kubis*. Salatiga: Penebar Swadaya.
- Prajnanta, F. 1996. *Agribisnis Semangka Non-Biji*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Prior, R. L., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer, dan C. M. Mainland. 1998. Antioxidant Capacity as Influenced by Total Phenolic and Anthocyanin Content, Maturity, and Variety of *vaccinium* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46(7):2686–2693.

- Rattray, 2015. Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study. *Food Research International*. 77(1):415–421.
- Reinking, L. 2007. ImageJ basics. *Word Journal Of The International Linguistic Association*. (June):1–22.
- Rowe, R. C., P. J. Sheskey, dan M. E. Quinn. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipient*. London: Pharmaceutical Press.
- Shanti, N. M. dan R. Zuraida. 2016. Pengaruh Pemberian Jus Semangka Terhadap Penurunan Tekanan Darah Lansia. *Majority*. 5:117–123.
- Shishir, M., J. Laxman, V. Pimpidkar, J. Dias, dan B. Garje. 2008. Use of *Mirabilis jalapa* 1 Flower Extract as a Natural Indicator in Acid Base Titration. *Research Article*.
- Soewarno. 1995. *Analisa Metode Statistik untuk Analisa Data*. Jakarta: Erlangga.
- Sunarjono, H. 2013. *Berkebun 26 Jenis Tanaman Buah*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Suzery, M., S. Lestari, dan B. Cahyono. 2010. Penentuan Total Antosiainin (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan Metode Maserasi dan Sokshletasi. *Jurnal Sains dan Matematika*. 18(1):1–6.

Tensiska, D. M. Sumanti, dan Ayu Pratomawati. 2007. Stabilitas Pigmen Antosianin Kubis Merah ((*Brassica oleraceae* var *capitata* L.f. *rubra* (L) Thell) Terenkapsulasi Pada Minuman Ringan yang Dipasteurisasi. Bandung. 2007.

Yam, K., P. Takhistov, dan J. Miltz. 2005. R: concise reviews / hypotheses in food science intelligent packaging: t package devices. *Journal of Food Science*. 70(1):1-10.



LAMPIRAN

Lampiran A. Data Hasil Pengamatan pH Semangka Segar dan Busuk

	Hari	Nilai pH			Rata-rata	SD	% RSD
		Rep 1	Rep 2	Rep 3			
Semangka 1	1	6,02	6,02	6,02	6,02	0,00	0,00%
	2	4,90	4,81	4,80	4,84	0,06	1,14%
	3	3,97	3,97	3,95	3,96	0,01	0,29%
	4	3,79	3,75	3,78	3,77	0,02	0,55%
	5	2,78	2,81	2,90	2,83	0,06	2,21%
Semangka 2	1	6,82	6,86	6,86	6,85	0,02	0,34%
	2	5,34	5,30	5,37	5,34	0,04	0,66%
	3	4,39	4,37	4,36	4,37	0,02	0,35%
	4	4,07	4,00	3,81	3,96	0,13	3,40%
	5	2,99	2,88	2,99	2,95	0,06	2,15%
Semangka 3	1	6,07	6,1	6,09	6,09	0,02	0,25%
	2	5,83	4,96	5,87	5,55	0,51	9,26%
	3	4,48	3,96	4,10	4,18	0,27	6,44%
	4	3,93	3,65	3,65	3,74	0,16	4,32%
	5	2,87	2,69	2,84	2,80	0,10	3,44%
Semangka 4	1	5,67	5,65	5,74	5,69	0,05	0,83%
	2	5,18	5,20	5,19	5,19	0,01	0,19%
	3	4,93	4,91	4,95	4,93	0,02	0,41%
	4	4,73	4,72	4,76	4,74	0,02	0,44%
	5	4,26	4,37	4,53	4,39	0,14	3,10%
Semangka 5	1	5,76	5,69	5,86	5,77	0,09	1,48%
	2	4,76	4,50	4,70	4,65	0,14	2,93%
	3	3,93	3,97	3,91	3,94	0,03	0,78%
	4	3,72	3,77	3,69	3,73	0,04	1,08%
	5	3,42	3,51	3,49	3,47	0,05	1,36%
Semangka 6	1	5,06	5,05	5,07	5,06	0,01	0,20%
	2	4,80	5,08	4,71	4,86	0,16	3,24%
	3	3,99	4,89	4,93	4,60	0,53	11,55%
	4	3,71	5,24	4,97	4,64	0,82	17,60%
	5	3,43	4,86	4,66	4,32	0,77	17,94%
Semangka 7	1	5,69	5,75	5,70	5,71	0,03	0,56%
	2	5,00	4,97	4,96	4,98	0,02	0,42%
	3	4,89	4,84	4,92	4,88	0,04	0,83%
	4	3,86	4,21	3,86	3,98	0,20	5,08%
	5	3,45	3,49	3,46	3,47	0,02	0,60%

	Hari	Nilai pH			Rata-rata	SD	% RSD
		Rep 1	Rep 2	Rep 3			
Semangka 8	1	5,57	5,66	5,70	5,64	0,07	1,18%
	2	5,12	5,07	5,11	5,10	0,03	0,52%
	3	4,69	4,83	4,87	4,80	0,09	1,97%
	4	4,36	4,62	3,96	4,31	0,33	7,71%
	5	3,46	3,45	3,49	3,47	0,02	0,60%
Semangka 9	1	5,48	5,36	5,34	5,39	0,08	1,40%
	2	5,05	5,04	5,06	5,05	0,01	0,20%
	3	4,54	4,47	4,44	4,48	0,05	1,14%
	4	4,37	4,29	4,43	4,36	0,07	1,61%
	5	3,42	3,33	3,45	3,40	0,06	1,84%

Cara menghitung SD dan % RSD :

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

$$RSD = [=SD/\text{rata-rata}]$$

Semangka	Rata-rata nilai pH				
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5
1	6,02	4,84	3,96	3,77	2,83
2	6,85	5,34	4,37	3,96	2,95
3	6,09	5,55	4,18	3,74	2,80
4	5,69	5,19	4,93	4,74	4,39
5	5,77	4,65	3,94	3,73	3,47
6	5,06	4,86	4,6	4,64	4,32
7	5,71	4,98	4,88	3,98	3,47
8	5,64	5,10	4,80	4,31	3,47
9	5,39	5,05	4,48	4,36	3,4
Rata-rata	5,80	5,06	4,46	4,14	3,46
SD	0,50	0,27	0,38	0,39	0,58

$$\text{pH semangka segar} = (5,80 - 0,50) - (5,80 + 0,50) = 5,3 - 6,3$$

$$\text{pH semangka busuk} = (4,46 - 0,38) - (4,46 + 0,38) = 4,08 - 4,84$$

Lampiran B. Optimasi Sensor Kesegaran Bauh Semangka Potong**Lampiran B.1 Optimasi Konsentrasi Bahan Pengikat (PVA)**

PVA	Nilai <i>blue</i>			<i>Mean blue</i>	SD	% RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3			
1%	163,814	163,770	163,326	163,637	0,270	0,002
2%	169,671	169,294	169,679	169,548	0,220	0,001
3%	167,536	170,973	172,257	170,255	2,441	0,014

Lampiran B.2 Optimasi Waktu Imobilisasi











Menit	Nilai <i>blue</i>			<i>Mean blue</i>	SD	% RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3			
10	152,927	155,251	153,444	153,874	1,220	0,793%
20	149,092	158,555	153,982	153,876	4,732	3,075%
30	154,426	154,486	154,685	154,532	0,136	0,088%
40	154,585	152,522	157,665	154,924	2,588	1,671%
50	153,682	156,350	156,034	155,355	1,458	0,938%
60	156,352	156,119	158,206	156,892	1,144	0,729%
70	155,098	159,634	156,199	156,977	2,366	1,507%
80	154,011	156,095	161,259	157,122	3,731	2,375%
90	156,458	155,335	159,627	157,140	2,226	1,416%
100	156,111	161,056	156,000	157,722	2,888	1,831%

Cara menghitung SD dan % RSD :

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

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

Gambar Visualisasi Membran Pada Optimasi Waktu Imobilisasi

Waktu imobilisasi	Membran setelah diimobilisasi	<i>Mean blue</i>
10 menit		153,874 ± 1,220
20 menit		153,876 ± 4,732
30 menit		154,532 ± 0,136
40 menit		154,924 ± 2,588
50 menit		155,355 ± 1,458
60 menit		156,892 ± 1,144
70 menit		156,977 ± 2,366
80 menit		157,122 ± 3,731
90 menit		157,140 ± 2,226
100 menit		157,722 ± 2,888

Lampiran C. Penentuan Kadar Antosianin Total

Data absorbansi

	Panjang gelombang (λ)	Absorbansi				
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5
pH 1	520 nm	2,721	2,710	2,719	2,718	2,722
	700 nm	1,193	1,189	1,190	1,194	1,191
		Absorbansi				
	Panjang gelombang (λ)	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5
pH 4,5	520 nm	1,873	1,870	1,869	1,872	1,875
	700 nm	0,703	0,710	0,708	0,701	0,702
		Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5
Kadar (gram)		$4,604 \times 10^{-3}$	$4,655 \times 10^{-3}$	$4,745 \times 10^{-3}$	$4,539 \times 10^{-3}$	$4,604 \times 10^{-3}$
% b/b		0,0092	0,0093	0,0095	0,0091	0,0092

Contoh perhitungan :

Rumus :

$$A = [(A_{520} - A_{700})_{\text{pH 1}} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH 4,5}}]$$

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

Replikasi 1 :

$$A = (2,721 - 1,193) - (1,873 - 0,703)$$

$$= 1,528 - 1,17$$

$$= 0,358$$






$$\begin{aligned}C \text{ (mg/L)} &= (0,358 \times 449,2 \times 51 \times 1000) / (26.900 \times 1) \\ &= 304,888 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Kadar dalam % b/b :






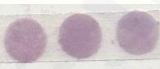


$$\begin{aligned}304,888 \text{ mg} &\sim 1000 \text{ mL} \\ x \text{ mg} &\sim 15,1 \text{ mL} \\ x &= (304,888 \times 15,1) / 1000 \\ &= 4,604 \text{ mg} = 4,604 \times 10^{-3} \text{ gram} \\ \% \text{ b/b} &= (4,604 \times 10^{-3} \text{ gram} / 50 \text{ gram}) \times 100 \% \\ &= 0,0092 \%\end{aligned}$$

Lampiran D. Data Hasil Pengamatan Perubahan Warna Sensor Kesegaran Buah Berdasarkan *ImageJ*

Lampiran D.1 Perubahan Warna Sensor Kesegaran Buah Pada Suhu Ruang

Hari	Perubahan warna	Nilai <i>blue</i>			<i>Mean blue</i>	SD	%RSD
		Rep 1	Rep 2	Rep 3			
1		170,471	175,099	173,800	173,123	2,387	1,379%
2		187,209	188,999	180,200	185,469	4,650	2,507%
3		137,548	135,236	139,551	137,445	2,159	1,571%
4		142,066	141,738	146,864	143,556	2,870	1,999%
5		150,531	153,802	156,974	153,769	3,222	2,095%

Lampiran D.2 Perubahan Warna Sensor Kesegaran Buah Pada Suhu *Chiller*

Hari	Perubahan warna	Nilai <i>blue</i>			<i>Mean blue</i>	SD	%RSD
		Rep 1	Rep 2	Rep 3			
1		155,966	159,170	156,703	157,280	1,678	1,067%
2		164,756	161,070	168,887	164,904	3,911	2,371%
3		172,920	175,255	178,260	175,478	2,677	1,526%
4		191,975	193,609	192,144	192,576	0,899	0,467%
5		194,858	193,346	196,137	194,780	1,397	0,717%
6		194,724	196,985	196,232	195,980	1,151	0,587%
7		171,298	172,832	172,607	172,246	0,828	0,481%
8		178,452	171,782	170,543	173,592	4,254	2,451%

Cara menghitung SD dan % RSD :

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

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

Lampiran E. Waktu Respon

Lampiran E.1 Waktu Respon Pada Suhu Segar

Menit	Replikasi						Rata-rata	SD	% RSD
	1	2	3	4	5	6			
0	180,354	176,982	178,100	177,851	181,805	179,713	179,134	1,806	1,008%
1	180,148	177,623	177,876	178,153	181,065	180,533	179,233	1,515	0,846%
2	180,148	177,623	177,876	178,153	181,065	180,533	179,233	1,515	0,846%
3	181,419	179,049	179,197	178,634	183,660	180,804	180,461	1,908	1,057%
4	180,993	180,951	181,022	178,355	182,357	179,844	180,587	1,353	0,749%
5	180,121	181,646	181,554	178,013	182,711	180,401	180,741	1,631	0,902%
6	183,625	178,746	181,029	179,258	184,346	181,913	181,486	2,264	1,247%
7	183,998	179,302	180,397	180,243	182,499	183,234	181,612	1,887	1,039%
8	183,456	179,157	181,131	180,285	183,054	184,136	181,870	1,973	1,085%
9	188,543	183,125	184,930	183,171	187,870	189,671	186,218	2,848	1,530%
10	190,977	185,081	187,166	185,454	189,770	191,365	188,302	2,774	1,473%

Lampiran E.2 Waktu Respon Pada Suhu Busuk

Menit	Replikasi						Rata-rata	SD	% RSD
	1	2	3	4	5	6			
0	169,769	172,390	174,911	170,800	173,812	173,798	172,580	1,977	1,146%
1	171,116	172,822	176,893	172,465	175,153	175,281	173,955	2,163	1,243%
2	170,617	176,508	177,257	172,905	175,132	176,033	174,742	2,516	1,440%
3	173,265	173,922	177,639	172,869	176,742	176,430	175,145	2,031	1,160%
4	172,619	176,292	177,089	173,086	174,536	178,145	175,295	2,234	1,274%
5	174,028	176,951	177,573	172,679	175,563	176,788	175,597	1,904	1,085%
6	174,028	176,951	177,573	172,679	175,563	176,788	175,597	1,904	1,085%
7	174,329	177,210	177,768	172,847	176,892	176,430	175,913	1,911	1,086%
8	172,748	176,844	177,673	173,229	176,524	175,988	175,501	2,027	1,155%
9	174,329	177,210	177,768	172,847	176,892	176,430	175,913	1,911	1,086%
10	182,128	185,160	183,320	181,256	184,509	182,308	183,114	1,500	0,819%

Cara menghitung SD dan % RSD :

$$SD = [=STDEV(\text{nilai } blue \text{ rep1,rep2,rep3,rep4,rep5,rep6})]$$

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

Lampiran F. Waktu Pakai Sensor Kesegaran Buah Semangka Potong

Lampiran F.1 Waktu Pakai Tanpa Penambahan Pengawet Pada pH Segar dalam Suhu Ruang

Hari	Nilai <i>blue</i>				<i>Mean blue</i>	SD	%RSD	% Kenaikan mean <i>blue</i>
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4				
1	154,568	154,473	154,789	154,232	154,516	0,231	0,149%	0,000%
2	151,949	162,870	165,227	165,897	161,486	6,489	4,018%	4,511%
3	165,623	173,388	165,843	162,541	166,849	4,613	2,765%	7,982%
4	167,868	169,244	166,489	165,437	167,260	1,656	0,990%	8,248%
5	168,156	168,147	168,688	168,896	168,472	0,379	0,225%	9,032%
6	171,414	171,350	171,450	171,400	171,404	0,041	0,024%	10,930%
7	176,785	169,627	182,182	172,171	175,191	5,522	3,152%	13,380%
8	176,236	177,106	173,688	173,758	175,197	1,739	0,993%	13,384%
9	176,005	176,300	176,128	176,220	176,163	0,127	0,072%	14,010%
10	177,431	170,519	176,897	184,627	177,369	5,769	3,252%	14,790%
11	175,535	171,506	179,944	183,204	177,547	5,108	2,877%	14,905%
12	184,586	175,466	176,011	174,609	177,668	4,648	2,616%	14,984%
13	175,269	184,397	175,750	178,177	178,398	4,197	2,352%	15,456%
14	187,730	175,421	176,362	174,569	178,521	6,183	3,464%	15,536%
15	183,194	182,803	181,580	172,740	180,079	4,941	2,744%	16,544%
16	181,867	175,327	180,120	184,375	180,422	3,819	2,117%	16,766%
17	181,748	181,972	181,996	181,908	181,906	0,112	0,061%	17,726%
18	192,854	182,514	174,549	184,056	183,493	7,503	4,089%	18,753%
19	184,343	178,906	185,269	186,381	183,725	3,319	1,806%	18,904%
20	189,260	182,203	178,947	186,268	184,170	4,526	2,458%	19,192%
21	189,458	186,798	184,662	177,289	184,552	5,224	2,831%	19,439%
22	177,314	194,281	188,069	182,741	185,601	5,062	2,727%	20,118%
23	189,567	183,767	184,881	184,380	185,649	2,652	1,428%	20,149%
24	186,416	186,874	186,787	186,352	186,607	0,262	0,140%	20,769%
25	183,864	187,344	193,915	186,009	187,783	4,332	2,307%	21,530%
26	189,371	195,228	190,841	184,629	190,017	4,370	2,300%	22,976%
27	190,383	180,931	196,224	194,856	190,599	6,911	3,626%	23,352%
28	195,337	187,079	195,788	185,278	190,871	5,471	2,866%	23,528%
29	192,541	190,181	190,595	190,918	191,059	1,033	0,541%	23,650%

Lampiran F.2 Waktu Pakai Tanpa Penambahan Pengawet Pada pH Busuk dalam Suhu Ruang

Hari	Nilai <i>blue</i>				<i>Mean blue</i>	SD	%RSD	% Kenaikan <i>Mean blue</i>
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4				
1	155,501	150,736	149,278	146,407	150,481	3,800	2,525%	0,000%
2	155,948	150,742	159,051	158,131	155,968	3,719	0,016%	3,646%
3	165,880	165,370	165,478	165,580	165,577	0,219	0,133%	10,032%
4	166,390	166,260	166,570	166,352	166,393	0,130	0,078%	10,574%
5	166,459	166,460	166,989	166,524	166,608	0,256	0,154%	10,717%
6	171,263	164,202	171,321	162,198	167,246	4,743	2,836%	11,141%
7	168,699	168,810	168,900	168,821	168,808	0,083	0,049%	12,179%
8	171,143	160,865	170,516	173,376	168,975	5,544	3,281%	12,290%
9	170,191	170,470	166,985	170,588	169,559	1,724	1,017%	12,678%
10	164,108	169,198	173,939	178,226	171,368	6,084	3,550%	13,880%
11	167,783	172,784	172,938	172,658	171,541	2,508	1,462%	13,995%
12	172,727	172,934	172,195	172,541	172,599	0,314	0,182%	14,698%
13	171,716	176,702	171,157	173,685	173,315	2,505	1,445%	15,174%
14	167,384	173,329	178,092	175,065	173,468	4,508	2,599%	15,276%
15	167,574	171,100	181,425	175,709	173,952	5,993	3,445%	15,597%
16	184,126	172,151	166,178	173,794	174,062	7,465	4,289%	15,670%
17	178,763	177,940	166,921	175,447	174,768	5,418	3,100%	16,140%
18	167,701	169,993	172,512	190,103	175,077	10,208	5,831%	16,345%
19	171,818	174,289	174,891	183,772	176,193	5,225	2,966%	17,087%
20	172,859	181,395	175,712	175,683	176,412	3,581	2,030%	17,232%
21	175,655	185,838	177,103	167,056	176,413	7,691	4,359%	17,233%
22	172,800	178,975	178,171	177,596	176,886	2,782	1,573%	17,547%
23	175,239	171,896	176,413	185,709	177,314	5,915	3,336%	17,831%
24	186,580	183,688	183,642	181,255	183,791	2,179	1,186%	20,718%
25	178,802	174,399	187,109	187,950	182,065	6,570	3,609%	20,989%
26	187,393	184,034	176,943	184,672	183,261	4,456	2,432%	21,783%
27	184,897	185,917	184,894	177,802	183,378	3,748	2,044%	21,861%
28	179,752	184,025	182,131	190,969	184,219	4,827	2,621%	22,420%
29	184,714	189,532	191,341	179,307	186,224	5,393	2,896%	23,753%

Lampiran F.3 Waktu Pakai Tanpa Penambahan Pengawet Pada pH Segar dalam Suhu *Chiller*

Hari	Nilai <i>blue</i>				Rata-rata	SD	%RSD	% Kenaikan <i>mean blue</i>
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4				
1	158,110	158,321	158,321	158,210	158,241	0,102	0,064%	0,000%
2	162,550	162,500	162,650	162,642	162,586	0,073	0,045%	2,746%
3	167,967	159,464	160,176	167,022	163,657	4,457	2,723%	3,423%
4	161,509	166,576	165,148	167,119	165,088	2,527	1,530%	4,327%
5	167,717	159,173	171,613	167,702	166,551	5,252	3,153%	5,251%
6	162,291	163,681	168,555	172,145	166,668	4,533	2,720%	5,325%
7	180,373	167,882	171,891	169,403	172,387	5,574	3,234%	8,940%
8	171,202	174,956	171,030	176,619	173,452	2,782	1,604%	9,613%
9	173,204	171,753	172,960	177,884	173,950	4,491	2,582%	9,927%
10	168,938	182,818	171,542	177,556	175,214	6,223	3,552%	10,726%
11	181,893	169,495	169,738	180,720	175,462	6,767	3,857%	10,883%
12	168,228	172,355	177,331	185,289	175,801	7,339	4,175%	11,097%
13	176,300	176,664	176,650	176,430	176,511	0,177	0,100%	11,546%
14	170,499	180,951	175,870	180,111	176,858	4,787	2,707%	11,765%
15	179,976	176,000	170,805	181,635	177,104	4,819	2,721%	11,920%
16	183,167	179,037	166,827	181,926	177,739	7,478	4,207%	12,322%
17	172,300	176,032	183,692	182,400	178,606	5,374	3,009%	12,870%
18	176,016	183,584	179,514	176,128	178,811	3,572	1,998%	12,999%
19	179,064	177,113	181,443	180,762	179,596	1,934	1,077%	13,495%
20	186,694	180,314	172,438	185,745	181,298	6,541	3,608%	14,571%
21	180,106	186,863	176,708	182,365	181,511	4,259	2,346%	14,705%
22	186,435	179,848	191,085	184,320	185,422	4,668	2,518%	17,177%
23	180,976	193,178	186,698	184,474	186,332	5,136	2,756%	17,752%
24	186,590	185,500	186,890	186,350	186,333	0,597	0,321%	17,753%
25	184,589	193,397	191,174	183,312	188,118	4,925	2,618%	18,881%
26	194,636	194,646	183,056	187,948	190,072	5,642	2,968%	20,116%
27	190,281	186,833	195,944	192,600	191,415	3,838	2,005%	20,964%
28	188,749	201,108	198,916	195,907	196,170	5,387	2,746%	23,969%
29	198,036	199,832	200,494	195,087	198,362	2,418	1,219%	25,354%

Lampiran F.4 Waktu Pakai Tanpa Penambahan Pengawet Pada pH Busuk dalam Suhu *Chiller*

Hari	Nilai <i>blue</i>				Rata-rata	SD	%RSD	% Kenaikan mean <i>blue</i>
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4				
1	153,518	153,210	153,464	153,920	153,528	0,294	0,191%	0,000%
2	158,973	159,645	154,303	155,273	157,049	2,654	1,690%	2,293%
3	169,124	165,777	152,925	160,601	162,107	4,677	2,885%	5,588%
4	163,900	162,500	162,685	163,682	163,192	0,702	0,430%	6,295%
5	158,134	166,381	166,950	161,789	163,314	4,155	2,544%	6,374%
6	166,178	156,944	164,492	172,237	164,963	6,296	3,817%	7,448%
7	158,025	170,834	169,333	165,008	165,800	5,742	3,463%	7,993%
8	163,645	173,908	167,515	159,872	161,422	5,992	3,712%	8,277%
9	163,383	165,206	166,611	172,134	166,834	3,773	2,261%	8,667%
10	178,922	162,336	165,850	165,565	168,168	7,344	4,367%	9,536%
11	159,034	178,167	166,516	170,085	168,451	7,948	4,718%	9,720%
12	168,623	168,130	168,548	168,787	168,522	0,280	0,166%	9,766%
13	172,772	168,746	161,798	173,307	169,156	5,311	3,140%	10,179%
14	166,866	173,099	173,506	164,705	169,544	4,432	2,614%	10,432%
15	167,125	178,931	165,829	167,582	169,867	6,088	3,584%	10,642%
16	170,215	170,322	170,120	170,225	170,221	0,083	0,049%	10,873%
17	166,239	177,506	171,758	166,253	170,439	5,380	3,157%	11,015%
18	172,301	170,549	164,694	175,669	170,803	4,594	2,689%	11,252%
19	172,190	172,240	172,270	172,302	172,251	0,048	0,028%	12,195%
20	173,469	177,059	174,089	168,058	173,169	3,750	2,166%	12,793%
21	169,066	176,509	171,560	180,469	174,401	5,092	2,920%	13,596%
22	181,642	173,083	171,763	175,169	175,414	4,382	2,498%	14,255%
23	175,454	175,450	175,513	175,952	175,592	0,242	0,138%	14,371%
24	178,454	169,690	176,513	180,952	176,402	4,830	2,738%	14,899%
25	172,685	175,131	174,419	183,963	176,550	5,048	2,859%	14,995%
26	175,203	177,228	178,532	177,642	177,151	1,408	0,795%	15,387%
27	182,874	172,758	177,174	180,936	178,436	4,464	2,502%	16,224%
28	181,598	180,976	182,896	168,819	178,572	6,551	3,669%	16,312%
29	170,999	181,422	181,011	181,020	178,613	5,080	2,844%	16,339%

Lampiran F.5 Waktu Pakai dengan Penambahan Pengawet Pada pH Segar dalam Suhu Ruang

Hari	Nilai <i>blue</i>				Rata-rata	SD	% RSD	% Kenaikan <i>mean blue</i>
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4				
1	146,846	146,964	138,932	144,857	145,653	3,771	2,589%	0,000%
2	148,237	148,332	143,790	147,262	146,905	2,132	1,452%	1,735%
3	151,178	148,259	153,155	158,651	152,811	4,382	2,868%	5,825%
4	154,924	151,830	152,539	153,012	153,076	1,324	0,865%	6,008%
5	159,600	151,363	152,142	150,547	153,413	4,176	2,722%	6,242%
6	152,243	157,768	151,375	155,378	154,191	2,940	1,907%	6,780%
7	155,579	144,526	156,835	161,486	154,607	7,185	4,647%	7,069%
8	156,603	156,965	156,594	156,179	156,585	0,321	0,205%	8,438%
9	157,589	157,834	157,394	157,499	157,579	0,188	0,119%	9,127%
10	158,067	158,629	158,630	159,096	158,606	0,421	0,265%	9,838%
11	159,705	159,270	159,610	159,300	159,471	0,219	0,137%	10,437%
12	160,299	160,212	160,035	161,153	160,425	0,498	0,310%	11,098%
13	161,592	161,580	161,400	161,263	161,459	0,157	0,097%	11,814%
14	161,747	161,526	161,814	161,854	161,735	0,146	0,090%	12,005%
15	161,865	161,88	161,980	161,879	161,912	0,059	0,037%	12,127%
16	162,890	162,390	162,659	163,524	162,866	0,484	0,297%	12,788%
17	163,499	163,334	163,818	163,156	163,452	0,281	0,172%	13,194%
18	163,765	163,876	163,678	163,887	163,802	0,099	0,060%	13,436%
19	164,008	164,000	163,987	163,890	163,971	0,055	0,033%	13,553%
20	164,727	164,955	163,678	164,349	164,427	0,559	0,340%	13,869%
21	165,434	165,152	166,455	166,302	165,836	0,640	0,386%	14,845%
22	166,976	166,773	166,271	166,328	170,740	0,343	0,201%	15,365%
23	175,300	177,379	175,308	171,583	174,893	2,413	1,380%	21,117%
24	178,943	178,132	176,848	185,102	179,756	3,667	2,040%	24,485%
25	190,091	172,116	183,895	181,747	181,962	7,457	4,098%	26,012%
26	184,609	194,244	179,796	180,680	184,832	6,614	3,578%	28,000%
27	187,965	180,699	178,047	193,060	184,943	6,846	3,701%	28,077%
28	185,395	188,159	186,263	181,185	185,251	2,946	1,590%	28,290%
29	193,209	187,491	181,245	183,579	186,381	5,231	2,807%	29,073%

Lampiran F.6 Waktu Pakai dengan Penambahan Pengawet Pada pH Busuk dalam Suhu Ruang

Hari	Nilai <i>blue</i>				Rata-rata	SD	%RSD	% Kenaikan mean blue
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4				
1	144,762	142,365	147,641	136,038	142,702	4,938	3,461%	0,000%
2	145,941	143,523	140,585	141,112	142,790	2,459	1,722%	0,062%
3	142,649	143,878	142,611	143,211	143,087	0,594	0,415%	0,270%
4	143,907	143,265	143,960	143,217	143,587	0,401	0,279%	0,620%
5	142,542	144,668	143,677	143,654	143,635	0,869	0,605%	0,654%
6	143,224	144,566	143,713	143,048	143,638	0,680	0,473%	0,656%
7	143,780	143,760	143,770	143,443	143,688	0,164	0,114%	0,691%
8	143,760	143,808	143,633	143,768	143,742	0,076	0,053%	0,729%
9	152,106	152,885	157,481	152,204	153,669	2,565	1,669%	7,685%
10	155,336	153,244	154,183	153,526	154,072	0,930	0,603%	7,968%
11	156,130	153,964	152,974	155,262	154,583	1,394	0,902%	8,326%
12	156,573	155,112	155,824	155,635	155,786	0,605	0,388%	9,169%
13	157,012	156,320	156,957	155,839	156,532	0,559	0,357%	9,692%
14	158,257	157,368	158,574	152,999	156,800	2,585	1,648%	9,879%
15	157,831	157,999	157,145	157,381	157,589	0,395	0,250%	10,432%
16	157,593	157,556	157,654	157,618	157,605	0,041	0,026%	10,443%
17	159,758	159,353	159,079	154,784	158,244	2,323	1,468%	10,891%
18	164,870	159,934	159,459	159,270	160,883	2,672	1,661%	12,741%
19	164,786	162,765	162,666	164,683	163,725	1,167	0,713%	14,732%
20	164,800	164,899	164,937	164,513	164,787	0,192	0,116%	15,476%
21	174,631	179,574	178,689	170,938	175,958	3,979	2,261%	23,305%
22	174,596	178,201	179,440	174,895	176,783	2,410	1,363%	23,883%
23	177,469	175,681	180,119	173,995	176,816	2,619	1,481%	23,906%
24	181,871	175,252	174,405	187,316	179,711	6,070	3,378%	25,934%
25	180,834	176,791	182,477	183,714	180,954	3,016	1,667%	26,806%
26	185,851	181,754	173,615	183,081	181,075	5,258	2,904%	26,890%
27	192,062	185,413	185,454	181,882	186,203	4,250	2,282%	30,484%
28	181,517	192,226	190,151	188,879	188,193	4,660	2,476%	31,878%
29	178,950	190,025	186,565	197,382	188,231	7,657	4,068%	31,905%

Lampiran F.7 Waktu Pakai dengan Penambahan Pengawet Pada pH Segar dalam Suhu *Chiller*

Hari	Nilai <i>blue</i>				Rata-rata	SD	%RSD	% Kenaikan <i>mean blue</i>
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4				
1	147,990	142,456	147,226	138,236	143,977	4,544	3,156%	0,000%
2	146,136	144,899	142,780	145,439	144,814	1,447	0,999%	0,581%
3	146,604	147,557	149,992	140,843	146,249	3,876	2,650%	1,578%
4	142,641	150,448	145,254	153,421	147,941	4,886	3,303%	2,753%
5	152,707	148,123	154,864	153,928	152,406	2,988	1,961%	5,854%
6	150,731	147,531	152,703	159,583	152,637	5,098	3,340%	6,015%
7	157,022	149,913	152,534	158,186	154,414	3,865	2,503%	7,249%
8	157,534	156,947	152,705	155,296	155,621	2,162	1,389%	8,087%
9	159,691	150,279	155,949	157,609	155,882	4,037	2,590%	8,269%
10	152,590	152,357	157,414	162,095	156,114	4,619	2,959%	8,430%
11	160,804	153,905	157,188	154,721	156,655	3,098	1,978%	8,806%
12	158,638	159,105	156,105	154,048	156,974	2,354	1,500%	9,027%
13	158,915	156,835	158,823	154,220	157,198	2,205	1,403%	9,183%
14	157,076	157,780	157,852	157,887	157,649	0,384	0,244%	9,496%
15	158,247	158,443	158,643	158,158	158,373	0,216	0,136%	9,999%
16	158,255	158,403	158,914	158,524	158,524	0,282	0,178%	10,104%
17	158,363	158,519	158,715	158,831	158,607	0,207	0,131%	10,161%
18	159,366	159,385	159,634	159,058	159,361	0,236	0,148%	10,685%
19	159,924	159,586	159,370	159,337	159,554	0,270	0,169%	10,819%
20	159,060	160,931	159,733	160,837	160,140	0,903	0,564%	11,226%
21	160,888	160,748	160,312	160,073	160,505	0,378	0,236%	11,480%
22	161,890	161,419	161,637	161,801	161,687	0,207	0,128%	12,301%
23	161,998	161,887	161,616	161,500	161,750	0,231	0,143%	12,344%
24	161,787	161,887	161,556	161,998	162,166	0,188	0,116%	12,384%
25	162,315	162,426	162,996	162,361	162,525	0,318	0,195%	12,883%
26	162,577	162,809	162,642	162,540	162,642	0,119	0,073%	12,964%
27	164,612	164,458	164,267	164,439	164,444	0,141	0,086%	14,215%
28	165,555	165,489	165,100	165,210	165,339	0,218	0,132%	14,837%
29	168,429	168,756	168,263	168,924	168,593	0,301	0,179%	17,097%
30	175,135	175,308	175,886	175,312	175,410	0,328	0,187%	21,832%
31	179,962	175,749	186,567	188,288	182,642	5,830	3,192%	26,855%
32	188,173	184,852	179,835	186,756	184,904	3,643	1,970%	28,426%
33	181,518	192,575	181,346	187,576	185,754	5,392	2,903%	29,016%
34	188,828	191,542	189,480	179,679	187,382	5,264	2,809%	30,147%
35	185,456	189,834	188,560	194,987	189,709	3,970	2,093%	31,763%
36	189,500	187,808	197,550	200,256	193,779	6,059	3,127%	34,590%
37	195,620	190,276	196,182	194,957	194,259	2,702	1,391%	34,924%
38	191,622	197,746	197,720	194,446	195,384	2,948	1,509%	35,705%

Lampiran F.8 Waktu Pakai dengan Penambahan Pengawet Pada pH Busuk dalam Suhu *Chiller*

Hari	Nilai <i>blue</i>				Rata-rata	SD	%RSD	% Kenaikan <i>mean blue</i>
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4				
1	141,260	142,426	146,523	142,366	143,144	2,316	1,618%	0,000%
2	145,282	143,556	146,608	145,410	145,214	1,256	0,865%	1,446%
3	145,072	146,192	145,746	145,273	145,571	0,501	0,344%	1,695%
4	143,995	149,841	149,035	144,744	146,904	2,961	2,015%	2,627%
5	151,316	149,774	144,284	151,224	149,150	3,320	2,226%	4,196%
6	146,098	146,764	153,174	152,903	149,735	3,826	2,555%	4,604%
7	153,321	152,152	153,004	156,117	153,649	1,718	1,118%	7,339%
8	159,065	150,193	155,268	150,634	153,790	4,200	2,731%	7,437%
9	153,920	158,328	152,491	151,664	154,101	2,968	1,926%	7,655%
10	154,475	154,442	159,990	150,101	154,752	4,051	2,618%	8,109%
11	155,987	154,999	153,789	154,942	154,929	0,899	0,580%	8,233%
12	155,519	154,104	155,966	155,122	155,178	0,795	0,512%	8,407%
13	155,712	155,476	155,505	155,543	155,559	0,106	0,068%	8,673%
14	155,252	155,922	155,876	155,589	155,660	0,309	0,199%	8,744%
15	156,345	156,221	156,435	156,330	156,333	0,088	0,056%	9,214%
16	156,348	156,119	156,554	156,351	156,343	0,178	0,114%	9,221%
17	156,561	156,899	156,790	156,282	156,633	0,273	0,174%	9,423%
18	157,681	157,381	157,323	157,563	157,487	0,165	0,105%	10,020%
19	157,227	157,950	157,114	158,378	157,667	0,601	0,381%	10,146%
20	159,694	158,074	158,658	158,295	158,680	0,717	0,452%	10,853%
21	158,667	158,493	158,796	158,926	158,721	0,185	0,116%	10,882%
22	159,256	159,333	159,912	158,317	159,205	0,660	0,415%	11,220%
23	159,307	159,656	159,484	160,891	159,835	0,719	0,450%	11,660%
24	160,347	159,766	160,933	160,664	160,428	0,502	0,313%	12,075%
25	160,943	160,999	160,966	159,748	160,664	0,611	0,380%	12,239%
26	161,738	161,643	161,828	160,008	161,304	0,867	0,538%	12,687%
27	161,923	161,971	160,033	161,372	161,325	0,903	0,560%	12,701%
28	162,120	163,130	162,547	162,321	162,530	0,437	0,269%	13,543%
29	164,964	163,059	163,692	163,290	163,751	0,850	0,519%	14,396%
30	164,294	164,547	163,303	164,120	164,066	0,538	0,328%	14,616%
31	164,229	164,237	164,237	164,239	164,236	0,004	0,003%	14,735%
32	165,476	165,328	167,226	165,620	165,913	0,884	0,533%	15,906%
33	166,812	166,156	166,425	165,373	166,192	0,608	0,366%	16,101%
34	167,485	167,331	163,474	174,068	168,090	4,396	2,616%	17,427%
35	170,227	169,700	169,060	170,878	169,966	0,773	0,455%	18,738%
36	171,619	172,600	172,272	171,772	172,066	0,452	0,263%	20,205%
37	172,382	174,773	174,094	170,850	173,025	1,765	1,020%	20,875%
38	174,718	175,191	176,075	175,549	175,383	0,573	0,327%	22,522%

Cara menghitung SD dan % RSD :

$$SD = [=STDEV(\text{nilai } blue \text{ rep1,rep2,rep3,rep4})]$$

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

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



Lampiran G. Reprodusibilitas

Lampiran G.1 Reprodusibilitas Pada pH Segar

Hari	Nilai <i>blue</i>						<i>Mean blue</i>	SD	%RSD
	Rep1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 6			
1	167,553	174,023	174,905	175,532	170,947	173,479	172,740	2,993	1,733%
2	173,343	172,405	183,049	176,329	170,311	173,161	174,766	4,496	2,573%
3	175,266	174,156	172,726	170,723	183,182	171,224	174,546	4,565	2,616%

Lampiran G.1 Reprodusibilitas Pada pH Busuk

Hari	Nilai <i>blue</i>						<i>Mean blue</i>	SD	%RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 6			
1	170,906	170,359	172,504	167,337	170,928	169,959	170,332	1,704	1,000%
2	177,326	182,677	180,596	179,164	180,279	182,676	180,453	2,068	1,146%
3	173,445	175,070	174,583	166,509	169,146	168,531	171,214	3,600	2,103%

Cara menghitung SD dan % RSD :

$$SD = [=STDEV(\text{nilai } blue \text{ rep1,rep2,rep3,rep4,rep5,rep6})]$$

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

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

Dihadapan Anda terdapat 12 sampel buah semangka potong dengan tempat penyimpanan yang berbeda yaitu suhu ruang dan suhu chiller, nyatakan seberapa jauh Anda menyukai buah semangka potong tersebut dengan memberi skor 1-3 pada pernyataan dibawah ini dalam hal bau dan tekstur buah semangka potong.

Penyimpanan suhu ruang :

Penilaian		Hari				
		1	2	3	4	5
Bau	S1					
	S2					
	S3					
Tekstur	S1					
	S2					
	S3					
Rasa	S1					
	S2					
	S3					

Penyimpanan suhu chiller :

Penilaian		Hari							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1								
	S2								
	S3								
Tekstur	S1								
	S2								
	S3								
Rasa	S1								
	S2								
	S3								

Keterangan :

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

S1= sampel 1 S2 = sampel 2 S3 = sampel 3

Lampiran I. Hasil Kuesioner *Sensory evaluation*

a. Nama panelis : Hanief

Penyimpanan suhu ruang :

Penilaian		Hari				
		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Rasa	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

Penilaian		Hari							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	1	2	2	2	2	3	3
	S2	1	1	2	2	2	3	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Tekstur	S1	1	1	2	2	2	2	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	2	2	2	3	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	2	3	3
	S2	1	1	1	2	2	2	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3

b. Nama panelis : Vita

Penyimpanan suhu ruang :

Penilaian		Hari				
		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	3	3	3	3
Rasa	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

Penilaian		Hari							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	1	2	2	2	2	3	3
	S2	1	1	2	2	2	3	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Tekstur	S1	1	1	2	2	2	2	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	1	2	2	2	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3

c. Nama panelis : Oni

Penyimpanan suhu ruang :

Penilaian		Hari				
		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	3	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Rasa	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	3	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

Penilaian		Hari							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	1	2	2	2	3	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	2	2	2	3	3	3	3
Tekstur	S1	1	1	2	2	2	3	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	3	3	3	2	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	1	2	2	2	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3

d. Nama panelis : Ratna

Penyimpanan suhu ruang :

		Hari				
Penilaian		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	3	3	3	3
Rasa	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	3	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

		Hari							
Penilaian		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	2	2	2	2	3	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Tekstur	S1	1	1	2	2	2	3	3	3
	S2	1	1	2	2	2	3	3	3
	S3	1	1	3	3	3	2	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	1	2	2	3	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3

e. Nama panelis : Anwar

Penyimpanan suhu ruang :

		Hari				
Penilaian		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	3	3	3	3
Rasa	S1	1	3	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	3	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

		Hari							
Penilaian		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	1	2	2	2	2	3	3
	S2	1	1	2	2	2	3	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Tekstur	S1	1	1	1	2	2	2	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	2	3	3	3	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	1	2	2	3	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3

f. Nama panelis : Santi

Penyimpanan suhu ruang :

		Hari				
Penilaian		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	3	3	3	3
Rasa	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	3	3	3	3
	S3	1	3	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

		Hari							
Penilaian		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	1	2	2	2	3	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Tekstur	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	1	2	3	2	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	1	2	2	2	3	3
	S3	1	1	1	2	2	3	3	3

g. Nama panelis : Totok

Penyimpanan suhu ruang :

		Hari				
Penilaian		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	3	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Rasa	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	3	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

		Hari							
Penilaian		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	1	2	2	2	3	3	3
	S2	1	1	1	2	2	3	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Tekstur	S1	1	1	1	2	2	2	3	3
	S2	1	1	2	2	2	3	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	1	2	2	2	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3

h. Nama panelis : Oza

Penyimpanan suhu ruang :

Penilaian		Hari				
		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Rasa	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	3	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

Penilaian		Hari							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	1	2	2	2	2	3	3
	S2	1	1	1	2	2	3	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Tekstur	S1	1	1	2	2	2	2	3	3
	S2	1	1	2	2	2	3	3	3
	S3	1	1	1	2	2	3	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	2	3	3
	S2	1	1	1	2	2	3	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3

i. Nama panelis : Didin

Penyimpanan suhu ruang :

Penilaian		Hari				
		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Rasa	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

Penilaian		Hari							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Tekstur	S1	1	1	2	2	2	3	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	1	2	2	2	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3

j. Nama panelis : Dila

Penyimpanan suhu ruang :

Penilaian		Hari				
		1	2	3	4	5
Bau	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Tekstur	S1	1	2	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	2	3	3	3
Rasa	S1	1	3	3	3	3
	S2	1	2	3	3	3
	S3	1	3	3	3	3

Penyimpanan suhu chiller :

Penilaian		Hari							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Bau	S1	1	1	1	2	2	3	3	3
	S2	1	1	2	2	2	2	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Tekstur	S1	1	1	1	2	2	2	3	3
	S2	1	1	2	2	2	3	3	3
	S3	1	1	2	2	2	2	3	3
Rasa	S1	1	1	1	2	2	2	3	3
	S2	1	1	1	2	2	2	3	3
	S3	1	1	1	2	2	2	3	3

Lampiran J. Data Uji Kualitas SampelLampiran J.1 *Sensory evaluation* pada suhu ruang

a. Parameter bau

Sampel 1

Panelis	Hari				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
3	1	2	3	3	3
4	1	2	3	3	3
5	1	2	3	3	3
6	1	2	3	3	3
7	1	2	3	3	3
8	1	2	3	3	3
9	1	2	3	3	3
10	1	2	3	3	3
Rata-rata	1	2	3	3	3

Sampel 2

Panelis	Hari				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
3	1	2	3	3	3
4	1	3	3	3	3
5	1	2	3	3	3
6	1	2	3	3	3
7	1	3	3	3	3
8	1	2	3	3	3
9	1	2	3	3	3
10	1	2	3	3	3
Rata-rata	1	2,2	3	3	3

Sampel 3

Panelis	Hari				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	3
2	1	3	3	3	3
3	1	2	3	3	3
4	1	3	3	3	3
5	1	3	3	3	3
6	1	2	3	3	3
7	1	3	3	3	3
8	1	2	3	3	3
9	1	2	3	3	3
10	1	2	3	3	3
Rata-rata	1	2,4	3	3	3

Nilai rata-rata parameter bau panelis :

Hari	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	2	2,2	2,4	2,2	0,2
3	3	3	3	3	0
4	3	3	3	3	0
5	3	3	3	3	0

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

Hari	<i>Mean blue</i>	Nilai panelis
1	171,507	1
2	174,168	2,2
3	122,121	3
4	127,904	3
5	139,172	3

b. Parameter rasa

Sampel 1

Panelis	Hari				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
3	1	2	3	3	3
4	1	2	3	3	3
5	1	3	3	3	3
6	1	2	3	3	3
7	1	2	3	3	3
8	1	2	3	3	3
9	1	2	3	3	3
10	1	3	3	3	3
Rata-rata	1	2,2	3	3	3

Sampel 2

Panelis	Hari				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
3	1	3	3	3	3
4	1	3	3	3	3
5	1	2	3	3	3
6	1	3	3	3	3
7	1	3	3	3	3
8	1	2	3	3	3
9	1	2	3	3	3
10	1	2	3	3	3
Rata-rata	1	2,4	3	3	3

Sampel 3

Panelis	Hari				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
3	1	2	3	3	3
4	1	2	3	3	3
5	1	3	3	3	3
6	1	3	3	3	3
7	1	3	3	3	3
8	1	2	3	3	3
9	1	3	3	3	3
10	1	2	3	3	3
Rata-rata	1	2,4	3	3	3

Nilai rata-rata parameter rasa panelis :

Hari	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	2,2	2,4	2,4	2,3	0,1
3	3	3	3	3	0
4	3	3	3	3	0
5	3	3	3	3	0

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

Hari	<i>Mean blue</i>	Nilai panelis
1	169,224	1
2	172,803	2,3
3	109,077	3
4	113,912	3
5	136,523	3

c. Parameter tekstur

Sampel 1

Panelis	Hari				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
3	1	2	3	3	3
4	1	2	3	3	3
5	1	2	3	3	3
6	1	2	3	3	3
7	1	2	3	3	3
8	1	2	3	3	3
9	1	2	3	3	3
10	1	2	3	3	3
Rata-rata	1	2	3	3	3

Sampel 2

Panelis	Hari				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
3	1	3	3	3	3
4	1	3	3	3	3
5	1	2	3	3	3
6	1	2	3	3	3
7	1	3	3	3	3
8	1	2	3	3	3
9	1	2	3	3	3
10	1	2	3	3	3
Rata-rata	1	2,3	3	3	3

Sampel 3

Panelis	Hari				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	3	3
2	1	3	3	3	3
3	1	2	3	3	3
4	1	2	3	3	3
5	1	2	3	3	3
6	1	3	3	3	3
7	1	3	3	3	3
8	1	2	3	3	3
9	1	3	3	3	3
10	1	2	3	3	3
Rata-rata	1	2,4	3	3	3

Nilai rata-rata parameter tekstur panelis :

Hari	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	2	2,3	2,4	2,2	0,2
3	3	3	3	3	0
4	3	3	3	3	0
5	3	3	3	3	0

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

Hari	<i>Mean blue</i>	Nilai panelis
1	172,275	1
2	173,966	2,3
3	115,626	3
4	118,932	3
5	139,552	3

Lampiran J.2 *Sensory evaluation* pada suhu *chiller*

a. Parameter bau

Sampel 1

Panelis	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	2	2	2	2	3	3
2	1	1	2	2	2	2	3	3
3	1	1	2	2	2	3	3	3
4	1	2	2	2	2	3	3	3
5	1	1	2	2	2	2	3	3
6	1	1	2	2	2	3	3	3
7	1	1	2	2	2	3	3	3
8	1	1	2	2	2	2	3	3
9	1	1	2	2	2	3	3	3
10	1	1	2	2	2	3	3	3
Rata-rata	1	1,1	2	2	2	2,6	3	3

Sampel 2

Panelis	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	2	2	2	3	3	3
2	1	1	2	2	2	3	3	3
3	1	1	2	2	2	2	3	3
4	1	1	2	2	2	2	3	3
5	1	1	2	2	2	3	3	3
6	1	1	2	2	2	2	3	3
7	1	1	1	2	2	3	3	3
8	1	1	1	2	2	3	3	3
9	1	1	2	2	2	2	3	3
10	1	1	2	2	2	2	3	3
Rata-rata	1	1	1,8	2	2	2,5	3	3

Sampel 3

Panelis	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	2	2	2	2	3	3
2	1	1	2	2	2	2	3	3
3	1	1	2	2	2	3	3	3
4	1	1	2	2	2	2	3	3
5	1	1	2	2	2	3	3	3
6	1	1	2	2	2	2	3	3
7	1	1	2	2	2	2	3	3
8	1	1	2	2	2	3	3	3
9	1	1	2	2	2	2	3	3
10	1	1	2	2	2	3	3	3
Rata-rata	1	1	2	2	2	2,4	3	3

Nilai rata-rata parameter bau panelis :

Hari	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1,1	1	1	1,0	0,06
3	2	1,8	2	1,9	0,1
4	2	2	2	2	0
5	2	2	2	2	0
6	2,6	2,5	2,4	2,5	0,1
7	3	3	3	3	0
8	3	3	3	3	0

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

Hari	<i>Mean blue</i>	Nilai panelis
1	154,356	1
2	160,009	1
3	165,695	1,9
4	166,626	2
5	172,805	2
6	177,005	2,5
7	163,373	3
8	164,701	3

b. Parameter rasa

Sampel 1

Panelis	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	2	2	2	3	3
2	1	1	1	2	2	3	3	3
3	1	1	1	2	2	3	3	3
4	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	1	1	2	2	3	3	3
6	1	1	2	2	2	3	3	3
7	1	1	2	2	2	3	3	3
8	1	1	1	2	2	2	3	3
9	1	1	1	2	2	3	3	3
10	1	1	2	2	2	2	3	3
Rata-rata	1	1	1,4	2	2	2,7	3	3

Sampel 2

Panelis	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	2	2	2	3	3
2	1	1	1	2	2	2	3	3
3	1	1	2	2	2	2	3	3
4	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	1	1	2	2	3	3	3
6	1	1	2	2	2	2	3	3
7	1	1	2	2	2	2	3	3
8	1	1	2	2	2	3	3	3
9	1	1	2	2	2	2	3	3
10	1	1	1	2	2	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,6	2	2	2,4	3	3

Sampel 3

Panelis	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	2	2	2	2	3	3
2	1	1	1	2	2	2	3	3
3	1	1	2	2	2	2	3	3
4	1	1	2	2	2	2	3	3
5	1	1	1	2	2	2	3	3
6	1	1	2	2	2	3	3	3
7	1	1	1	2	2	2	3	3
8	1	1	2	2	2	2	3	3
9	1	1	1	2	2	2	3	3
10	1	1	2	2	2	3	3	3
Rata-rata	1	1	1,6	2	2	2,2	3	3

Nilai rata-rata parameter rasa panelis :

Hari	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1,0	0
3	1,4	1,6	1,6	1,5	0,1
4	2	2	2	2	0
5	2	2	2	2	0
6	2,7	2,4	2,2	2,4	0,3
7	3	3	3	3	0
8	3	3	3	3	0

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

Hari	<i>Mean blue</i>	Nilai panelis
1	159,312	1
2	164,008	1
3	169,725	1,5
4	172,811	2
5	181,807	2
6	187,303	2,4
7	172,476	3
8	173,790	3

c. Parameter tekstur

Sampel 1

Panelis	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	2	2	2	2	3	3
2	1	1	1	2	2	2	3	3
3	1	1	2	2	2	3	3	3
4	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	1	2	2	2	2	3	3
6	1	1	2	2	2	2	3	3
7	1	1	1	2	2	3	3	3
8	1	1	2	2	2	2	3	3
9	1	1	1	2	2	2	3	3
10	1	1	2	2	2	2	3	3
Rata-rata	1	1	1,7	2	2	2,3	3	3

Sampel 2

Panelis	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	2	2	2	3	3	3
2	1	1	1	2	2	3	3	3
3	1	1	1	2	2	2	3	3
4	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	1	2	2	2	2	3	3
6	1	1	1	2	2	2	3	3
7	1	1	2	2	2	3	3	3
8	1	1	1	2	2	3	3	3
9	1	1	2	2	2	2	3	3
10	1	1	2	2	2	2	3	3
Rata-rata	1	1	1,6	2	2	2,5	3	3

Sampel 3

Panelis	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	2	2	2	2	3	3
2	1	1	1	2	2	2	3	3
3	1	1	1	2	2	2	3	3
4	1	1	1	2	2	2	3	3
5	1	1	2	2	2	3	3	3
6	1	1	2	2	2	2	3	3
7	1	1	1	2	2	2	3	3
8	1	1	2	2	2	3	3	3
9	1	1	2	2	2	3	3	3
10	1	1	1	2	2	2	3	3
Rata-rata	1	1	1,5	2	2	2,3	3	3

Nilai rata-rata parameter tekstur panelis :

Hari	Sampel			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1,0	0
3	1,7	1,6	1,5	1,6	0,1
4	2	2	2	2	0
5	2	2	2	2	0
6	2,3	2,5	2,3	2,4	0,1
7	3	3	3	3	0
8	3	3	3	3	0

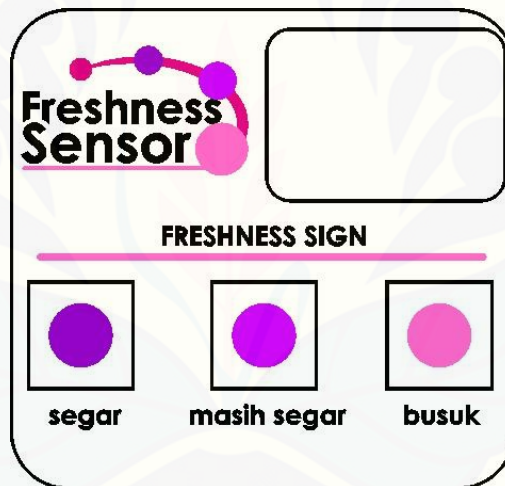
Hubungan antara nilai *mean blue* dan nilai rata-rata tekstur dari panelis :

Hari	<i>Mean blue</i>	Nilai panelis
1	153,836	1
2	157,845	1
3	172,611	1,6
4	174,410	2
5	178,060	2
6	182,787	2,4
7	169,456	3
8	172,154	3

Lampiran K. Aplikasi Sensor dan Label Pada Kemasan



Lampiran L. Desain Label



Lampiran M. Desain Kemasan Produk

