



**APLIKASI *THERMOCHROMIC INK* SEBAGAI INDIKATOR  
TEMPERATUR UNTUK STABILITAS MASA PAKAI PADA  
SUPPOSITORIA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ni'matin Choiroh  
NIM 142210101006**

**FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**APLIKASI *THERMOCHROMIC INK* SEBAGAI INDIKATOR  
TEMPERATUR UNTUK STABILITAS MASA PAKAI PADA  
SUPPOSITORIA**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk  
meyelesaikan Pendidikan Strata Satu Fakultas Farmasi dan mencapai gelar  
Sarjana Farmasi

Oleh

**Ni'matin Choiroh  
NIM 142210101006**

**FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah atas ridho Allah SWT skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT yang senantiasa memberi petunjuk, rahmat, hidayah, tuntunan dan limpahan kasih-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan serta junjungan besar Nabi Muhammad SAW sebagai panutan hidup;
2. Orang tua ku ibunda Insiyani tercinta dan ayahanda Masbuchin Adiatma tercinta, Alm. Adik Ajro'atul Aifa Musfiroh dan keluarga terkasih yang senantiasa tiada henti mendoakan, mendukung, memberi semangat, kasih sayang, dan terimakasih tiada tara atas segala pengorbanannya;
3. Teman-temanku tercinta Devi Larasati, Sheila, Zahra, Putu Liya, Ary, Rafli dll yang senantiasa memberi dukungan;
4. Tim skripsiku Sheila dan Alfi yang berjuang bersama dalam skripsi dan tidak pernah lelah untuk saling mendukung satu sama lain;
5. Bapak, Ibu guru di TK Kemala Bhayangkari, SDN 1 Rogojampi, SMPN 1 Rogojampi, dan SMAN 1 Rogojampi serta Dosen-dosen dan segenap civitas akademika Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan ilmunya serta didikannya sehingga dapat menjadikan saya menjadi manusia yang berilmu dan berakhlak seperti sekarang;
6. Almamater yang saya banggakan, Fakultas Farmasi Universitas Jember.

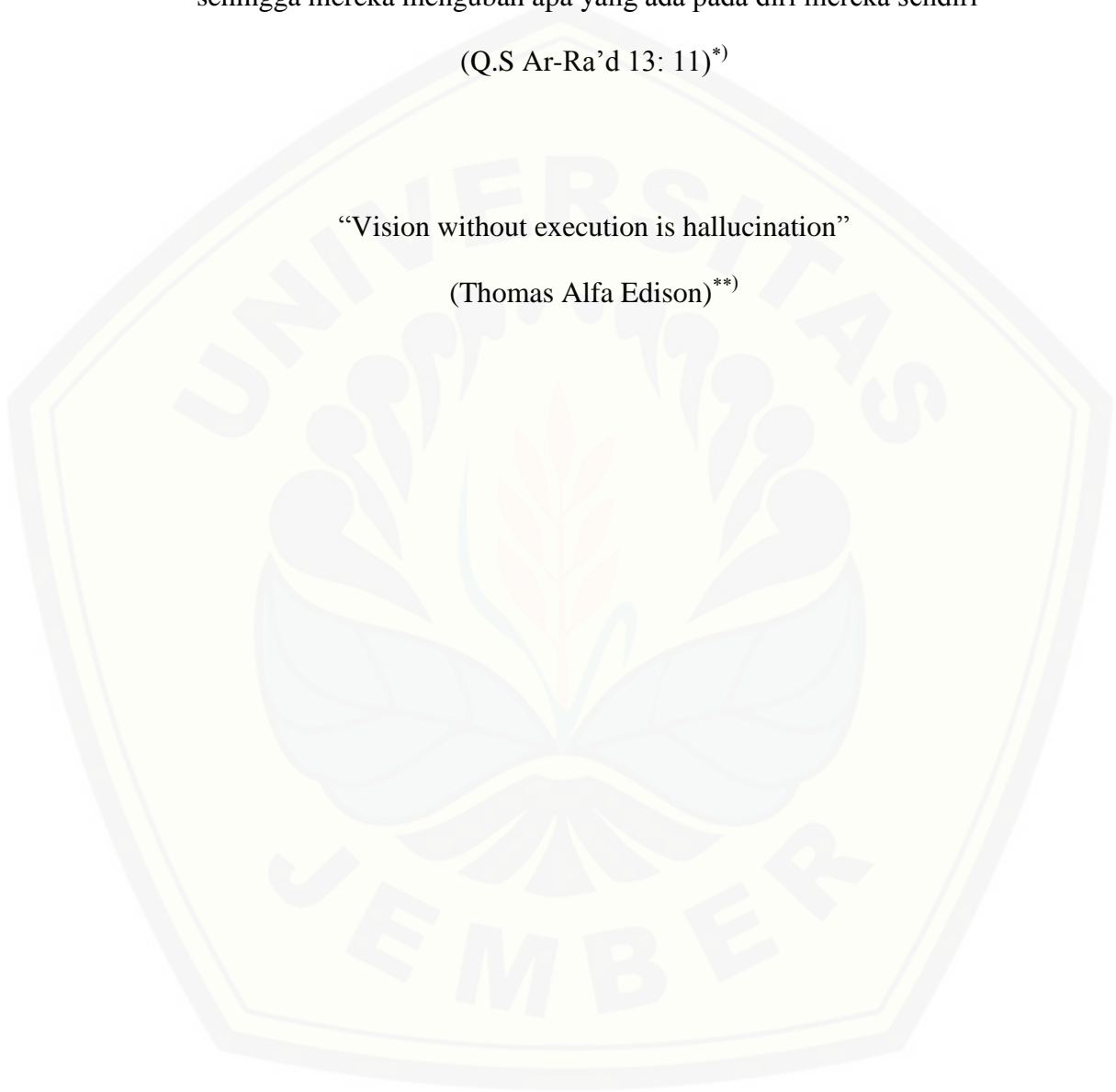
**MOTTO**

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah apa yang ada pada sesuatu kaum sehingga mereka mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri”

(Q.S Ar-Ra'd 13: 11)<sup>\*)</sup>

“Vision without execution is hallucination”

(Thomas Alfa Edison)<sup>\*\*)</sup>



---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2009. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: Kumudasmoro Grafindo

<sup>\*\*)</sup> Thomas Edison. 2014. *Quotes & Facts*. First Edition. US: Blago Kirov.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ni'matin Choiroh

NIM : 142210101006

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Aplikasi *Thermochromic Ink* sebagai Indikator Temperatur untuk Stabilitas Masa Pakai pada Suppositoria” adalah benar-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 di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juli 2018

Yang menyatakan,

Ni'matin Choiroh

NIM 142210101006

**SKRIPSI**

**APLIKASI *THERMOCHROMIC INK* SEBAGAI INDIKATOR  
TEMPERATUR UNTUK STABILITAS MASA PAKAI PADA  
SUPPOSITORIA**

Oleh

Ni'matin Choiroh

NIM 142210101006

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

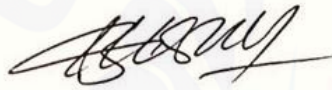
Skripsi berjudul “Aplikasi *Thermochromic Ink* sebagai Indikator Temperatur untuk Stabilitas Masa Pakai pada Suppositoria” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Selasa, 17 Juli 2018

tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,



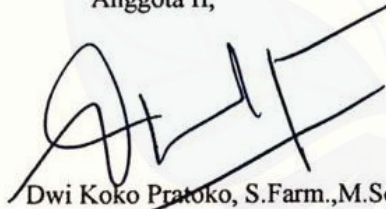
Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc., Ph.D  
NIP. 196902011994031002

Anggota I,



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

Anggota II,



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

Anggota III,



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

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,



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

## RINGKASAN

**Aplikasi *Thermochromic Ink* sebagai Indikator Temperatur untuk Stabilitas Masa Pakai pada Suppositoria**; Ni'matin Choiroh, 142210101006; 2018; 73 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Suppositoria merupakan salah satu sediaan obat yang penggunaannya sangat penting sebagai alternatif terutama bagi pasien dengan kondisi khusus. Sediaan ini mudah sekali mengalami kerusakan karena sifatnya yang mudah meleleh. Kerusakan suppositoria diakibatkan oleh penyimpanan yang tidak sesuai sebagaimana keterangan yang tercantum pada brosur kemasan. Hal ini lah yang kemudian menjadi masalah sehingga tampilan fisiknya akan berubah dan memungkinkan terjadinya penurunan kualitas suppositoria. Dengan kata lain, diperlukan penanganan terhadap suppositoria untuk menjaga stabilitas, mencegah terjadinya penurunan kualitas, dan dapat memperpanjang *shelf-life* suppositoria.

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan indikator temperatur sebagai sensor suhu dengan bahan berupa *Thermochromic Ink*. Indikator ini bekerja dengan prinsip perubahan warna oleh adanya paparan suhu dengan perubahan warna hijau muda transparan menjadi hijau tua gelap. Dalam penelitian ini dilakukan optimasi meliputi optimasi pelarut dengan pelarut terpilih metanol dan optimasi konsentrasi uji dengan konsentrasi terpilih perbandingan 1:2. Jenis material pendukung terpilih yang digunakan adalah plastik mika transparan. Penelitian ini dilakukan pada suppositoria jadi yang dikemas dalam kemasan yang ditempatkan pada 3 kondisi berbeda yaitu suhu ruang, suhu antara 10°C, dan suhu *chiller* (4±2°C). Pengamatan perubahan warna indikator temperatur diamati menggunakan program *ImageJ* dengan menggunakan nilai *mean Green*. Pada minggu ke-7 menunjukkan nilai *mean Green* suhu ruang 133,05, suhu 10°C 66,60, dan suhu *chiller* 15,44.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara stabilitas terhadap perubahan intensitas warna, kondisi permukaan, bentuk, bau,



warna dan kualitas dari suppositoria memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Artinya, semakin besar nilai *mean Green* yang diperoleh menunjukkan bahwa kondisi penyimpanan suppositoria tidak tepat dan stabilitas suppositoria menurun. Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka indikator *Thermochromic Ink* dapat diaplikasikan sebagai sensor suhu karena mampu menunjukkan perubahan warna untuk menggambarkan kondisi kelayakan suppositoria didalam kemasan.

Stabilitas indikator sangat baik karena dapat memberikan nilai warna yang relatif stabil selama penyimpanan 7 minggu dengan prosentase penurunan nilai *mean Green* dan *grayscale* < 15%. Hasil analisis data menggunakan *spss* diperoleh distribusi data yang normal dengan nilai sig > 0,05 dan uji ANOVA dengan nilai sig < 0,05 yang artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai warna dengan perlakuan berbeda.

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi *Thermochromic Ink* sebagai Indikator Temperatur untuk Stabilitas Masa Pakai pada Suppositoria”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Fakultas Farmasi Universitas Jember.

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

1. Ibu Lestyo Wulandari, S. Si., Apt., M. Farm., selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember.
2. Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dwi Koko Pratoko, S.Farm.,M.Sc.,Apt. selaku Dosen Pembimbing Anggota, terima kasih telah dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, dorongan, meluangkan waktu dan pikiran dan perhatian, serta memberikan saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini sehingga dapat terlaksana dengan baik.
3. Bapak Ari Satia Nugraha, S.F.,GdipSc.,M.Sc-Res,Ph.D.,Apt. selaku Dosen Penguji I dan Ibu Nia Kristiningrum, S.Farm.,Apt.,M.Farm. selaku Dosen Penguji II, terima kasih telah banyak memberikan kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi ini.
4. Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik, terima kasih karena telah membimbing penulis dan memberikan arahan selama menjadi mahasiswa.
5. Seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, berbagai pengalaman dan selalu memotivasi penulis selama masa perkuliahan, staff dan karyawan atas segala bantuan yang

diberikan selama penulis menjadi mahasiswa Fakultas Farmasi Universitas Jember.

6. Ibu Wayan dan Mbak Hani selaku teknisi Laboratorium Kimia Farmasi terima kasih atas bimbingan dan bantuannya selama penelitian dan proses penyelesaian skripsi ini.
7. Orang tua tercinta ibunda Insiyani dan ayahanda Masbuchin Adiatma, yang tiada hentinya berdoa untuk kebaikan dan masa depan saya, serta keluarga besar (Alm.) Mohammad, dan (Alm.) Imam Maksum. Terima kasih atas jerih payah, pengorbanan, kasih sayangnya yang tiada batasnya.
8. Sepupuku Mas Aden yang telah bersedia mendengarkan segala curahan hati serta keluh kesah penulis selama proses penyelesaian skripsi, terimakasih atas wejangan dan dukungan yang diberikan. Panjenengan salah satu inspirasiku mas.
9. Guruku tercita bunda Arbailah Mangun yang senantiasa memberikan doa dan tak hentinya memberikan semangat, motivasi kepada penulis selama masih dibangku sekolah hingga perkuliahan.
10. Sahabat sekaligus teman seperjuangan, Sheila Aprillia Izzati dan Nur Alfi Syahrin yang menjadi pengingat dan teman untuk berdiskusi, terimakasih atas kerja sama, motivasi, semangat, dukungan, dorongan, dan kebersamaan untuk menjalani suka duka selama penelitian ini serta doa yang tidak pernah putus demi terselesainya skripsi ini.
11. Sahabat dan saudara Devi Larasati, Sheila, Agus, Putu, Zahra, Alfi, Kiki dll terima kasih atas bimbingan, motivasi, dorongan, dan dukungan selama penulisan skripsi serta doa yang tidak pernah putus.
12. Teman seperjuangan Keluarga Sensor 2014 (Sheila, Alfi, Ary, Rafli, Putu, Zahra, Yanti, Yuliana, Ain, Liya, Alfiatur, Osi, Hilda, Rizki, Resa, dan Lelly) serta teman baik Iik, Devi, Frisda dan Agus.
13. *Stratum Corneum Squad* (Ary, Rafli, Sheila, Iped, Zahra, Liya) yang selalu kompak di barisan terdepan saat ujian. Teman seperjuangan dan berproses selama bangku perkuliahan.

14. Keluarga besar PHARMAGEN 2014 yang telah berjuang bersama-sama demi sebuah gelar Sarjana Farmasi, yang telah saling memberikan dukungan, motivasi, dorongan dan doa yang tiada henti.
15. Desa Jumpong, kecamatan Wonosari, Kabupaten Bondowoso dan Keluarga KKN UMD 15 (Binti, Ghiffary, Yanuar, Akbar, Faiq, Yessi, Nugroho, Laras, Novhiah) yang saling memberikan semangat dan dukungan yang luar biasa. Kalian teman asyik 45 hari, teman ngopi dikala pikiran jenuh dan orang-orang yang selalu kurindukan. Alhamdulillah masih terjalin silaturahmi hingga saat ini dan semoga tetap menjadi keluarga. 😊
16. Teman baruku Ella Septa yang sudah memberikan waktunya untuk berdiskusi, memberi saran, dukungan dan mendoakan. Terimakasih, kamu yang terbaik. Beruntung aku bisa kenal kamu.
17. Adik tingkat tersayang Lathifa yang selalu mendoakan dan tak hentinya memberi dukungan positif.
18. Teman diskusi asik Kiki Rofiqoh dan Bagus. Terimakasih sudah menjadi pendengar dan mengingatkan akan kebaikan. Terimakasih sudah menasehati dan memberi saran.
19. Mas Hilmi Afthoni dan Mbak Galen yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk diajak berdiskusi, terimakasih telah membantu penulis selama penelitian.
20. Keluarga Essensi dan Asy-Syifa' Fakultas Farmasi Universitas Jember.
21. Teman-teman kost C.59 (Eni, Ain, Eva, Dewi, Nur, mbak Ema dll) yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
22. You-Tube selaku platform berbagi video yang menemani dan menghibur penulis saat mengerjakan skripsi.
23. Serta untuk setiap nama yang tidak dapat tertulis satu persatu, terima kasih kepada semua pihak yang membantu keberhasilan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Hanya doa yang dapat penulis panjatkan semoga kebaikan dan dukungan yang diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Tentunya sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada penyusunan skripsi ini sehingga penulis menerima saran dan kritik dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan maupun untuk penelitian di masa mendatang.

Jember, 17 Juli 2018

Penulis



**DAFTAR ISI**

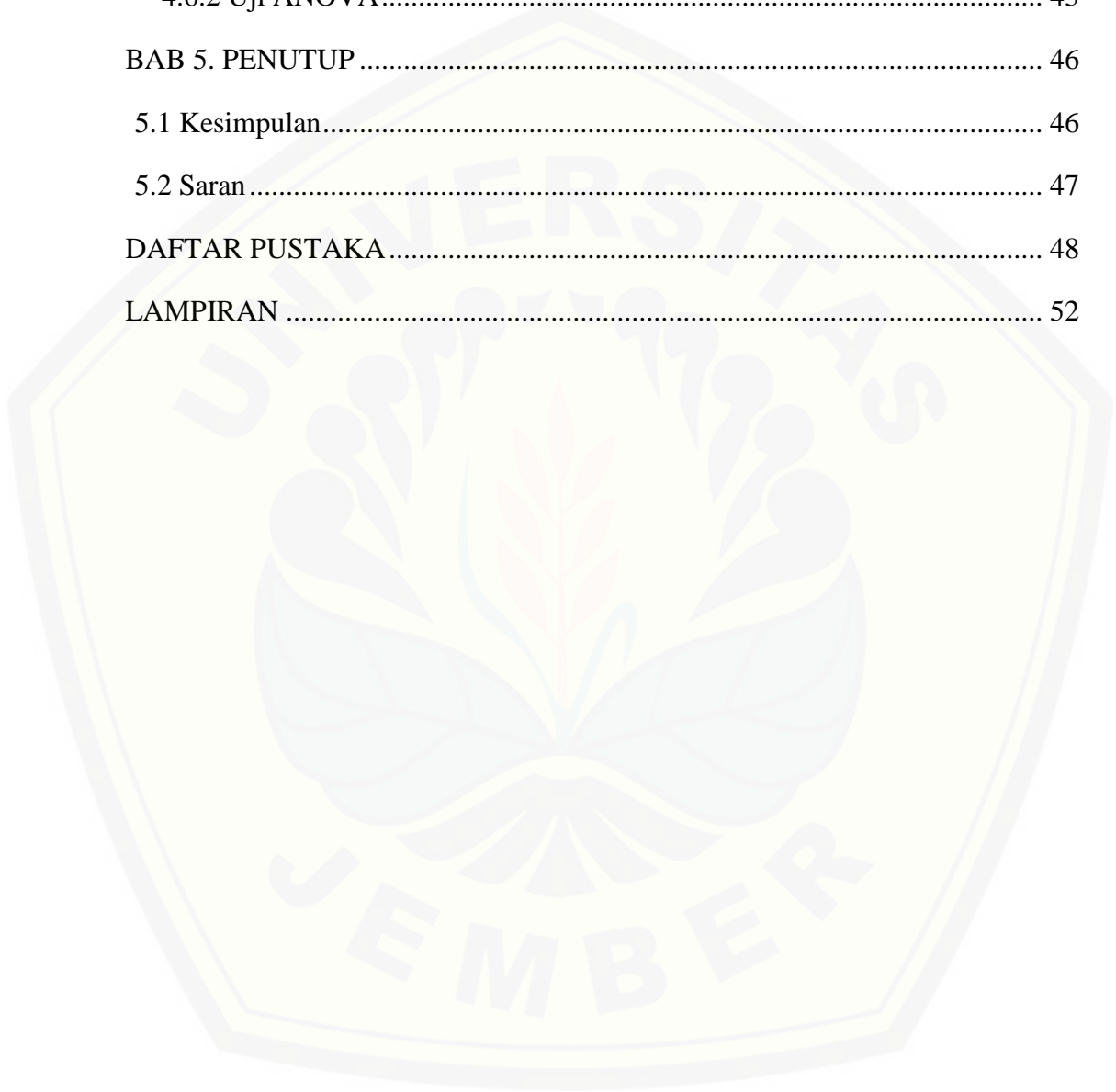
	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO .....	v
PERNYATAAN .....	vi
PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
PRAKATA .....	x
DAFTAR ISI .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI.....	xviii
DAFTAR ISTILAH.....	xix
DAFTAR TABEL .....	xx
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Kemasan Pintar.....	4
2.2 Suppositoria.....	5

2.3 Tinjauan Indikator Temperatur.....	6
2.3.1 Thermochromic Ink .....	6
2.3.2 Pelarut .....	9
2.3.3 Plastik Mika Transparan .....	12
2.4 Sensor Kimia .....	12
2.5 Imobilisasi Reagen .....	13
2.5.1 Metode Fisika .....	15
2.5.2 Metode Kimia .....	17
2.6 Tinjauan Program <i>ImageJ</i> .....	18
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	20
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	20
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	17
3.3.1 Alat.....	20
3.3.2 Bahan .....	20
3.4 Tahapan penelitian .....	20
3.4.1 Tahap percobaan .....	20
3.4.2 Diagram Alur Penelitian .....	21
3.5 Metode Penelitian.....	22
3.5.1 Rancangan Penelitian.....	22
3.5.2 Pelaksanaan Penelitian.....	22
3.6 Prosedur Analisa.....	23
3.6.1 Pengamatan Intensitas Warna Sensor .....	23
3.6.2 Uji Organoleptis.....	23
3.6.3 Sifat Reversibel.....	24

3.7 Desain Label Pintar sebagai Indikator Temperatur .....	24
3.8 Desain Kemasan Suppositoria.....	26
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Kondisi Optimal Indikator Temperatur .....	25
4.1.1 Penentuan Pelarut Indikator Temperatur .....	25
4.1.2 Penentuan Konsentrasi Indikator Temperatur pada Kemasan Pintar....	25
4.2 Label Pintar sebagai Indikator Temperatur .....	25
4.3 Stabilitas Suppositoria pada Penyimpanan Suhu Ruang .....	33
4.3.1 Perubahan Intensitas Warna Label Pintar .....	33
4.3.2 Kondisi Permukaan Suppositoria .....	36
4.3.3. Bau Suppositoria.....	36
4.3.4 Bentuk Suppositoria.....	37
4.3.5 Warna Suppositoria.....	37
4.4 Stabilitas Suppositoria pada Penyimpanan Suhu 10°C .....	37
4.4.1 Perubahan Intensitas Warna Label Pintar .....	37
4.4.2 Kondisi Permukaan Suppositoria .....	38
4.4.3 Bau Suppositoria.....	39
4.4.4 Bentuk Suppositoria.....	39
4.4.5 Warna Suppositoria.....	39
4.5 Stabilitas Suppositoria pada Penyimpanan Suhu <i>Chiller</i> .....	39
4.5.1 Perubahan Intensitas Warna Label Pintar .....	39
4.5.2 Kondisi Permukaan Suppositoria .....	42
4.5.3 Bau Suppositoria.....	42
4.5.4 Bentuk Suppositoria.....	42



4.5.5 Warna Suppositoria.....	43
4.6 Analisis Data dengan <i>SPSS 16.0</i> .....	43
4.6.1 Uji Normalitas.....	43
4.6.2 Uji ANOVA.....	43
BAB 5. PENUTUP .....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN .....	52



**DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI**

**C**

C : Celcius

**G**

g : Gram

**K**

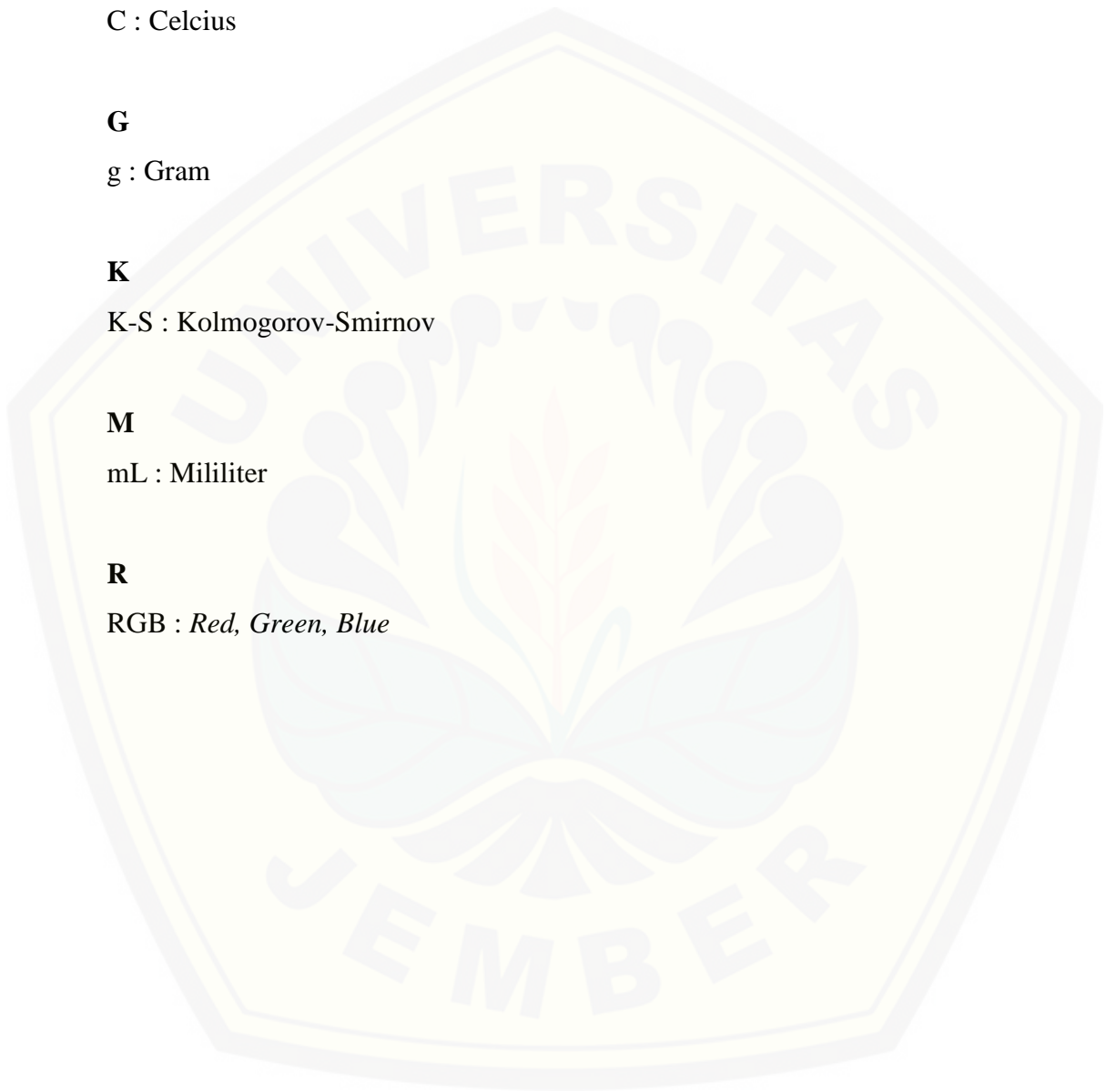
K-S : Kolmogorov-Smirnov

**M**

mL : Mililiter

**R**

RGB : *Red, Green, Blue*



**DAFTAR ISTILAH**

Device	: Alat
Bit	: “Binary Digit”, unit satuan terkecil dalam komputasi digital
<i>Chiller</i>	: Pendingin
File	: Berkas
Grayscale	: Nilai keabuan
Mean	: Rata-rata
Pixel	: Unsur gambar atau titik terkecil dalam pencitraan
Reversibel	: Bolak-balik
Irreversibel	: Tidak dapat diubah
Stabilitas	: Derajat kerusakan
Software	: Perangkat lunak

**DAFTAR TABEL**

2.1 Karakteristik Teknik Imobilisasi.....	14
4.1 Mean Green Thermochromic Ink dengan konsentrasi 1:1 dan 1:2 pada dua kondisi suhu menggunakan pelarut metanol.....	29



**DAFTAR GAMBAR**

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Model Fungsi Kemasan.....	4
Gambar 2.2 Struktur Salah Satu Penyusun <i>Thermochromic Ink</i> .....	8
Gambar 2.3 Skema CVL (Panák, 2010).....	8
Gambar 2.4 Aplikasi <i>Thermochromic Ink</i> .....	9
Gambar 2.5 Struktur Metanol (a); Struktur Metanol 3D (b).....	10
Gambar 2.6 Struktur Etanol .....	10
Gambar 2.7 Struktur Aseton .....	11
Gambar 2.8 Struktur Kloroform.....	12
Gambar 2.9 Skema Sensor Kimia .....	13
Gambar 2.10 Metode Adsorpsi .....	15
Gambar 2.11 Metode Pemerangkapan .....	16
Gambar 2.12 Interaksi elektrostatik .....	16
Gambar 2.13 Ikatan Kovalen .....	17
Gambar 2. 14 Crosslinking .....	17
Gambar 2.15 Program <i>ImageJ</i> .....	18
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Label Pintar sebagai Indikator Temperatur.....	25
Gambar 3.3 Desain Kemasan Suppositoria.....	26
Gambar 4.1 Stabilitas Indikator setelah 10 hari.....	27
Gambar 4.2 Perubahan warna indiakator <i>Thermochromic Ink</i> dengan konsentrasi 1:1 pada berbagai pelarut, a) perubahan warna indikator dengan pelarut metanol. b) perubahan warna indikator dengan pelarut etanol. c) perubahan warna indikator dengan pelarut kloroform. d) perubahan warna indikator dengan pelarut aseton.....	30

Gambar 4.3 Perubahan warna indikator <i>Thermochromic Ink</i> dengan konsentrasi 1:2 pada berbagai pelarut, a) perubahan warna indikator dengan pelarut metanol. b) perubahan warna indikator dengan pelarut etanol. c) perubahan warna indikator dengan pelarut kloroform. d) perubahan warna indikator dengan pelarut aseton.....	31
Gambar 4.4 Desain Label Pintar sebagai Indikator Temperatur dengan kode warna <i>mean green</i> menggunakan software <i>imageJ</i> .....	31
Gambar 4.5 Aplikasi label pintar berbasis indikator indikator temperatur dalam 3 kondisi penyimpanan.....	32
Gambar 4.6 Aplikasi label pintar berbasis indikator temperatur warna <i>grayscale</i> dalam 3 kondisi penyimpanan.....	33
Gambar 4.7 Stabilitas Sensor <i>Thermochromic Ink</i> dan Perubahan Warna.....	34
Gambar 4.8 Stabilitas Sensor <i>Thermochromic Ink</i> dan Perubahan Warna <i>Grayscale</i> .....	35
Gambar 4.9 Stabilitas Sensor <i>Thermochromic Ink</i> dan Perubahan Warna Suhu 10°C.....	37
Gambar 4.10 Stabilitas Sensor <i>Thermochromic Ink</i> dan Perubahan Warna <i>Grayscale</i> .....	38
Gambar 4.11 Stabilitas Sensor <i>Thermochromic Ink</i> dan Perubahan Warna Suhu <i>Chiller</i> .....	40
Gambar 4.12 Stabilitas Sensor <i>Thermochromic Ink</i> dan Perubahan Warna <i>Grayscale</i> .....	41
Gambar 4.13 Grafik Stabilitas Sensor <i>mean green</i> dan <i>grayscale</i> vs minggu.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
1. Optimasi Konsentrasi Indikator sebagai Sensor Suhu.....	52
2. Perubahan Warna Label Pintar Indikator <i>Thermochromic Ink</i> .....	53
3. Uji Kondisi Permukaan secara Visual.....	58
4. Uji Warna Suppositoria secara Visual.....	59
5. Uji Bentuk Suppositoria secara Visual.....	59
6. Data Uji Bau.....	60
7. Dokumentasi.....	61
8. Sertifikat Analisis <i>Thermochromic Ink</i> .....	62
9. Analisis Data.....	66

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi serta tingkat kesadaran masyarakat terhadap kebutuhan pelayanan kesehatan, menyebabkan peningkatan jaminan terhadap kualitas dan keamanan suatu produk obat. Salah satu yang menjadi dasar penentu mutu suatu produk obat adalah pengemasan yang baik. Selain berfungsi sebagai pelindung suatu produk, kemasan juga dapat digunakan sebagai indikator atau petunjuk bagi konsumen akan tingkat mutu maupun masa simpan suatu produk yang dikemas.

Kendala yang sering dijumpai adalah minimnya penyampaian informasi dan ketidakpatuhan konsumen mengenai cara penyimpanan yang benar dari suatu produk terutama pada penyimpanan obat khusus. Akibatnya, akan berdampak pada penurunan efektivitas dan masa pakai sediaan obat. Data dari penelitian dan industri mencatat bahwa kerusakan produk terjadi akibat kondisi penyimpanan yang tidak tepat (Taoukis, 2008).

Suhu merupakan faktor penting dalam menjamin kualitas dan keamanan suatu produk (Pavelková, 2013), baik produk makanan, minuman, serta obat-obatan yang merupakan titik kritis selama proses distribusi, transportasi maupun penyimpanan. Beragam sediaan farmasi memiliki suhu penyimpanan yang berbeda tergantung dari bahan aktif maupun bahan tambahan yang digunakan dalam formulasi. Salah satu contoh sediaan obat yang memerlukan kondisi penyimpanan khusus yakni suppositoria.

Suppositoria merupakan bentuk sediaan padat yang pemakaiannya dengan cara memasukkan melalui lubang atau celah pada tubuh, dimana ia akan melebur, melunak atau melarut dan memberikan efek lokal atau sistemik (Afikoh *et al.*, 2017). Suppositoria mudah mengalami kerusakan karena sifatnya yang mudah meleleh apabila tidak disimpan pada kondisi yang sesuai. Mengenai hal tersebut maka diperlukan penanganan yang tepat dalam hal penyimpanan suppositoria



yang dapat berpengaruh terhadap kemunduran mutu dan kualitas serta masa pakai suppositoria.

Salah satu upaya pencegahan penurunan mutu suppositoria yaitu dengan menerapkan kemasan baru atau dikenal sebagai kemasan pintar. Kemasan suppositoria sangat memerlukan teknik pendeteksi secara otomatis sebagai penentu kualitas. Kemasan pintar merupakan sistem pengemasan menggunakan indikator untuk memantau kondisi produksi, khususnya kondisi selama distribusi dan penyimpanan obat. Sejumlah indikator telah dikembangkan dalam beberapa dekade, namun hanya sedikit yang masuk ke pasaran (Taoukis et al, 1989).

Indikator temperatur menawarkan solusi yang potensial. Salah satu penerapannya dengan memanfaatkan *thermochromic ink*. *Thermochromic ink* merupakan suatu material yang dapat memberikan respon perubahan warna berdasarkan perubahan temperatur (Kulčar et al., 2010). Dengan demikian, pemanfaatan *thermochromic ink* sebagai kemasan pintar dapat memberikan informasi kepada konsumen terkait kerusakan atau perubahan kualitas suppositoria yang disimpan pada suhu ruang maupun *chiller*.

Berdasarkan uraian di atas, kemasan pintar ini memiliki banyak manfaat bagi konsumen. Kemasan pintar ini akan memudahkan konsumen mengetahui kondisi kelayakan pemakaian suppositoria tanpa harus membuka kemasan, serta dapat menjamin mutu dan keamanan suppositoria. Selain itu, kemasan pintar ini mencegah terjadinya kerusakan dan memperlama masa pakai suppositoria akibat kesalahan penyimpanan. Dengan demikian, perlu dilakukan inovasi indikator temperatur sebagai sensor stabilitas masa pakai pada suppositoria.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana fabrikasi *thermochromic ink* sebagai indikator untuk stabilitas masa pakai suppositoria?

2. Bagaimanakah aplikasi indikator temperatur untuk stabilitas masa pakai pada suppositoria?
3. Bagaimanakah hubungan stabilitas suppositoria (kondisi permukaan, bentuk, warna, bau) terhadap intensitas perubahan warna indikator tersebut?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui bagaimana fabrikasi *thermochromic ink* sebagai indikator untuk stabilitas masa pakai suppositoria.
2. Mengetahui aplikasi indikator temperatur untuk stabilitas masa pakai pada suppositoria.
3. Mengetahui hubungan stabilitas suppositoria (kondisi permukaan, bentuk, warna, bau) terhadap intensitas perubahan warna indikator tersebut.

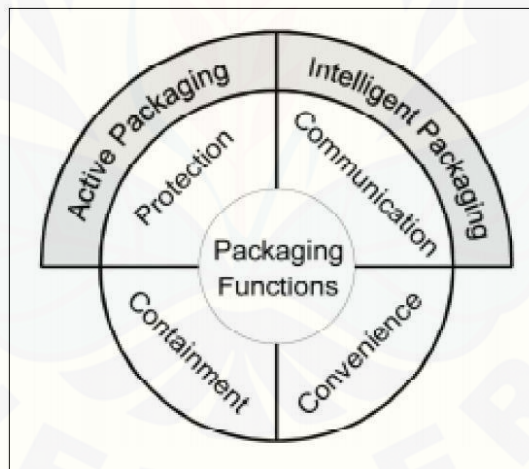
### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Sebagai dasar pengembangan sensor kimia berupa kemasan pintar yang berbasis indikator temperatur meningkatkan jaminan mutu dan keamanan konsumen.
2. Memberikan informasi terkait adanya inovasi mengenai aplikasi *thermochromic ink* sebagai indikator temperatur untuk stabilitas masa pakai suppositoria.
3. Sebagai bahan masukan kepada peneliti selanjutnya dalam mengembangkan aplikasi *thermochromic ink* pada bidang farmasi.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kemasan Pintar

Menurut Yam et al. (2005) kemasan pintar merupakan suatu sistem kemasan yang menggunakan fungsi cerdas seperti penginderaan, mendeteksi, dan memberi informasi yang dapat dijadikan sebagai petunjuk untuk memperpanjang masa simpan, meningkatkan kualitas, keamanan, dan memberikan informasi terkait masalah produk. Gambar 2.1 menunjukkan fungsi kemasan (*packaging*), tentang kemasan pintar sebagai peningkat komunikasi dan kemasan aktif sebagai peningkat perlindungan. Keduanya memiliki peran yang berbeda. Sebagai kemasan pintar, komponen ini bertanggungjawab terhadap pemantauan dan pengolahan informasi. Berbeda dengan kemasan aktif yang memiliki fungsi sebagai komponen yang bertanggungjawab terhadap perlindungan suatu produk.



Gambar 2.1 Model Fungsi Kemasan (Yam et al., 2005)

Dapat dikatakan sebagai kemasan “pintar” apabila kemasan tersebut mempunyai kemampuan untuk mendeteksi produk, sebagai sarana pengindera baik didalam maupun diluar kemasan, serta mampu berkomunikasi atau memberi informasi kepada konsumen. Fungsi ini juga memudahkan konsumen dengan cara memberi peringatan dini mengenai kualitas dan keamanan produk. Kemasan aktif merupakan *tools* yang dapat menjaga produk dalam kondisi fresh lebih lama.

Fungsi cerdas dari suatu kemasan dapat diperoleh dari indikator, biosensor, dan peralatan yang mampu mengkomunikasikan informasi dalam sistem kemasan.

## 2.2 Suppositoria

Suppositoria adalah sediaan padat dalam berbagai bobot dan bentuk, yang diberikan melalui rektal, vagina atau uretra. Umumnya meleleh, melunak atau melarut pada suhu tubuh (Depkes RI, 2014). Adapun pengertian yang terbatas adalah sediaan padat yang digunakan melalui dubur, umumnya berbentuk torpedo, dapat melarut, melunak maupun meleleh pada suhu tubuh (Depkes RI, 1995).

Penggunaan suppositoria dapat memberikan efek lokal maupun sistemik. Bentuk sediaan suppositoria memiliki beberapa keuntungan karena dapat diberikan kepada pasien yang karena kondisi tertentu tidak dapat menggunakannya secara oral atau karena sifat obatnya yang tidak dapat diberikan secara oral (Marchaban, 2004). Selain itu, suppositoria sesuai digunakan oleh pasien dengan kondisi mudah mual dan muntah maupun tidak sadar (Syamsuni, 2005).

Bentuk dan bobot suppositoria bermacam-macam tergantung macam suppositoria (Sulistyowati, 1991):

### 1. Suppositoria rektal

Bobot : untuk orang dewasa memiliki bobot 2 gram.  
          : untuk anak-anak memiliki bobot 1 gram.

Bentuk : sebagian besar berbentuk torpedo.

### 2. Suppositoria vaginal

Bobot : memiliki bobot sebesar 3 hingga 5 gram.

Bentuk : sebagian besar berbentuk oval atau bulat.

### 3. Suppositoria Uretral

Bobot : untuk laki-laki memiliki bobot 4 gram dengan panjang 100-150 mm, dan diameter 5 mm. Perempuan 2 gram dengan panjang 60-75 mm, dan diameter 5 mm.

Bentuk : pada umumnya berbentuk seperti batang atau pensil.

Salah satu yang memegang peranan penting dalam suppositoria adalah bahan dasar atau basis yang digunakan. Sebagai bahan dasar suppositoria yang ideal maka harus memenuhi beberapa kriteria. Salah satunya adalah stabil dalam penyimpanan dan tidak menunjukkan perubahan warna, bau, dan pelepasan bahan aktif (Sulistiyowati, 1991). Pemilihan basis yang tidak sesuai dengan yang dipersyaratkan dapat berdampak pada penurunan stabilitas dan umur simpan suppositoria.

Penyimpanan sediaan jenis ini juga memerlukan perlakuan khusus, sebab penyimpanan dengan kelembapan yang cukup tinggi bisa menyerap kelembapan dan membuat suppositoria cenderung mengembang. Sebaliknya apabila suppositoria disimpan pada kelembapan yang sangat kurang dapat menyebabkan kehilangan kelembapan yang akan berdampak pada kerapuhan sediaan (Anief, 2006).

### 2.3 Tinjauan Indikator Temperatur

Indikator merupakan suatu *device* yang dapat digunakan sebagai petunjuk atau memberikan informasi mengenai perubahan yang terjadi di dalam produk atau lingkungan sekitar produk melalui perubahan secara visual. Salah satu indikator yang dapat di aplikasikan pada kemasan pangan dan obat adalah indikator temperatur. Indikator temperatur merupakan alat atau piranti yang terletak dibagian luar kemasan yang dapat memberi respon terhadap perubahan suhu.

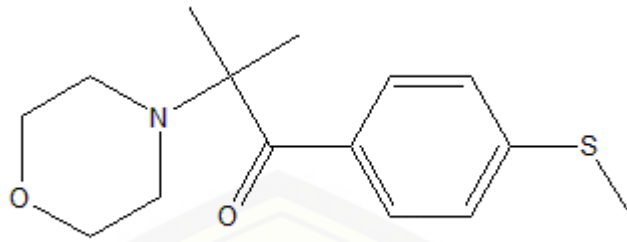
#### 2.3.1 Thermochromic Ink

*Thermochromic ink* merupakan salah satu jenis tinta yang dapat memberikan perubahan warna. Tinta ini memiliki respon terhadap perubahan temperatur yang ditunjukkan dengan adanya perubahan warna (Suryantari *et al*, 2017). Perubahan warna pada *thermochromic ink* dapat reversibel dan ireversibel.

*Thermochromic* reversibel akan berubah warna saat dipanaskan atau didinginkan dan kembali ke warna semula jika suhu kembali ke suhu awal. *Thermochromic* yang ireversibel tidak terlihat sampai terpapar suhu tertentu, dan jika sudah berubah warna, perubahan warnanya bersifat permanen sebagai indikasi telah terjadi perubahan suhu (BPOM, 2015). Bahan pembentuk *thermochromic ink* reversibel biasanya terdiri dari setidaknya tiga komponen yaitu *colour former*, *colour developer*, dan solven (Kulčar *et al.*, 2010).

Berdasarkan jenisnya, *thermochromic* terbagi menjadi dua, yakni *liquid crystals* dan *leuco-dyes*. Penggunaan *leuco-dyes* lebih sering dibandingkan *thermochromic liquid crystals* (TLC) pada berbagai produk karena membutuhkan teknik pencetakan dan perlakuan yang khusus. Biasanya *leuco-dye* akan memberikan warna dibawah suhu yang telah ditetapkan dan akan berubah menjadi tidak berwarna atau transparan ketika berada di atas suhu aktivasi (Kulčar *et al.*, 2012).

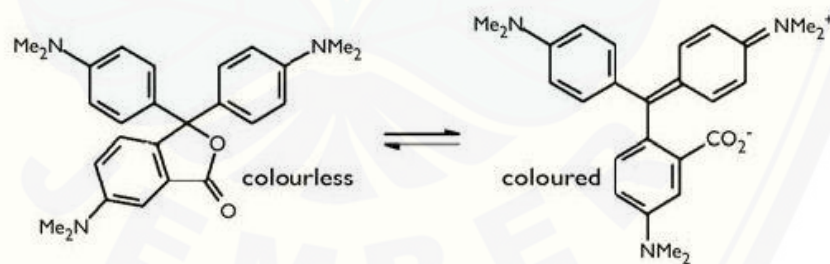
Komponen penyusun *thermochromic ink* dalam penelitian ini terdiri dari formaldehida, *2-methyl-1-[4-methylthio]phenyl]-2-(4-morpholinyl)-1-propanone*, dan beberapa campuran yang tidak disebutkan sebagai hak paten dari perusahaan pembuat. Tinta yang digunakan merupakan jenis *leuco-dyes* dengan sifat reversibel. Gambar 2.2 memperlihatkan struktur salah satu penyusun *thermochromic ink* yang digunakan. Tinta ini akan memudar apabila suhu dinaikkan sekitar 4°C diatas suhu aktivasi. Suhu dimana tinta tersebut mulai kehilangan warnanya disebut dengan 'clearing point'. *Clearing point* tinta ini berada pada suhu 8°C dengan *full color point* pada suhu 4°C. Substrat yang direkomendasikan untuk penggunaan tinta ini adalah paper dan film. Tinta ini juga sangat ideal sebagai label petunjuk suhu dan kemasan.



2-methyl-1-(4-(methylthio)phenyl)-2-(4-morpholinyl)-1-propanone

Gambar 2.2 Struktur Salah Satu Penyusun *Thermochromic Ink*

Pada *thermochromic ink* yang bersifat reversibel, salah satu contoh *colour former* memperlihatkan terbentuknya molekul spiro-lakton dengan salah satu kemungkinannya adalah *Crystal Violet Lactone* (CVL) yang tidak berwarna. CVL akan menjadi berwarna ketika cincin lakton terbuka. Proses terbukanya cincin lakton inilah yang menyebabkan perubahan warna pada tinta termokromik. Gambar 2.3 memperlihatkan skema CVL dari tak berwarna menjadi berwarna. Peningkatan polaritas atau kemampuan ikatan hidrogen di lingkungan (*developer*) yang menyebabkan peningkatan konjugasi (Panák, 2010).



Gambar 2.3 Skema CVL (Panák, 2010)

Mekanisme perubahan tinta dari berwarna menjadi tak berwarna ini terjadi ketika dilakukan pemanasan atau suhu dinaikkan di atas suhu aktivasinya, maka *colour former* dan *developer* terlarut dalam solven, sehingga lingkungan menjadi relatif non-polar yang menyebabkan cincin lakton dalam keadaan tertutup rapat.

Sebaliknya, pada saat temperatur diturunkan atau dalam kondisi dingin, akan terjadi pemisahan dua fase antara *colour former* dan *developer* dengan pelarut yang kemudian kontak antara *colour former* dengan *developer* menjadi lebih intens. Disinilah terbentuk komposisi warna.

Beberapa dekade telah banyak dilakukan pengembangan teknologi *thermochromic ink* sebagai kemasan cerdas. Gambar 2.4 menunjukkan salah satu aplikasi *thermochromic* pada kemasan pangan. Kemasan tersebut memberi informasi kepada konsumen bahwa produk tersebut sudah cukup dingin untuk dikonsumsi.



Gambar 2.4 Aplikasi *Thermochromic Ink* (Widiastuti, 2016)

Dalam bidang kesehatan, *thermochromic* diaplikasikan pada kemasan vaksin yang dikenal dengan istilah VVM (*Vaccine Vial Monitor*). VVM memberikan indikasi visual yang menunjukkan apakah vaksin telah tersimpan pada kondisi atau suhu yang sesuai untuk mempertahankan potensinya. Label yang dibuat dapat memudahkan tenaga kesehatan menyimpan dan mengetahui kondisi vaksin yang aman sesuai persyaratan penyimpanan sebelum digunakan.

### 2.3.2 Pelarut

#### a. Metanol

Metanol dengan nama lain *Alcohol metilico* (Spanish); *Alcool methylique* (French), *colonial spirit*, *columbian spirit*, *carbinol*, metilalkohol, metil hidroksida, monohidroksimetana, *wood alcohol*, *wood naphta*, *wood-spirit*



memiliki berat molekul 32,04 dan titik didih : 63,9°C (Pohanish, 2012). Struktur molekul metanol seperti gambar dibawah :

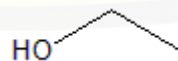


Gambar 2.5 Struktur Metanol (a); Struktur Metanol 3D (b)

Metanol merupakan alkohol paling sederhana dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Sifat pelarutnya mudah menguap, berupa cairan tak berwarna dan berbau ringan. Metanol merupakan bahan kimia berbahaya yang sangat mudah terbakar dan beracun. Sehingga penyimpanannya harus dilakukan dengan benar. Penggunaan metanol menjadi hal yang sangat penting untuk membuat berbagai macam produk mulai dari plastik, cat hingga bahan bangunan dan pakaian. Secara umum, metanol digunakan sebagai pelarut industri untuk tinta, resin, perekat, dan pewarna.

b. Etanol 96%

Alkohol memiliki sinonim *Ethanolum*, etil alkohol, etil hidroksida, *grain Alcohol*, metil karbinol dengan rumus kimia  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  dan berat molekul 46,07 serta titik didih 78.15°C. Berikut adalah struktur etanol:



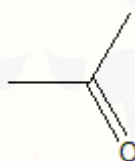
Gambar 2.6 Struktur Etanol

Beberapa fungsi alkohol antara lain sebagai disinfektan, pelarut, *antimicrobial preservative*, *skin penetrant*. Etanol dapat mengiritasi mata dan

membran mukosa. Sehingga diperlukan pelindung terhadap mata dan anjuran menggunakan sarung tangan. Dalam kondisi asam, larutan etanol dapat bereaksi dengan cepat dengan bahan pengoksidasi. Larutan etanol juga inkompatibel dengan wadah aluminium (Rowe *et al.*, 2009).

#### c. Aseton

Pelarut ini memiliki sinonim *acetone*, dimetilformaldehida, dimetil keton,  $\beta$ -ketopropana, *pyroacetic ether*. Rumus kimia  $C_3H_6O$  dengan berat molekul 58,08 dan hanya berfungsi sebagai pelarut. Gambar 2.6 menunjukkan struktur aseton.



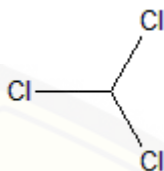
Gambar 2.7 Struktur Aseton

Aseton adalah cairan yang tidak mudah menguap, mudah terbakar, transparan, dengan bau yang manis dan rasa yang manis. Penyimpanannya pada tempat yang sejuk, kering dan terhindar cahaya matahari langsung. Aseton bereaksi dengan hebat dengan zat pengoksidasi, pelarut terklorinasi, dan campuran alkali. Aseton tidak boleh digunakan sebagai pelarut untuk yodium, karena membentuk senyawa volatil yang sangat mengiritasi mata. Aseton cukup beracun dan merupakan iritan kulit dan iritasi mata yang kuat (Rowe *et al.*, 2009).

#### d. Kloroform

Kloroform (triklorometana) merupakan pelarut berupa cairan yang tidak berwarna dan mudah menguap. Memiliki bau yang menyenangkan dan tidak menyengat, memiliki ambang bau 85 ppm. Kloroform tidak mudah terbakar dan sedikit larut dalam air dan mudah larut dengan sebagian pelarut organik. Seringkali penggunaan kloroform sebagai obat bius inhalasi selama operasi, penggunaan utama kloroform saat ini ada di industri yaitu digunakan sebagai pelarut untuk pewarna dan pestisida. Rumus kimia kloroform adalah  $CHCl_3$  dan

memiliki berat molekul 119,38 g/mol. Tekanan uap untuk kloroform adalah 159 mmHg pada 20°C (EPA, 2001). Dibawah ini adalah struktur molekul kloroform:



Gambar 2.8 Struktur Kloroform

### 2.3.3 Plastik Mika Transparan

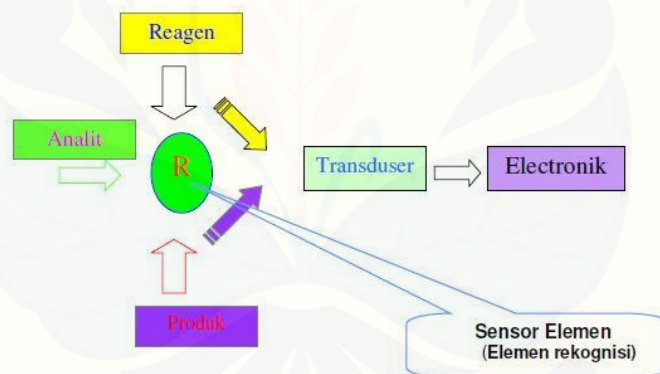
Plastik merupakan suatu bahan yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Menurut (Mujiarto, 2005) plastik merupakan suatu polimer yang memiliki karakteristik unik dan berbeda. Suatu bahan yang terdiri dari kumpulan monomer-monomer disebut dengan polimer. Semua plastik merupakan polimer namun tidak semua polimer adalah plastik. Secara garis besar plastik sendiri terbagi menjadi dua jenis, yaitu plastik termoset dan termoplas. Plastik termoplas merupakan plastik yang dapat dicetak berulang dengan adanya paparan panas atau dengan kata lain plastik jenis ini dapat di daur ulang. Sedangkan plastik termoset merupakan plastik yang tidak dapat dicetak ulang apabila sudah mengalami kondisi tertentu.

Plastik yang sering kita jumpai adalah plastik mika. Jenis plastik ini merupakan campuran antara bahan PP (*Polypropylene*), PE (*Polyethylene*), dan PVC (*Polyvinylchloride*) yang terdiri dari plastik mika bening yang lemas untuk album, sampul, pembungkus, dan lain sebagainya, serta plastik mika film yang kaku untuk membuat kotak. PP memiliki titik leleh yang cukup tinggi dan memiliki ketahanan terhadap bahan kimia yang tinggi sehingga cocok jika kontak dengan bahan kimia (Mujiarto, 2005).

## 2.4 Sensor Kimia

Secara umum sensor didefinisikan sebagai piranti yang mengubah besaran-besaran fisis (seperti magnetik, radiasi, mekanik, dan termal) atau kimia

menjadi besaran listrik (Djamal *et al.*, 2011). Menurut Ojeda dan Fuesenta (2006) sensor merupakan sebuah perangkat yang menghasilkan informasi analisis kualitatif dan kuantitatif secara spesifik dengan pengenalan yang memanfaatkan elemen biologis (seperti reseptor biologis, enzim, hormon, antigen, antibodi, mikroba) atau kimia (reagen-reagen kimia) yang mengalami kontak dengan analit. Sensor kimia merupakan suatu alat analisa berisi reagen kimia yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika-kimiawi yang dapat diubah menjadi sinyal elektrik proporsional dengan konsentrasi dari analit tersebut. Secara skematis sensor kimia ditunjukkan pada gambar 2.9 yang memperlihatkan bahwa sensor kimia melibatkan reaksi kimia spesifik terhadap analit tertentu dengan instrument yang dapat merubah (trandus) dari perubahan fisika-kimia menjadi sinyal listrik (elektronik) yang mampu dibaca secara analog (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.9 Skema Sensor Kimia (Kuswandi, 2010)

## 2.5 Imobilisasi Reagen

Reagen kimia yang digunakan dalam sensor kimia harus terhubung baik pada transduser. Proses ini dinamakan imobilisasi reagen. Imobilisasi reagen merupakan suatu proses pengikatan molekul reagen pada material pendukung secara merata dan homogen. Dalam imobilisasi reagen, harus memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keberhasilan imobilisasi antara lain (Kuswandi, 2010):

- a. Material pendukung harus hanya bereaksi dengan gugus tertentu dari reagen untuk mengikat analit.
- b. Material cukup berpori untuk memfasilitasi terjadinya difusi analit ke dalam fase reagen.
- c. Reagen stabil selama proses imobilisasi berlangsung.
- d. Proses pencucian untuk menghilangkan reage tidak terikat harus tidak berpengaruh pada reagen yang telah diimobilisasi.
- e. Material pendukung harus tidak larut dalam air, stabil, dan dapat mengikat reagen cukup kuat pada permukaannya.
- f. Karakter mekanis dari material pendukung harus diperhatikan.

Tabel 2.1 Karakteristik Teknik Imobilisasi (Kuswandi, 2010)

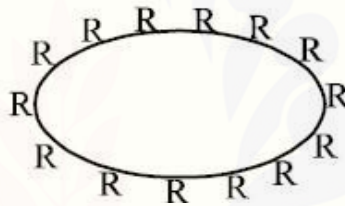
Teknik Imobilisasi	Adsorpsi	Entrapmen	Ikatan Kovalen	Enkapsulasi
Kemudahan Prosedur	Mudah	Mudah/sedang	Sedang/sulit	Mudah/sedang
Sifat reagen	Tetap	Tetap	Bisa Berubah	Tetap
Mobilitas Partikel	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi
Kapasitas pengikatan	Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi
Lepasnya reagen	Tinggi	Sedang	Rendah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

Secara umum imobilisasi reagen terbagi menjadi dua jenis metode yaitu fisika, yang meliputi proses penyerapan (adsorpsi), pemerangkapan (*entrapment*), pengkapsulan (*encapsulasi*), dan interaksi elektrostatik, serta metode kimia yang meliputi pembentukan ikatan kovalen dan *crosslinking*.

### 2.5.1 Metode Fisika

#### a. Penyerapan (Adsorpsi)

Metode ini merupakan metode yang paling mudah dan sangat luas digunakan karena dapat mengikat berbagai macam reagen dari material organik sampai anorganik. Namun, adesi dari reagen pada fase padat lebih lemah karena ikatan yang terbentuk selama proses adsorpsi tidak mudah ditentukan. Ikatan hidrogen dan van der Waals biasanya terlibat dalam teknik ini. Adsorpsi biasanya digunakan untuk proses dimana reagen diserap oleh material pendukung (adsorben). Terdapat tiga jenis adsorben yang biasa digunakan dalam imobilisasi, antara lain polimer berpori, material karbon, dan material anorganik (Kuswandi, 2010). Gambar dibawah ini merupakan metode adsorpsi:



Gambar 2.10 Metode Adsorpsi (Kuswandi, 2010)

Secara umum adsorpsi dibagi menjadi dua golongan, yaitu adsorpsi fisik, dimana ikatan yang terbentuk umumnya ikatan van der Waals atau ikatan hidrogen sehingga ikatan ini cukup lemah, serta adsorpsi kimia dimana ikatan yang terbentuk lebih kuat karena melibatkan ikatan kovalen (Kuswandi, 2010).

#### b. Pengkapsulan (*Encapsulasi*)

Teknik ini lebih dikenal dengan istilah microencapsulasi. Teknik ini menggunakan membrane semipermeable untuk memerangkap reagen kimia pada permukaan sensor. Material membrane yang sering digunakan misalnya *PVC* (*polyvinylchloride*), *cellulose acetat*, *polycarbonate*, dan *polytetrafluoroethylene* (teflon). Teknik ini mampu bertahan terhadap

perubahan kondisi misalnya perubahan suhu, pH, kekuatan ion, dan komposisi kimia (Kuswandi, 2010).

c. Pemerangkapan (*Entrapment*)

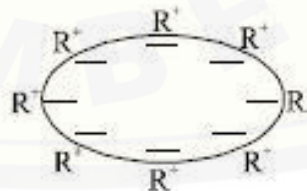
Teknik ini melibatkan pencampuran antara reagen dengan sebuah larutan monomer, yang kemudian mengalami polimerisasi membentuk membrane baik berupa gel maupun lapisan tipis film, sehingga reagen dapat terperangkap didalamnya. Metode entrapmen ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Metode Pemerangkapan (Kuswandi, 2010)

a. Interaksi Elektrostatik

Interaksi elektrostatik atau ionik biasanya digunakan untuk reagen yang mempunyai muatan negatif dengan fase pendukung yang bermuatan positif atau sebaliknya. Fase pendukung yang biasanya digunakan dalam teknik imobilisasi jenis ini adalah resin penukar ion (Kuswandi, 2010).



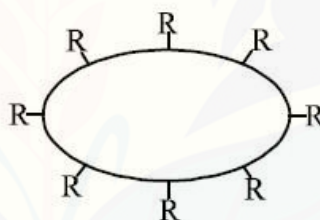
Gambar 2.12 Interaksi elektrostatik (Kuswandi, 2010)

### 2.5.2 Metode Kimia

Metode kimia 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 mampu menghasilkan reagen stabil dan tahan terhadap *leaching* (Kuswandi, 2010).

#### a. Ikatan Kovalen

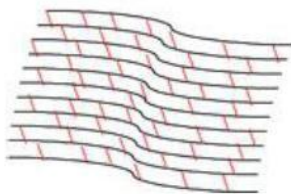
Ikatan kovalen melibatkan ikatan antara molekul reagen dengan fase pendukungnya. Reaksi kimia yang biasa digunakan untuk imobilisasi ini adalah sililasi (*silylation*) dimana reagen diiktakan secara ikatan kovalen pada material pendukung secara langsung, misalnya untuk material bersilikia, dan reaksi Mannich, dimana reagen dengan atom hidrogen aktif diikat secara kovalen pada resin gelas pendukung (Kuswandi, 2010). Pembentukan ikatan kovalen ditunjukkan pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Ikatan Kovalen (Kuswandi, 2010)

#### a. *Crosslinking*

*Crosslinking* merupakan metode yang menggunakan senyawa kimia yang memiliki dua gugus fungsi yang dapat mengikatkan reagen pada membran. Kekurangan dari metode ini adalah kerusakan pada spesifikasi reagen dan hasil *crosslinking* merupakan senyawa yang sangat kaku (Eggins, 1996).

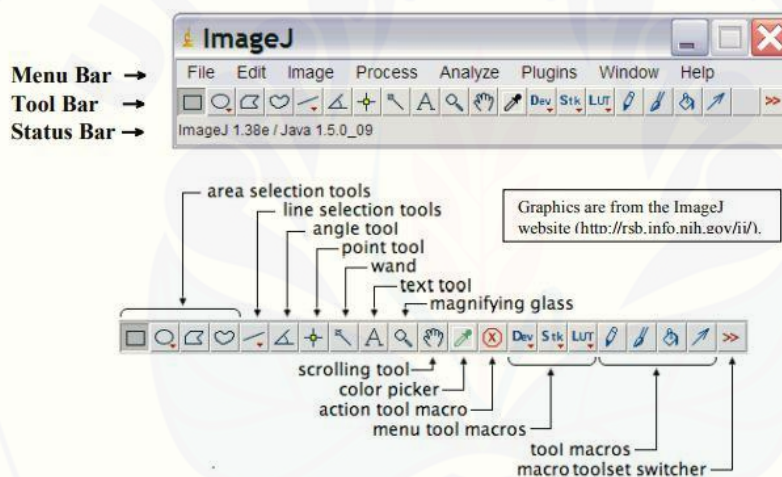


Gambar 2. 14 Crosslinking (Kuswandi, 2010)

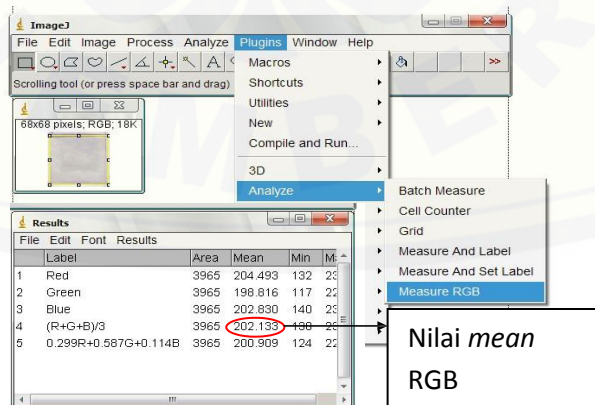


## 2.6 Tinjauan Program *ImageJ*

*ImageJ* merupakan suatu program yang digunakan untuk analisis gambar, dibuat oleh *National Institutes of Health*. Program *ImageJ* berisi tool bar, menu-menu bar, dan status bar yang dapat dilihat pada gambar 2.14. Cara pengoperasian program ini yaitu ketika kursor berada diatas gambar, maka akan ditampilkan nilai koordinat dan koordinat tersebut diukur dalam pixel/detik. Dalam gambar digital, pixel merupakan suatu titik tunggal dalam pencitraan atau elemen kecil yang dapat dikenali, dimana ketajaman suatu gambar digambarkan dengan jumlah digit biner (bit) yang diperlukan untuk penggambaran pixel (Reinking, 2007). Cara perhitungan nilai RGB dengan menggunakan program *imageJ* dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.15 Program *ImageJ* (Reinking, 2007)



Gambar 2.16 Cara Perhitungan Nilai RGB dengan Program *ImageJ* (Reinking, 2007)

*ImageJ* dapat juga digunakan untuk gambar *grayscale* yang memiliki ketajaman lebih dari 1 bit (hanya menunjukkan pixel dalam gambar hitam putih) sampai 32 bit per pixel. Penentuan nilai RGB menggunakan program *ImageJ* didasarkan pada nilai perhitungan dari tiga warna yang mewakili warna primer, yakni merah, hijau, dan biru. Dipilih warna merah, hijau, dan biru dikarenakan warna-warna tersebut merupakan warna cahaya yang dapat menghasilkan spektrum sehingga dapat terlihat oleh pembaca. Selain itu, ketiga warna tersebut dapat bercampur membentuk warna yang lainnya. Apabila intensitas tertinggi dari setiap warna dicampurkan maka akan diperoleh cahaya putih. Sedangkan apabila intensitas sama dengan nol semua warna dicampurkan secara bersama-sama, maka akan dihasilkan cahaya hitam (Ferreira *et al.*, 2012).



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental laboratorik.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bio dan Kemosensor bagian Kimia Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Jember (UNEJ) jalan kalimantan 1 No 2 sumber sari, Jember Jawa Timur, Indonesia pada bulan Januari 2018 hingga April 2018.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan analitik OHAUS PA214, vial, gelas kimia, pipet volume, sendok stainless steel, spuit, batang pengaduk, stempel, termometer, paper hole punch, kamera, selfie ring light, *software ImageJ*, *spss 16.0*, komputer.

#### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Thermochromic UV Screen Ink* (Chromatic Technologies, Inc), metanol, aseton *pa*, alkohol 96% (etanol), kloroform *pa*, plastik mika transparan, ovula fladystin (DexaMedica).

### 3.4 Tahapan penelitian

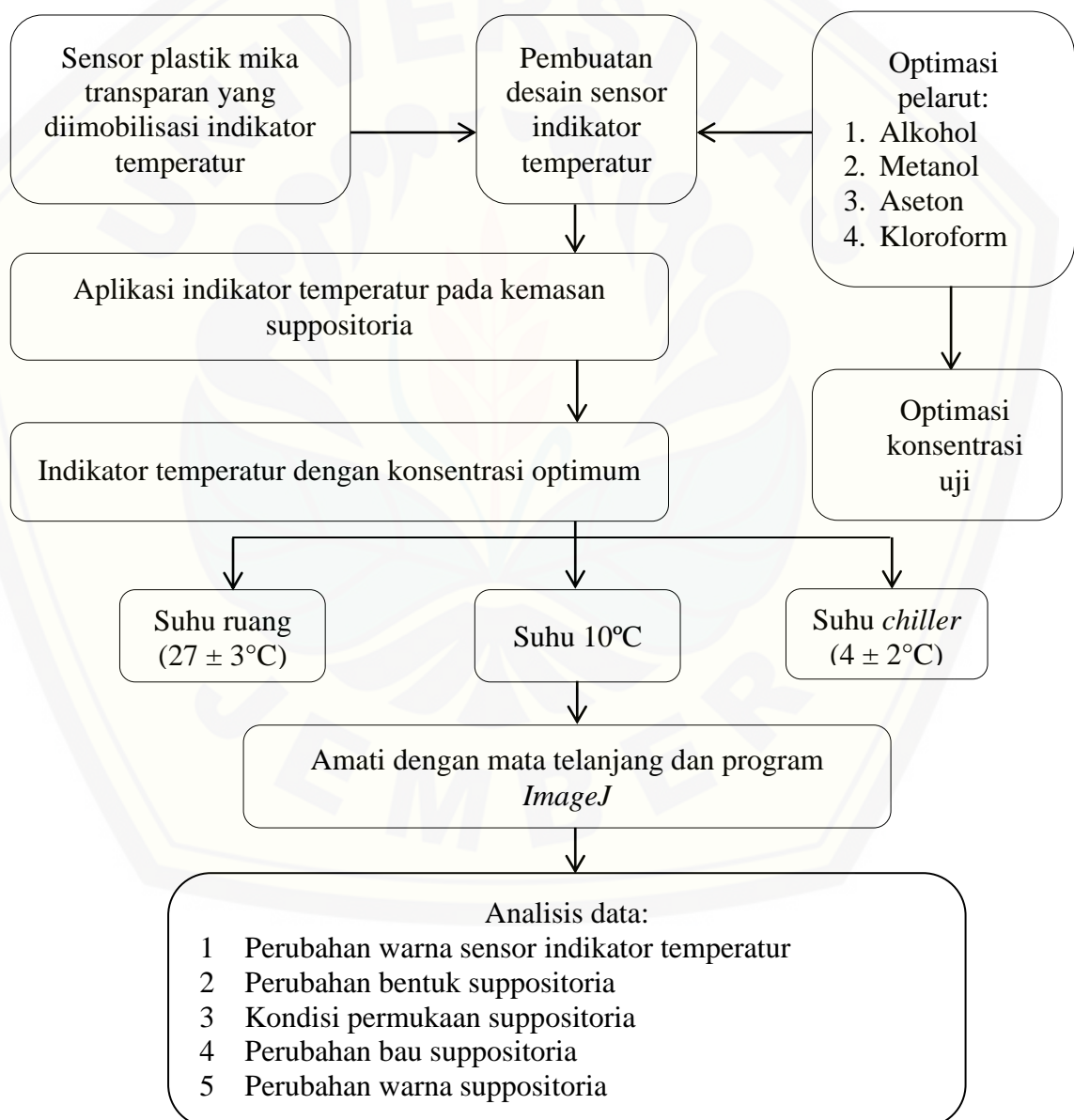
#### 3.4.1 Tahap percobaan

Percobaan ini dilakukan dengan tahapan berikut ini:

1. Imobilisasi *thermochromic ink* pada plastik mika transparan dengan metode adsorpsi
2. Optimasi *thermochromic ink* yang sudah diimobilisasi pada plastik mika transparan meliputi konsentrasi dan lama pengeringan
3. Aplikasi pada kemasan

#### 3.4.2 Diagram Alur Penelitian

Adapun skema penelitian yang dilakukan ditunjukkan dalam diagram alur penelitian berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

### 3.5 Metode Penelitian

#### 3.5.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat identifikasi terhadap kenampakan dan perubahan fisik suppositoria yang pada kemasannya disertai dengan plastik mika transparan yang diimobilisasi dengan *thermochromic ink* sebagai indikator temperatur. Penyimpanan suppositoria dilakukan pada suhu yang bervariasi yaitu suhu ruang diamati tiap 7 hari selama 6 minggu, pada suhu 10°C diamati tiap 7 hari selama 7 minggu, dan suhu *chiller* diamati tiap 7 hari selama 7 minggu. Kemudian dilanjutkan dengan diamati perubahan intensitas warna sensor dan uji organoleptis yang meliputi perubahan bentuk, kondisi permukaan, bau, dan warna suppositoria. Tiap parameter uji dihubungkan dengan intensitas perubahan warna sensor indikator temperatur.

#### 3.5.2 Pelaksanaan Penelitian

##### a. Optimasi Konsentrasi Indikator Temperatur

Pembuatan larutan indikator temperatur dari *thermochromic ink*. Menimbang 1 gram *thermochromic ink* dilarutkan dalam 1 mL masing-masing pelarut metanol, etanol, kloroform, dan aseton dibuat konsentrasi dengan perbandingan 1:1 dan menimbang 1 gram *thermochromic ink* dilarutkan dalam 2 mL masing-masing pelarut dibuat konsentrasi dengan perbandingan 1:2. Optimum jika *thermochromic ink* dapat larut dengan baik dan dapat memberikan perubahan warna pada suhu yang diinginkan.

##### b. Pembuatan Sensor Indikator Temperatur

Plastik mika transparan disiapkan, kemudian *thermochromic ink* yang telah dilarutkan dengan pelarut optimum dengan menggunakan pipet diteteskan di atas plastik mika transparan. Dibiarkan selama 1-2 hari hingga kering sempurna. Langkah selanjutnya dengan menyiapkan stiker yang ditempelkan pada bagian luar sensor untuk memudahkan pembacaan.

##### c. Aplikasi pada Kemasan

Meletakkan indikator temperatur dibagian luar kemasan suppositoria sebagai sensor suhu.

### 3.6 Prosedur Analisa

#### 3.6.1 Pengamatan Intensitas Warna Sensor

Warna sensor ini diukur menggunakan *software Image J* dengan menentukan nilai *mean RGB*. Pengambilan gambar dilakukan dengan cara di foto menggunakan kamera, kemudian hasil foto tersebut diaplikasikan pada *software Image J* dan ditentukan nilai *mean RGB*. Langkah-langkah yang dilakukan untuk perhitungan nilai *RGB* antara lain:

- a. Pilih *file* yang akan diukur nilai *RGB*nya
- b. Melakukan seleksi area menggunakan *Area Selection Tools*
- c. Melakukan pengukuran dengan klik *Plugin* → *Analyze* → *Measure RGB*.

Kemudian dilanjutkan dengan mengukur nilai keabuan (*grayscale*) dengan tahapan yang hampir sama dengan pengukuran *RGB* sebagai berikut :

- a. Pilih *file* yang akan diukur nilai keabuannya
- b. Melakukan seleksi area menggunakan *Area Selection Tools*
- c. Pilih *image* → *type* → 8 bit
- d. Kemudian klik *Analyze* dan pilih *Measure*.

#### 3.6.2 Uji Organoleptis

##### a. Kondisi Permukaan

Sampel suppositoria dikeluarkan dari kemasan primer, kemudian dilihat secara visual dengan mata telanjang kondisi permukaan suppositoria (halus, retak, berlubang).

##### b. Bentuk Suppositoria

Sampel suppositoria dikeluarkan dari kemasan primer, kemudian dilihat secara visual dengan mata telanjang bentuk suppositoria ovula.

##### c. Bau Suppositoria

Uji bau ini bersifat organoleptis dengan menentukan beberapa orang (10 orang) sebagai panelis bukan terlatih yang dianggap telah mewakili populasi konsumen. Sampel suppositoria dikeluarkan dari kemasan primer, kemudian melalui indera pembau dapat diketahui suppositoria tak berbau, berbau khas atau tengik.

#### d. Warna Suppositoria

Uji ini bertujuan untuk melihat distribusi zat berkhasiat di dalam basis suppositoria. Sampel suppositoria dikeluarkan dari kemasan primer, dilihat secara visual dengan mata telanjang. Kemudian diamati warna suppositoria. Syarat yang harus dipenuhi dari suppositoria yang terbentuk adalah ketika suppositoria menunjukkan visualisasi yang seragam.

#### 3.6.3 Sifat Reversibel

Pada pengujian sifat reversibel ini juga dilakukan dengan pengamatan secara visual. Pengujian ini dilakukan terhadap indikator temperatur yang sengaja diletakkan pada suhu ruang hingga akhirnya warna indikator berubah menjadi transparan. Setelah itu, indikator dimasukkan kembali dalam kulkas dengan suhu *chiller* (sesuai penyimpanan suppositoria yang dikehendaki) dan diamati apakah warna indikator berubah menjadi hijau tua lagi atau tetap transparan. Jika kembali berwarna hijau tua, dihitung waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya perubahan warna tersebut.

### 3.7 Desain Label Pintar sebagai Indikator Temperatur

Desain ini berfungsi untuk mempermudah interpretasi kondisi suppositoria sehingga dapat dengan mudah diamati penurunan kualitas dari suppositoria akibat kesalahan selama penyimpanan. Desain indikator temperatur ini berbentuk bulatan kecil pada bagian tengah yang pada bagian luarnya diberi stiker petunjuk perubahan warna indikator. Warna awal dari indikator ini adalah hijau muda atau transparan yang menunjukkan suppositoria dalam keadaan penyimpanan yang tidak tepat yakni pada suhu ruang. Setelah disimpan pada suhu *chiller*, maka warna akan berubah menjadi hijau tua yang menunjukkan suppositoria dalam kondisi penyimpanan yang dikehendaki.

Desain ini diaplikasikan pada kemasan sebagai pendeteksi kesalahan suhu penyimpanan suppositoria. Sampel suppositoria ditempatkan pada suhu ruang, suhu 10°C dan suhu *chiller* kemudian dilakukan pengamatan organoleptis

dan dikorelasikan dengan perubahan warna pada sensor sebagai indikator temperatur. Berikut adalah desain indikator temperatur yang diaplikasikan pada kemasan primer dan kemasan sekunder suppositoria.



Ket :



Pada bagian bulatan kecil terdapat *thermochromic ink* sebagai indikator temperatur.

Sedangkan bagian yang melingkar menunjukkan cara pembacaan indikator yang benar.

Gambar 3.2 Label Pintar sebagai Indikator Temperatur



### 3.8 Desain Kemasan Suppositoria



Gambar 3.3 Desain Kemasan Suppositoria

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Konsentrasi uji yang digunakan sebagai label pintar yaitu konsentrasi 1:2 dengan perubahan warna yang dihasilkan sesuai warna indikator yang berubah dari hijau muda transparan menjadi hijau tua gelap.
2. Perubahan intensitas warna label pintar *Thermochromic Ink* memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan kondisi penyimpanan suppositoria, artinya semakin besar nilai *mean Green* dan *grayscale* maka dalam hal ini penyimpanan suppositoria dalam keadaan tidak tepat, sedangkan *mean Green* dan *grayscale* yang nilainya kecil menunjukkan kondisi penyimpanan yang tepat. Penyimpanan suppositoria pada suhu *chiller* memenuhi spesifikasi ditandai dengan bentuk, homogenitas warna yang sesuai dengan warna bahan, serta kondisi permukaan tidak terdapat lubang maupun retak.
3. Stabilitas sensor sangat baik karena dapat memberikan nilai warna yang relatif stabil selama penyimpanan 7 minggu dengan prosentase penurunan nilai *mean Green* dan *grayscale* <15%.
4. Label pintar *Thermochromic Ink* yang dipasang pada kemasan pintar dapat diaplikasikan sebagai indikator temperatur sehingga memudahkan konsumen untuk melihat kondisi kelayakan suppositoria tanpa membuka kemasan.
5. Hasil analisis data menggunakan SPSS menghasilkan distribusi data yang normal dengan nilai sig > 0,05. Pada uji ANOVA menghasilkan sig < 0,05 yang menunjukkan terdapat perbedaan bermakna nilai warna dari ketiga perlakuan berbeda.

## 5.2 Saran

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

1. Desain label pintar sebagai indikator temperatur pada kemasan dengan cara ditempel langsung pada kemasan menggunakan membran yang sesuai
2. Penggunaan sampel lain pada aplikasi indikator temperatur
3. Metode intensitas perubahan warna label pintar yang lebih sensitif terhadap perubahan kualitas suppositoria selama waktu penyimpanan pada suhu yang berbeda
4. Uji sifat fisik lain meliputi uji disolusi, uji waktu leleh, uji kekerasan, dan lain-lain untuk memastikan kualitas suppositoria setelah penyimpanan pada kondisi berbeda selama waktu tertentu.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Afikoh, N., H. Nurcahyo, dan Susiyarti. 2017. Pengaruh Konsentrasi PEG 400 dan PEG 4000 terhadap Formulasi dan Uji Sifat Fisik Suppositoria Ekstrak Sosor Bebek (*Kalanchoe pinnata* [L.] pers)”. *Jurnal Para Pemikir*. 6:156–160.
- Anief. 2006. *Ilmu Meracik Obat*. Jogjakarta : UGM Press
- BPOM. 2015. Keamanan Pangan. Jakarta Pusat: Majalah Keamanan Pangan. 2015. Halaman 31.
- Depkes RI. 1995. *Farmakope Indonesia Edivsi IV*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan.
- Depkes RI. 2014. *Farmakope Indonesia Edisi V*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan.
- Djamal, M., E. Sanjaya, R. Wirawan, dan A. Hartono. 2011. Sensor , teknologi dan aplikasinya. *Prosiding Seminar Kontribusi Fisika*. 2011(Skf):24–42.
- Eggins, B. R. 1996. *Biosensors : An Introduction*. New York: Wiley, John Sons.
- EPA. 2001. Toxicological review of chloroform. (67). [https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris\\_documents/documents/toxreviews/0025tr.pdf](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0025tr.pdf) [Diakses pada 30 Januari 2018].
- Ferreira, T. dan W. Rasband. 2012. *The ImageJ User Guide*. <https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf> [Diakses pada 30 Januari 2018].

- Ghozali, Imam. 2009. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang : BP UNDIP
- Kulčar, R., M. Friskovec, N. Hauptman, dan A. Vesel. 2010. Dyes and pigments colorimetric properties of reversible thermochromic printing inks. *Dyes and Pigments*. 86:271–277.
- Kulčar, R., M. K. Gunde, dan N. Knešaurek. 2012. Dynamic colour possibilities and functional properties of thermochromic printing inks. *Proceedings - "Colour Coded"*. 23:25–36.
- Kusumanto, R. D. dan A. N. Tompunu. 2011. Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB. Seminar Nasional TIK Terapan.
- Kuswandi, B. (2010). *Sensor Kimia Teori, Praktek, dan Aplikasi*. Jember: Jember University Press.
- Marchaban. 2004. Evaluasi pelepasan obat dari supositoria basis lemak : perbedaan antara metode disolusi intrinsik dan non-intrinsik. *Majalah Farmasi Indonesia*. 15(4):163–168.
- Mujiarto, I. 2005. Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif. *Jurnal Traksi*. 3(2):1-9
- Mulyani, Evi. 2017. Pengaruh Penambahan Aerosil terhadap Sifat Fisik Suppositoria Ekstrak Daun Bayam Duri (*Amaranthus spinosus*, Linn) dengan Basis Berlemak (*Oleum Cacao*). *Jurnal Surya Medika*. 6(2)
- Ojeda, C., dan Fuesenta, S. (2006). *Recent Development in Option Chemical Sensor Coupling with Flow Injection Analysis*. Spain: Departement of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Malanga.

- Panáč, O. 2010. The study of thermochromic offset inks. *Proceedings - "Colour Coded"*. 248–252.
- Pavelková, A. 2013. Time temperature indicators as devices intelligent packaging. *Food Quality*. LXI:245–251.
- Pohanish, R. P. 2012. *Sittig's Handbook Of Toxic And Hazardous Chemicals And Carcinogens*. Edisi 6. Elsevier Inc. <https://static.compliancetrainingonline.com/docs.Sittings-Handbook-of-Toxic-and-Hazardous-Chemicals-and-Carcinogens-2012.pdf> [Diakses pada 16 Januari 2018].
- Reinking, L. 2007. *ImageJ Basics*. Pennsylvania: Departement of Biology Millersville University.
- Rowe, R. C., P. J. Sheskey, dan M. E. Quinn. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Edisi 6. USA: Pharmaceutical Press.
- Sujarweni, V. 2015. *SPSS untuk Penelitian*. Yogyakarta : Pustaka Baru Press
- Sulistyowati, E. 1991. Pengaruh Penambahan Tween 20 Terhadap Disolusi Suppositoria Parasetamol. *Skripsi*. Surabaya : Fakultas Farmasi Universitas Airlangga.
- Suryantari, R. dan Flaviana. 2017. Aplikasi thermochromic liquid crystal. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 7(1):20–27.
- Syamsuni. 2005. *Farmasetika Dasar dan Hitungan Farmasi*. Jakarta : EGC

Taoukis, P. S. 2008. Application of time – temperature integrators for monitoring and management of perishable product quality in the cold chain. *Smart Packaging Technologies for Moving Consumer Goods*. ISBN: 978-0-470-02802-5.

Taoukis, P. S. dan T. P. Labuza. 1989. Applicability of time-temperature indicators monitors of food products as shelf life. *Journal of Food Science*. 54(4):783–788.

Widiastuti, D. R. 2016. *Kajian Kemasan Pangan Aktif Dan Cerdas ( Active And Intelligent Food Packaging)*. Karya Tulis Ilmiah. Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya Badan Pengawas Obat dan Makanan.

Yam, K. L., A. Paul T. Takhistov, dan J. Miltz. 2005. Intelligent Packaging: Concepts and Applications. *Journal of Food Science*. 70(1):1–10.

LAMPIRAN

1. Optimasi Konsentrasi Indikator sebagai Sensor Suhu

a. Suhu Ruang

1. Perbandingan 1:1

Pelarut	Nilai Green			Mean	SD	RSD
	Rep1	Rep2	Rep3	Green		
Metanol	61,48	61,29	61,33	61,37	0,10	0,16%
Etanol	114,6	114,64	114,7	114,6	0,01	0,01%
Kloroform	65,81	65,69	65,75	65,75	0,05	0,07%
Aseton	58,60	58,59	58,58	58,59	0,01	0,02%

2. Perbandingan 1:2

Pelarut	Nilai Green			Mean	SD	RSD
	Rep1	Rep2	Rep3	Green		
Metanol	63,14	63,53	63,51	63,39	0,22	0,35%
Etanol	90,75	90,85	90,72	90,78	0,07	0,08%
Kloroform	34,54	34,52	34,53	34,53	0,02	0,05%
Aseton	75,78	75,52	75,62	75,64	0,13	0,17%

b. Suhu *Chiller*

1. Perbandingan 1:1

Pelarut	Nilai Green			Mean	SD	RSD
	Rep1	Rep2	Rep3	Green		
Metanol	9,09	9,09	9,09	9,09	0,00	0,00%
Etanol	25,88	25,99	26,01	25,96	0,07	0,27%
Kloroform	4,05	4,08	4,01	4,05	0,04	0,97%
Aseton	5,793	5,78	5,79	5,79	0,01	0,13%



## 2. Perbandingan 1:2

Pelarut	Nilai Green			Mean	SD	RSD
	Rep1	Rep2	Rep3	Green		
Metanol	19,84	19,64	19,86	19,78	0,00	0,00%
Etanol	24,77	24,71	24,90	24,79	0,10	0,40%
Kloroform	4,04	4,03	4,01	4,03	0,01	0,35%
Aseton	6,07	6,03	6,03	6,04	0,02	0,38%

2. Perubahan Warna Label Pintar Indikator *Thermochromic Ink*








## a. Suhu Ruang

Minggu ke-	Nilai Mean Green				Mean	$\Delta$ Mean	SD	RSD	%Penurunan Mean Green
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Green	Green			
1	133,82	133,24	133,51	133,42	133,50	0,00	0,24	0,18%	0,00%
2	133,64	133,24	133,31	133,37	133,39	0,11	0,18	0,13%	0,08%
3	133,73	133,21	133,38	133,32	133,41	0,09	0,22	0,17%	0,06%
4	133,53	133,18	133,07	133,26	133,26	0,24	0,20	0,15%	0,18%
5	133,20	132,73	133,41	133,23	133,14	0,35	0,29	0,22%	0,27%
6	132,95	133,08	133,06	132,96	133,01	0,48	0,07	0,05%	0,36%
7	132,88	133,21	132,80	133,31	133,05	0,44	0,25	0,19%	0,33%

Rumus :

- $Mean\ Green = \frac{Rep1+Rep2+Rep3+Rep4}{4}$
- $\Delta\ Mean\ Green = Mean\ green\ awal - mean\ green\ akhir$
- $SD = \sqrt{\frac{\sum |Xd - \bar{X}d|^2}{n-1}}$
- $RSD = \frac{SD}{Mean\ Green} \times 100\%$
- $\%Penurunan\ Mean\ Green = \frac{\sum (mean\ green\ awal - mean\ green\ akhir)}{mean\ green\ awal} \times 100\%$

b. Perubahan Warna pada Suhu Ruang

Minggu ke-	Sensor
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	








a. Nilai Keabuan Suhu Ruang

Minggu ke-	Nilai Keabuan	%penurunan grayscale
1	119,138	0,00%
2	119,129	0,01%
3	118,991	0,12%
4	118,878	0,22%
5	118,647	0,41%
6	118,499	0,54%
7	118,183	0,81%

b. Suhu 10°C

Minggu ke-	Nilai Mean Green				Mean Green	$\Delta$ Mean Green	SD	RSD	%Penurunan Mean Green
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4					
1	66,38	66,89	67,40	66,81	66,87	0,00	0,42	0,63%	0,00%
2	66,38	66,81	67,34	66,63	66,79	0,08	0,40	0,61%	0,12%
3	66,34	66,72	67,33	66,77	66,79	0,08	0,41	0,61%	0,12%
4	66,33	66,80	66,93	66,34	66,60	0,27	0,31	0,47%	0,40%
5	66,13	66,82	66,39	66,77	66,53	0,34	0,33	0,49%	0,51%
6	66,36	66,79	66,48	66,77	66,60	0,27	0,21	0,32%	0,41%
7	66,35	66,89	66,39	66,79	66,60	0,27	0,27	0,41%	0,40%

c. Perubahan Warna pada Suhu 10°C

Minggu ke-	Sensor
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	








## d. Nilai Keabuan pada Suhu 10°C

Minggu ke-	Nilai Keabuan	%penurunan grayscale
1	57,815	0,00%
2	57,591	0,39%
3	56,701	1,93%
4	55,937	3,31%
5	55,201	4,67%
6	55,084	4,95%
7	55,337	4,50%

## e. Suhu Chiller

Minggu ke-	Nilai <i>Mean Green</i>				<i>Mean Green</i>	$\Delta$ <i>Mean Green</i>	SD	RSD	%Penuruan <i>Mean Green</i>
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4					
1	15,65	15,57	15,43	16,25	15,73	0,00	0,36	2,31%	0,00%
2	15,64	15,57	15,43	16,24	15,72	0,01	0,36	2,29%	0,04%
3	15,39	15,37	15,21	15,99	15,49	0,24	0,35	2,23%	1,51%
4	15,31	15,25	15,32	15,53	15,35	0,37	0,12	0,80%	2,41%
5	15,30	15,44	15,25	15,45	15,36	0,37	0,10	0,66%	2,40%
6	15,59	15,43	15,38	15,20	15,40	0,32	0,16	1,06%	2,11%
7	15,62	15,50	15,26	15,39	15,44	0,29	0,15	1,00%	1,86%

f. Perubahan Warna pada Suhu *Chiller*

Minggu ke-	Sensor
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

g. Nilai Keabuan pada Suhu *Chiller*

Minggu ke-	Nilai Keabuan	%penurunan Grayscale
1	13,124	0,00%
2	12,953	1,30%
3	12,718	3,13%
4	11,888	9,72%
5	11,996	9,49%
6	12,718	3,38%
7	12,953	1,34%

## 3. Uji Kondisi Permukaan secara Visual

Homogenitas	
Minggu ke-	(Kondisi Permukaan)
1	Halus, tidak retak, tidak berlubang, keras
2	Halus, tidak retak, tidak berlubang, keras
3	Halus, tidak retak, tidak berlubang, keras
4	Halus, tidak retak, tidak berlubang, keras
5	Tekstur lembek dan menempel pada kemas primer
6	Mulai tidak rata dan terkikis
7	Tidak rata, terkikis, permukaan lembek

## 4. Uji Warna Suppositoria secara Visual

Minggu ke-	Warna
1	Putih kekuningan dan seragam
2	Putih kekuningan dan seragam
3	Putih kekuningan dan seragam
4	Putih kekuningan dan seragam
5	Putih kekuningan dan seragam
6	Putih kekuningan dan seragam
7	Putih kekuningan dan seragam

## 5. Uji Bentuk Suppositoria secara Visual

Minggu ke-	Bentuk Suppositoria
1	Bulat oval
2	Bulat oval
3	Bulat oval
4	Bulat oval
5	Bulat oval
6	Bulat oval tidak sempurna
7	Oval tidak sempurna

## 6. Data Uji Bau

## Keterangan

1. 80 – 100 % = Tidak Berbau/ Bau Khas Suppositoria
2. 79 – 60 % = Sedikit Bau
3. 59 – 0 % = Bau Tengik

## a. Suhu Ruang

Minggu ke-	Bau	Prosentase (%)
1	Tidak Berbau	100
2	Tidak Berbau	100
3	Tidak Berbau	100
4	Tidak Berbau	100
5	Tidak Berbau	100
6	Tidak Berbau	100
7	Tidak Berbau	100

## b. Suhu 10°C

Minggu ke-	Bau	Prosentase (%)
1	Tidak Berbau	100
2	Tidak Berbau	100
3	Tidak Berbau	100
4	Tidak Berbau	100
5	Tidak Berbau	100
6	Tidak Berbau	100
7	Tidak Berbau	100

## c. Suhu Chiller

Minggu ke-	Bau	Prosentase (%)
1	Tidak Berbau	100
2	Tidak Berbau	100
3	Tidak Berbau	100
4	Tidak Berbau	100
5	Tidak Berbau	100
6	Tidak Berbau	100
7	Tidak Berbau	100



7. Dokumentasi



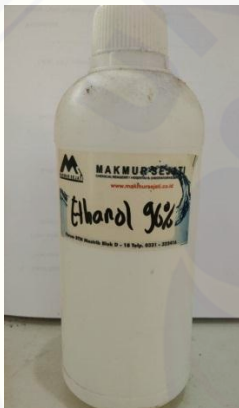
A



B



C



D



E




F

Keterangan :

- A : Aseton pa
- B : Kloroform pa
- C : Metanol
- D : Etanol
- E : *Thermochromic Ink*
- F : Ovula Fladystin

8. Sertifikat Analisis *Thermochromic Ink*



**DATA SHEET**

---

**THERMOCHROMIC UV SCREEN INK**

---

**DESCRIPTION**

CTI's thermochromic UV Screen inks, are colored below a specific temperature, and change to colorless or to another, lighter color as they are heated. The color starts to fade with increased temperature at approximately 4° C below the activation temperature and will be in between colors within this temperature range. The temperature above which the ink stops losing color we refer to as the "Clearing Point". The color change is "reversible," i.e., the original color will be restored upon cooling. As the temperature of the ink is lowered from above the Clearing Point, the ink begins to gain color at about 3 C below the clearing point and continues to gain color until about 6 C below the clearing point. We refer to this as the "Full Color Point". These inks are available in various colors, Clearing Points and Full Color Points. Standard Clearing Points are 15, 31 and 45° C (59, 88 and 113° F). Other activation temperatures are also available, from -5° C to 65° C. See Sales Policies Sheet for a complete list of available colors. CTI's UV Screen ink is ideal for document security, promotional items, temperature indicating labels, packaging, games, novelties, etc. Thermochromic inks are not compatible with many different chemicals. Please do not put anything into CTI's products without first consulting a CTI representative.

**TYPICAL PROPERTIES**

	<u>Flatbed</u>	<u>Rotary</u>
Viscosity (at 25° C)	65-110 poise	30-60 poise
Density (Approx.)	8.0 lb./gal	8.0 lb./gal
Appearance	Viscous Liquid	Viscous Liquid
Percent Solids (Approx.)	90%	90%
Percent Volatiles (Approx.)	<5.7%	<5.7%
Food Contact Compliance Status	Approved for Indirect Food Contact	
Yield Range (Approx.)	10,000-50,000 in <sup>2</sup> /lb. (depending on film thickness)	
Recommended Substrates	Paper, Film	


**STORAGE AND HANDLING**

CTI's products should be stored in a cool, dry place and away from sources of UV light. The inks are stable when stored away from heat. The material is combustible and should not be used near open flame. Store Below 80° F. Product must be used within twelve months of purchase. Consult MSDS prior to use.

**SPECIAL CARE INSTRUCTIONS**

CTI's UV screen ink is simple to use, but different from other UV screen inks. The differences between our ink and regular UV screen inks are outlined below. The instructions below should be followed carefully to achieve optimum results.

- **Ink**-Do not allow CTI UV Screen ink to come in contact with unapproved solvents. To ensure this, always dry the screen completely before adding the ink to the screen. Always be sure that equipment that comes in contact with the ink is completely dry and free of all solvents. Also, when cleaning the screen in the middle of the run, do not allow any solvent to touch the unused ink.
- **Mixing**-Be sure to stir the ink well before and during use.



**Material Safety Data Sheet**

Revised 11/09

**Chromatic Technologies, Inc.** Phone: (719) 592-1557  
 4870 Centennial Blvd., Suite 126 Emergency phone: (800)424-9300  
 Colorado Springs, CO 80919

**Section I—Product Identification**

Identity: Thermochromic UV Screen Ink

**Section II—Ingredient Information**

BEFORE USING OR HANDLING, READ AND UNDERSTAND THE MSDS.

COMPONENT	CAS #	% by weight
Formaldehyde	000050-00-0	0.1-0.2
Proprietary Mixture	NJT SRN-6000-1009	30-40
Proprietary Mixture	NJT SRN-6000-1151	10-20
2-Methyl-1-[4-(methylthio)phenyl]-2-(4-morpholinyl)-1-propanone	71868-10-5	<5
Proprietary Mixture	NJT SRN-6000-1005	<5
Proprietary Mixture	NJT SRN-6000-1008	<5
Proprietary Mixture	NJT SRN-6000-1113	<5

HAZARDOUS MATERIALS IDENTIFICATION SYSTEM (HMIS)

Health	Flammability	Reactivity	Personal Protection
2	1	2	B

This product contains proprietary ingredients that are not required to be listed in Section II under OSHA Hazard Communication Standard 29 CFR 1928 (i). Trade secrets.

**Section III – Physical Data**

**Appearance:** Colored Paste  
**Solubility in Water:** Practically Insoluble  
**Freezing point:** ND  
**Liquid Density:** Heavier than water  
**Boiling Point:** > 250°F  
**Vapor Density:** Heavier than air  
**Evaporation Rate:** Less than Butyl Acetate  
**Flash Point:** > 200° F

**Section IV – Health Hazard Data**

**FIRST AID PROCEDURES:**

**INGESTION:** If accidentally swallowed, immediately contact poison control center or hospital emergency room for any other additional treatment directions. Do NOT induce vomiting.  
**INHALATION:** If inhaled, remove person to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Call a physician.  
**SKIN CONTACT:** Immediately wash contact area with soap and water. Remove contaminated clothing. Call a physician if irritation persists.  
**EYE CONTACT:** Immediately flush eyes with plenty of water for 15 minutes. Call a physician.

**Section V – Fire and Explosion Information**

**Flammable Limits %Vol. Air:** Not determined  
**Flash Point:** > 200°F  
**Will burn:** In case of fire, use dry chemical, foam or CO<sub>2</sub>. Water may be ineffective, but should be used to keep fire-exposed containers cool.

**Chromatic Technologies, Inc.**

4870 Centennial Blvd., Suite 126  
 Colorado Springs, CO 80919

Tel. (719) 592-1557  
 Fax (719) 592-1455 www.ctinks.com

Page 1

**Section VI - Spill or Leak Procedures, Environmental Precautions**

Sweep (scoop) up and remove to a chemical disposal area. Prevent entry into natural bodies of water.

**Section VII - Handling and Storage****Handling**

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practices. These practices include avoiding unnecessary exposure and removal of the material from eyes, skin and clothing. Wash thoroughly after handling.

**INHALATION:** Avoid breathing vapor. Use with adequate ventilation.

**SKIN:** Avoid contact with skin and clothing.

**EYES:** Avoid contact with eyes.

**Storage**

- Keep drum out of sun and away from heat.
- Store in a dry place, between 40 and 80 F.
- Do not store in bare metal drums or cans.
- Avoid contamination from any source, including metals, dust and organic material.
- Keep away from heat, sparks, flame and other ignition sources.
- Keep away from copper, copper alloys.
- Do not store or mix with strong acids or alkali.
- Avoid contact with iron.
- Do not store near strong oxidizing chemicals.
- Store in a tightly closed container.
- Violent polymerization may occur at elevated temperatures.

**Section IX -- Special Protection Information****Personal Protection**

Where air contaminants can exceed acceptable criteria, use NIOSH/MSHA approved respiratory protection equipment. Respirators should be selected based on the form and concentration of contaminants in air in accordance with OSHA 29 CFR 1910.134 or other applicable standards or guidelines. Use goggles if eye contact is likely. Wear impermeable gloves as required to prevent skin contact.

**Exposure Guidelines**

No exposure guidelines have been established under ACGIH TLV or OSHA PEL for any of the declared components of this material.

**Section X -- Reactivity Data****Stability:** Stable

**Incompatibilities:** Storage >140F, exposure to light, loss of dissolved air, loss of polymerization inhibitor, contamination with incompatible materials, strong oxidizing agents, strong acids, strong bases.

**Hazardous polymerization:** May occur under high temperatures and oxygen-deficient atmosphere.

**Section XI -- Transportation Information****U.S. Department of transportation (DOT)**

The data provided in this section is for information only and may not be specific to your package size.

You will need to apply the appropriate regulations to properly classify your shipment for transportation.

Not Regulated

**Canadian Transportation of Dangerous Goods (TDG)**

Not Regulated

**Section XII -- Regulatory Information****U.S. Federal Regulations**

SARA Title III: Section 311/312

**Chromatic Technologies, Inc.**

4870 Centennial Blvd., Suite 126

Colorado Springs, CO 80919

Tel. (719) 592-1557

Fax (719) 592-1455 [www.ctiinks.com](http://www.ctiinks.com)

Page 2



## UV Screen Certificate of Analysis

**Batch Number** 01911406

**Ink Type** ThermoChromic UV

**Color** Green to colorless

**Temp** Full Color 4

**Part Number** 5G003XD1204

Test	Result	Range
------	--------	-------

**Viscosity V** 9329

6500 - 11,000 cP Thermo  
10,000 - 20,000cP Photo

**Clearing Point** 8

**Full Color Point** 4

+ or - 1 Deg C of Listed  
Transition Temperatures

**Test Print** Pass

Check for Transfer,  
Laydown, Color, Surface  
and through Cure.

**Grind** 2

< or = 10 Microns

## 9. Analisis Data

a. Uji Normalitas *mean green*

## Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ruang	7	1.3325E2	.19039	133.01	133.50
antara	7	66.6829	.13035	66.53	66.87
chiller	7	15.4989	.16048	15.35	15.73

## One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ruang	antara	chiller
N		7	7	7
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	1.3325E2	66.6829	15.4989
	Std. Deviation	.19039	.13035	.16048
Most Extreme Differences	Absolute	.195	.309	.236
	Positive	.149	.309	.236
	Negative	-.195	-.223	-.202
Kolmogorov-Smirnov Z		.516	.817	.625
Asymp. Sig. (2-tailed)		.952	.516	.829

a. Test distribution is Normal.

b. Uji Normalitas *grayscale*

**Descriptive Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ruang	7	1.1878E2	.35523	118.18	119.14
antara	7	56.2380	1.14320	55.08	57.82
chiller	7	12.6214	.48652	11.89	13.12

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

	ruang	antara	chiller	
N	7	7	7	
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	1.1878E2	56.2380	12.6214
	Std. Deviation	.35523	1.14320	.48652
Most Extreme Differences	Absolute	.179	.213	.293
	Positive	.157	.213	.186
	Negative	-.179	-.167	-.293
Kolmogorov-Smirnov Z	.474	.564	.775	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.978	.908	.585	

a. Test distribution is Normal.

c. Uji ANOVA mean green

**Descriptives**

MeanGreen								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
suhu ruang	7	1.3325E2	.19039	.07196	133.0753	133.4275	133.01	133.50
suhu 10 derajat	7	66.6829	.13035	.04927	66.5623	66.8034	66.53	66.87
suhu chiller	7	15.4989	.16048	.06065	15.3504	15.6473	15.35	15.73
Total	21	71.8110	49.39962	10.77988	49.3246	94.2975	15.35	133.50



## Test of Homogeneity of Variances

MeanGreen

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.691	2	18	.514

## ANOVA

MeanGreen	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	48805.971	2	24402.985	9.268E5	.000
Within Groups	.474	18	.026		
Total	48806.445	20			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MeanGreen

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	suhu ruang	suhu 10 derajat	66.56857*	.08674	.000	66.3863	66.7508
		suhu chiller	117.75257*	.08674	.000	117.5703	117.9348
	suhu 10 derajat	suhu ruang	-66.56857*	.08674	.000	-66.7508	-66.3863
		suhu chiller	51.18400*	.08674	.000	51.0018	51.3662
	suhu chiller	suhu ruang	-117.75257*	.08674	.000	-117.9348	-117.5703
		suhu 10 derajat	-51.18400*	.08674	.000	-51.3662	-51.0018

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

d. Uji ANOVA *grayscale*

Descriptives								
Grayscale								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
suhu ruang	7	1.1878E2	.35523	.13427	118.4522	119.1093	118.18	119.14
suhu 10 derajat	7	56.2380	1.14320	.43209	55.1807	57.2953	55.08	57.82
suhu chiller	7	12.6214	.48652	.18389	12.1715	13.0714	11.89	13.12
Total	21	62.5467	44.64986	9.74340	42.2223	82.8711	11.89	119.14

**Test of Homogeneity of Variances**

Grayscale

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
9.456	2	18	.002

**ANOVA**

Grayscale	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	39862.177	2	19931.089	3.581E4	.000
Within Groups	10.019	18	.557		
Total	39872.196	20			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Grayscale

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	suhu ruang	suhu 10 derajat	62.54271*	.39878	.000	61.7049	63.3805
		suhu chiller	106.15929*	.39878	.000	105.3215	106.9971
	suhu 10 derajat	suhu ruang	-62.54271*	.39878	.000	-63.3805	-61.7049
		suhu chiller	43.61657*	.39878	.000	42.7788	44.4544
	suhu chiller	suhu ruang	-106.15929*	.39878	.000	-106.9971	-105.3215
		suhu 10 derajat	-43.61657*	.39878	.000	-44.4544	-42.7788

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

