

**KARAKTERISASI *EDIBLE FILM* DARI PATI JAGUNG (*Zea mays*) DENGAN PENAMBAHAN FILTRAT KUNYIT PUTIH (*Curcuma mangga* Val.) SEBAGAI ANTIBAKTERI**

**SKRIPSI**

Oleh :

**RIZA RIZKI AMALIYA**

**NIM 0911011060**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2013**

**KARAKTERISASI *EDIBLE FILM* DARI PATI JAGUNG (*Zea mays*) DENGAN PENAMBAHAN FILTRAT KUNYIT PUTIH (*Curcuma mangga* Val.) SEBAGAI ANTIBAKTERI**

**SKRIPSI**

Oleh :

**RIZA RIZKI AMALIYA**

**NIM 0911011060**

Sebagai syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Teknologi Pertanian



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2013**

### LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Karakterisasi *Edible Film* dari Pati Jagung (*Zea mays*) dengan  
Penambahan Filtrat Kunyit Putih (*Curcuma mangga Val.*) sebagai  
Antibakteri

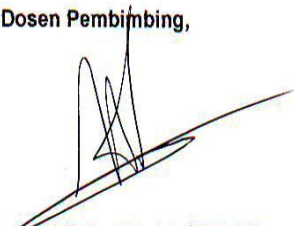
Nama Mahasiswa : Riza Rizki Amaliya

NIM : 0911011060

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing,



Dr. Widya Dwi Rukmi Putri, STP, MP  
NIP. 19700504 199903 2 002

Tanggal Persetujuan :



# LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Karakterisasi *Edible Film* dari Pati Jagung (*Zea mays*)  
dengan Penambahan Filtrat Kunyit Putih (*Curcuma mangga Val.*) sebagai Antibakteri

Nama Mahasiswa : Riza Rizki Amaliya

NIM : 0911011060

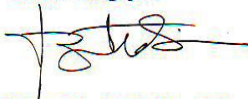
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

  
Dr. Ir. Yuniarta, DEA  
NIP. 19590613 198601 1 001

Dosen Penguji II,

  
Agustin Krisna W., STP, Msi., PhD  
NIP. 19690807 199702 2 001

Dosen Penguji III,

  
Dr. Widya Dwi Rukmi Putri, STP, MP  
NIP. 19700504 199903 2 002

Ketua Jurusan,

  
Agustin Krisna W., STP, Msi., PhD  
NIP. 19690807 199702 2 001



Tanggal Lulus Skripsi:.....

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Mahasiswa : Riza Rizki Amaliya

NIM : 0911011060

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

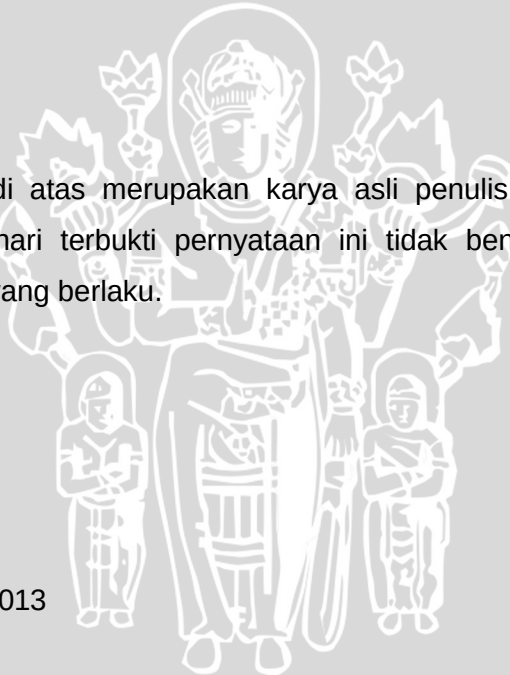
Judul Skripsi : Karakterisasi *Edible Film* dari Pati Jagung (*Zea mays*)  
dengan Penambahan Filtrat Kunyit Putih (*Curcuma mangga* Val.) sebagai Antibakteri

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas.  
Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia  
dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 6 September 2013  
Pembuat Pernyataan,

Riza Rizki Amaliya  
NIM. 0911011060

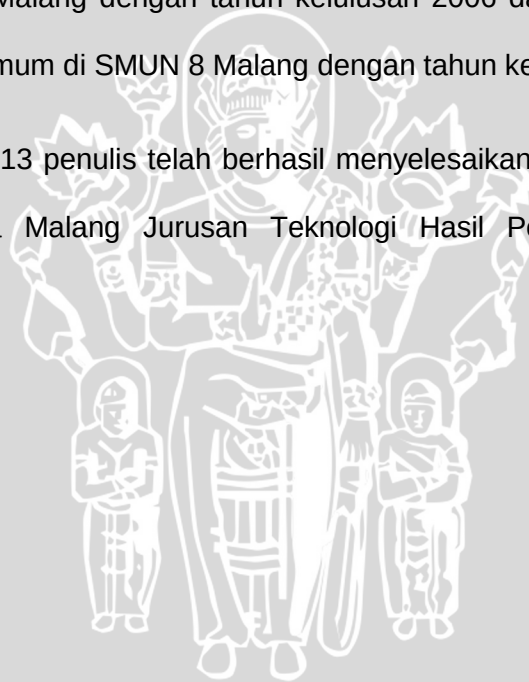


## RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan putri bungsu dari tiga bersaudara. Dilahirkan di Malang pada tanggal 2 Desember 1990 dari Ayah bernama Achmad Munif dan ibu Riyamah

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN Madyopuro 5 Malang pada tahun 2003, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Tingkat Pertama di SMPN 2 Malang dengan tahun kelulusan 2006 dan menyelesaikan Sekolah Menengah Umum di SMUN 8 Malang dengan tahun kelulusan 2009.

Pada tahun 2013 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikannya di Universitas Brawijaya Malang Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian.





HALAMAN PERUNTUKKAN



Alhamdulillah....terima kasih Ya Allah

Karya kecil ini ku persembahkan kepada

Kedua orang tuaku tercinta

RIZA RIZKI AMALIYA. 0911011060. **KARAKTERISASI EDIBLE FILM DARI PATI JAGUNG (*Zea mays*) DENGAN PENAMBAHAN FILTRAT KUNYIT PUTIH (*Curcuma mangga Val.*) SEBAGAI ANTIBAKTERI. SKRIPSI.**

Pembimbing: Dr. Widya Dwi Rukmi Putri, STP, MP

## RINGKASAN

Alternatif bahan pengemas yang aman bagi lingkungan adalah *edible film*. *Edible film* merupakan lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang bersifat hidrokoloid serta lemak atau campurannya yang berfungsi sebagai penghambat transfer massa serta dapat digunakan sebagai pembawa senyawa antibakteri yang dapat melindungi produk dari bakteri patogen. Polisakarida merupakan bahan yang bersifat hidrokoloid. Salah satu polisakarida yang dapat digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah pati jagung. Pati jagung memiliki kandungan amilosa lebih tinggi dari pati singkong ataupun pati kentang, sehingga *edible film* akan memiliki sifat fisik yang lebih baik. Antibakteri merupakan senyawa yang menghambat aktivitas bakteri patogen. Senyawa antibakteri salah satunya fenol dapat ditemukan pada kunyit putih (*Curcuma mangga Val.*). Pembuatan *edible film* dari pati jagung dengan penambahan filtrat kunyit putih dapat memperpanjang umur simpan dan meminimalkan kontaminasi bakteri patogen dan pembusuk pada makanan seperti *S.aureus* dan *E.coli*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih serta memperoleh perpaduan proporsi pati jagung dan filtrat kunyit putih yang tepat untuk menghasilkan *edible film* yang mempunyai sifat fisik, kimia dan antibakteri yang paling baik.

Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 2 faktor. Faktor I adalah konsentrasi pati jagung yang terdiri dari 1%, 2% dan 3% volume total. Faktor II adalah konsentrasi filtrat kunyit putih terdiri dari 1%, 4% dan 7% volume total. Masing-masing perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan. Analisa data dilakukan dengan metode *Analysis of Varians* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji BNT ( $\alpha=5\%$ ). Penentuan perlakuan terbaik menggunakan metode *Multiple Attribute*.

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan terbaik diperoleh pada penambahan konsentrasi pati 3% dan filtrat kunyit putih 1% dengan nilai kadar air 13,68 (%), ketebalan 0,20 (mm), transmisi uap air 0,67 (g/cm<sup>2</sup>.jam), *tensile strength* 7,51 (N/cm<sup>2</sup>), *Elongasi* 30 (%), Kecerahan (L) 64,24, Kemerahan (a) 21,32, Kekuningan (b) 8,64 dan aktivitas antibakteri terhadap *E.coli* 7,83 (mm) dan *S.aureus* 7,33 (mm).

**Kata kunci :** *edible film*, pati jagung, kunyit putih, antibakteri.



RIZA RIZKI AMALIYA. 0911011060. **CHARACTERIZATION EDIBLE FILM OF CORN STARCH (*Zea mays*) WITH THE ADDITION OF WHITE SAFFRON FILTRATE (*Curcuma mangga Val.*) AS ANTIBACTERIAL. SKRIPSI.**

Pembimbing: Dr. Widya Dwi Rukmi Putri, STP, MP

---

## SUMMARY

Alternative of packaging materials that are safe for the environment is edible film. Edible film is a thin layer made of a material that is both fat and hydrocolloid or mixtures thereof which serves as a barrier to mass transfer and can be used as carriers of antibacterial compounds that can protect products of bacterial pathogens. A polysaccharide is a material that is spatially hydrocolloid. One of the polysaccharides that can be used in making edible film is corn starch. Corn starch had higher amylose content of cassava starch or potato starch, so the edible film would have better physical properties. Antibacterial is component that inhibited pathogen bacterial activity. Antibacterial compounds, one of which phenol can be found in the white saffron (*Curcuma mangga Val.*). Edible film making used from corn starch with the addition of white saffron could increase storage lifespan and minimized pathogen and spoiler bacterial contaminant on food such as *S.aureus* and *E.coli*.

The aim of this research was to determine the effect of corn starch and white saffron filtrate concentration, also the best proportion of them to produce edible film wich has the best physical, chemical properties and antibacterial.

Research method which was used Randomized Block Design with 2 factors. First factor was corn starch concentration consist of 1,2 and 3% of total volume. Second factor was white saffron filtrate concentrations consist of 1, 4 and 7% of total volume. Each treatment was done with 3 times repetitions. The data was analyzed with Analysis of Varians (ANOVA) and continued with BNT ( $\alpha=5\%$ ). The act of determine the best treatment used Multiple Atribute Method.

In the research result showed that the best treatment was got from corn starch 3% and white saffron filtrate concentration 1% with water content 13,68 (%), thickness 0,20 (mm), water vapor transmission 0,67 (gram/cm<sup>2</sup>.hour), tensile strength 7,51 (N/cm<sup>2</sup>), elongation 30 (%), brightness (L) 64,24, redness (a) 21,32, Yellowness (b) 8.64 and antibacterial activity toward *E.coli* 7,83 (mm) and *S.aureus* 7,33 (mm)

**Keywords:** edible film, corn starch, white saffron, antibacterial.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“KARAKTERISASI EDIBLE FILM DARI PATI JAGUNG (*Zea mays*) DENGAN PENAMBAHAN FILTRAT KUNYIT PUTIH (*Curcuma mangga val.*) SEBAGAI ANTIBAKTERI”**. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan berkat motivasi, bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Orangtua tercinta, keponakanku tersayang Shifa, Erland dan Kezia serta keluarga besar yang selalu memberikan doa dan nasehatnya serta selalu menjadi inspirasi dan semangat selama penyusunan tugas akhir.
2. Ibu Dr. Widya Dwi Rukmi Putri, STP, MP selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu dan pengetahuan serta kesabarannya kepada penulis sehingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Dr. Agustin Krisna Wardani, STP. Msi., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya telah membantu memberikan sarana dan prasarana sehingga memudahkan dalam penelitian.
4. Bapak/Ibu dosen penguji, Pak Kum Perpustakaan THP, dan Mas Agus laboran atas segala bantuan, saran dan masukkannya yang membantu menyempurnakan penyusunan skripsi penulis.
5. Teman-teman THP Angkatan 2009 yang telah berjuang bersama-sama “Gather Up Be The Winner”
6. Sahabatku tercinta Fitria, Winda, Maya, Weny, Mbak Ut, Tita, Clara, Firda, Elfira, Dhita dan My the best partner ever Dyah yang telah bersedia mendengarkan keluhan, memberikan semangat serta kritik membangun sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan baik.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat ketidaksempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga segala yang tersurat dan tersirat dalam skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Malang, September 2013

Penulis



## DAFTAR ISI

|                                                                             |               |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>                                             | <b>i</b>      |
| <b>RINGKASAN .....</b>                                                      | <b>ii</b>     |
| <b>SUMARRY .....</b>                                                        | <b>iii</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                 | <b>iv</b>     |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                     | <b>v</b>      |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                   | <b>vi</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                  | <b>vii</b>    |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                                | <b>viii</b>   |
| <br><b>I. PENDAHULUAN .....</b>                                             | <br><b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                    | 1             |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                   | 2             |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                                 | 3             |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                                | 3             |
| 1.5 Hipotesis .....                                                         | 3             |
| <br><b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                       | <br><b>4</b>  |
| 2.1 <i>Edible film</i> .....                                                | 4             |
| 2.2 Pati Jagung .....                                                       | 6             |
| 2.3 Kunyit Putih .....                                                      | 9             |
| 2.4 Gliserol .....                                                          | 13            |
| 2.5 Karagenan .....                                                         | 14            |
| 2.6 Antibakteri .....                                                       | 18            |
| 2.7 Bakteri Indikator .....                                                 | 20            |
| 2.8 Penelitian <i>Edible Film</i> yang Pernah dilakukan di THP FTP UB ..... | 24            |
| <br><b>III. METODE PENELITIAN .....</b>                                     | <br><b>26</b> |
| 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....                                      | 26            |
| 3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....                                         | 26            |
| 3.3 Metodologi Penelitian .....                                             | 27            |
| 3.4 Pelaksanaan Penelitian .....                                            | 28            |
| 3.5 Pengamatan dan Analisa Data .....                                       | 28            |
| 3.6 Diagram Alir Penelitian .....                                           | 29            |
| <br><b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                   | <br><b>32</b> |
| 4.1 Sifat Kimia dan Fisik <i>Edible Film</i> .....                          | 32            |
| 4.2 Analisa Aktivitas Antibakteri .....                                     | 49            |
| 4.3 Pemilihan Perlakuan Terbaik .....                                       | 55            |
| <br><b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                    | <br><b>58</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                        | 58            |
| 5.2 Saran .....                                                             | 58            |
| <br><b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                             | <br><b>59</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                                                       | <b>71</b>     |



## DAFTAR TABEL

| Nomor | Teks                                                                                                    | Halaman |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1   | Standar <i>edible film</i> komersil.....                                                                | 7       |
| 2.2   | Karakteristik Pati Jagung .....                                                                         | 8       |
| 2.3   | Warna kurkumin pada berbagai pH .....                                                                   | 12      |
| 2.4   | Sifat fisik dan kimia gliserol.....                                                                     | 14      |
| 2.5   | Perbedaan bakteri gram positif dan negatif.....                                                         | 20      |
| 2.6   | Hasil perlakuan terbaik dari beberapa studi mengenai pembuatan<br><i>edible film</i> di THP .....       | 24      |
| 4.1   | Hasil analisa fisik dan kimia filtrat kunyit putih.....                                                 | 32      |
| 4.2   | Rerata ketebalan <i>Edible Film</i> akibat konsentrasi pati jagung .....                                | 36      |
| 4.3   | Rerata Ketebalan <i>edible film</i> akibat konsentrasi filtrat kunyit putih .....                       | 37      |
| 4.4   | Rerata kecerahan <i>edible film</i> akibat konsentrasi filtrat kunyit putih .....                       | 41      |
| 4.5   | Rerata kekuningan <i>edible film</i> akibat konsentrasi filtrat kunyit putih.....                       | 44      |
| 4.6   | Rerata <i>tensile strength edible film</i> akibat konsentrasi pati jagung .....                         | 46      |
| 4.7   | Rerata elongasi <i>edible film</i> akibat konsentrasi pati jagung .....                                 | 48      |
| 4.8   | Rerata zona hambat <i>edible film</i> terhadap <i>E.coli</i> akibat konsentrasi<br>kunyit putih .....   | 51      |
| 4.9   | Rerata zona hambat <i>edible film</i> terhadap <i>S.aureus</i> akibat<br>konsentrasi kunyit putih ..... | 54      |
| 4.10  | Nilai Perlakuan terbaik <i>edible film</i> berantibakteri.....                                          | 56      |

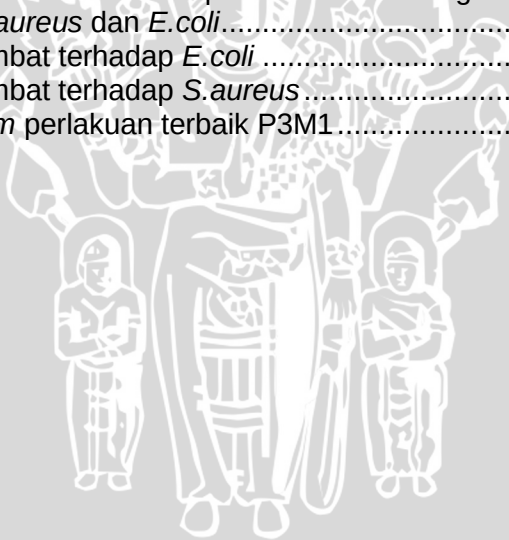


## DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Teks                                                                                                                                                         | Halaman |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1   | Molekul pati jagung.....                                                                                                                                     | 7       |
| 2.2   | Rimpang kunyit putih .....                                                                                                                                   | 10      |
| 2.3   | Struktur molekul karagenan .....                                                                                                                             | 15      |
| 2.4   | Morfologi <i>S.aureus</i> perbesaran 5000x .....                                                                                                             | 21      |
| 2.5   | Struktur dinding sel bakteri gram positif .....                                                                                                              | 22      |
| 2.6   | Morfologi <i>E.coli</i> .....                                                                                                                                | 23      |
| 2.7   | Struktur bakteri <i>E.coli</i> .....                                                                                                                         | 23      |
| 2.8   | <i>E.coli</i> dengan <i>pili</i> dan flagela .....                                                                                                           | 23      |
| 3.1   | Diagram alir pembuatan filtrat kunyit putih .....                                                                                                            | 29      |
| 3.2   | Diagram Alir Pembuatan <i>Edible Film</i> .....                                                                                                              | 30      |
| 3.3   | Diagram alir uji aktivitas antibakteri .....                                                                                                                 | 31      |
| 4.1   | Grafik rerata kadar air <i>edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih .....                                   | 34      |
| 4.2   | Grafik rerata ketebalan <i>edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih.....                                    | 35      |
| 4.3   | Grafik rerata Transmisi uap air <i>edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih .....                           | 38      |
| 4.4   | Grafik rerata kecerahan <i>edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih.....                                    | 40      |
| 4.5   | Grafik rerata kemerahan <i>edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih.....                                    | 42      |
| 4.6   | Grafik rerata kekuningan <i>edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih.....                                   | 43      |
| 4.7   | Grafik rerata <i>tensile strength edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih.....                             | 45      |
| 4.8   | Grafik rerata persen <i>elongasi edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih .....                             | 47      |
| 4.9   | Grafik rerata Zona Hambat <i>edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih terhadap <i>Eschericia coli</i> ..... | 50      |
| 4.10  | Grafik rerata Zona Hambat <i>edible film</i> pada kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih terhadap <i>S.aureus</i> .....        | 52      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Teks                                                                               | Halaman |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1     | Prosedur Analisa .....                                                             | 71      |
| 2     | Analisa Data Kadar Air (%) <i>Edible film</i> .....                                | 78      |
| 3     | Analisa Data Transmisi Uap Air (g/m <sup>2</sup> .jam) <i>Edible film</i> .....    | 79      |
| 4     | Analisa Data <i>Tensile Strength</i> (N/cm <sup>2</sup> ) <i>Edible film</i> ..... | 80      |
| 5     | Analisa Data Persen Elongasi (%) <i>Edible film</i> .....                          | 81      |
| 6     | Analisa Data Kecerahan (L) <i>Edible film</i> .....                                | 82      |
| 7     | Analisa Data Kemerahan (a) <i>Edible film</i> .....                                | 83      |
| 8     | Analisa Data Kekuningan (b) <i>Edible film</i> .....                               | 84      |
| 9     | Analisa Data Ketebalan (mm) <i>Edible film</i> .....                               | 85      |
| 10    | Analisa Data Zona Hambat (mm) <i>Edible film</i> terhadap <i>S.aureus</i> .....    | 86      |
| 11    | Analisa Data Zona Hambat (mm) <i>Edible film</i> terhadap <i>E.coli</i> .....      | 87      |
| 12    | Pemilihan perlakuan terbaik menggunakan metode zeleny .....                        | 89      |
| 13    | Kurva Pertumbuhan Bakteri .....                                                    | 90      |
| 14    | Gambar Pembuatan Agar Cawan .....                                                  | 93      |
| 15    | Gambar Pengambilan Kultur dari Agar Broth .....                                    | 93      |
| 16    | Gambar Transfer Kultur ke Agar Cawan .....                                         | 93      |
| 17    | Gambar Meratakan Kultur pada Agar Cawan .....                                      | 93      |
| 18    | Gambar Penempelan <i>Edible Film</i> pada Permukaan Agar .....                     | 93      |
| 19    | Gambar Kultur <i>S.aureus</i> dan <i>E.coli</i> .....                              | 93      |
| 20    | Gambar zona hambat terhadap <i>E.coli</i> .....                                    | 94      |
| 21    | Gambar zona hambat terhadap <i>S.aureus</i> .....                                  | 94      |
| 22    | Gambar <i>Edible film</i> perlakuan terbaik P3M1 .....                             | 94      |





## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bahan pengemas dari plastik banyak digunakan dengan pertimbangan ekonomis dan memberikan perlindungan yang baik dalam pengawetan. Namun polimer plastik masih mempunyai kelemahan yaitu dapat menyebabkan kontaminasi melalui transmisi monomernya ke bahan yang dikemas, dan tidak mudah dihancurkan secara alami (*non-biodegradable*) baik cuaca hujan dan panas maupun oleh mikroba tanah sehingga tidak ramah bagi lingkungan karena dapat mencemari lingkungan. *Edible film* memberikan alternatif bahan pengemas yang tidak berdampak pada pencemaran lingkungan karena menggunakan bahan yang aman dan dapat diperbaharui (*biodegradable*).

*Edible film* merupakan suatu lapisan tipis, terbuat dari bahan yang bersifat hidrokoloid dari protein maupun karbohidrat serta lemak atau campurannya serta dapat memberikan efek pengawetan karena dapat member perlindungan terhadap oksigen, mengurangi penguapan air, memperbaiki penampilan produk serta dapat digunakan sebagai pembawa senyawa antioksidan atau antibakteri yang dapat melindungi produk terhadap proses oksidasi lemak serta menghambat pertumbuhan mikroba. Pembuatan *edible film* dapat menggunakan bahan-bahan berbasis pati seperti pati jagung, *plastizicer* seperti gliserol dan pembentuk gel yang dapat memberikan sifat fisik yang lebih baik seperti karagenan.

Pati jagung sebagai bahan utama pembentuk film dipilih karena sifat higroskopisnya lebih rendah, pada RH (*Relative Humidity*) 50% sekitar 11%, dibandingkan dengan pati singkong (13%), pati beras (14%) maupun pati kentang (18%). Selain itu, pati jagung mengandung amilosa 27% sedangkan pati kentang 22% dan pati singkong hanya 17%. Amilosa berperan dalam kelenturan dan kekuatan film pada sediaan *edible film*. Menurut Sirikhajornnam dan Danwanichakul (2006) *edible film* yang dihasilkan dari pati jagung akan mempunyai *tensile strength* yang tinggi serta kemampuan menyerap air yang rendah. Budiman (2011) telah melakukan penelitian untuk menghasilkan *edible film* dari pati jagung dengan konsentrasi pati jagung 1,5%, 2%, dan 2,5%. Konsentrasi pati jagung dapat mempengaruhi sifat fisik serta penyerapan senyawa antibakteri pada *edible film*. Kadar pati yang terlalu rendah

mengakibatkan *edible film* terlalu tipis, rapuh serta kecilnya sifat antibakteri karena cairan atau senyawa antibakteri tidak terperangkap dengan baik pada *edible film*. Kadar pati yang terlalu tinggi mengakibatkan film menjadi terlalu tebal dan kaku serta warna *edible* menjadi terlalu keruh.

Antibakteri merupakan senyawa yang mampu menghambat aktivitas dari bakteri patogen. Bakteri patogen sangat berbahaya bila dikonsumsi dan masuk ke dalam tubuh karena dapat menginfeksi dan menimbulkan penyakit serta dapat merusak kualitas dari produk pangan. Antibakteri dapat digunakan sebagai senyawa bioaktif pada *edible film* sehingga dapat mengawetkan makanan dan mengurangi resiko keracunan pangan karena dapat menghambat bakteri patogen.

Senyawa fenol merupakan salah satu dari senyawa yang dapat berfungsi sebagai antibakteri. Senyawa fenol juga terdapat pada filtrat kunyit putih. Nilai total fenol pada penelitian Yani *et al.* (2013) berkisar antara 466,91 – 1573,6 µg/g dan pada penelitian Pujimulyani *et al.* (2012) adalah 711,6 µg/g. Hasil penelitian Hudha (2011) menunjukkan bahwa kunyit putih mempunyai aktivitas antibakteri dengan bakteri indikator *Escherichia coli* 2,33 mm dan aktivitas antibakteri dengan bakteri indikator *Staphylococcus aureus* 9,00 mm. Konsentrasi filtrat kunyit putih yang terlalu rendah pada *edible film* mengakibatkan kecilnya sifat antibakteri dari *edible film* yang dihasilkan, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi mengakibatkan ketebalan *edible film* meningkat sehingga *edible film* menjadi lebih kaku.

Penelitian tentang karakterisasi *edible film* dari pati jagung sebagai polisakarida utama dan penambahan filtrat kunyit putih sebagai senyawa antibakterinya diharapkan dapat memperluas penggunaan bahan pengemas yang ramah lingkungan dan meningkatkan mutu produk pangan. Kombinasi antara konsentrasi pati jagung dan filtrat kunyit putih akan mampu menghasilkan *edible film* berantibakteri dengan karakteristik sifat – sifat yang terbaik dan mampu memberikan perannya sebagai pengemas alternatif produk – produk pangan.

## 1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih terhadap beberapa sifat fisik, kimia dan antibakteri *edible film*?



2. Bagaimana mendapatkan perpaduan proporsi pati jagung dan filtrat kunyit putih yang tepat untuk menghasilkan *edible film* yang mempunyai sifat fisik, kimia dan antibakteri yang paling baik?

### 1.3 Tujuan Penelitian

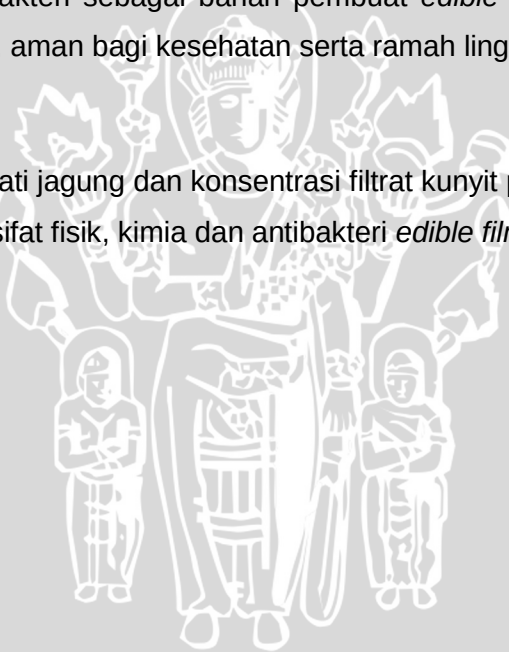
1. Mengetahui pengaruh konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih terhadap beberapa sifat fisik, kimia dan antibakteri *edible film*.
2. Memperoleh perpaduan proporsi pati jagung dan filtrat kunyit putih yang tepat untuk menghasilkan *edible film* yang mempunyai sifat fisik, kimia dan antibakteri yang paling baik.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi tentang manfaat penambahan filtrat kunyit putih sebagai senyawa antibakteri sebagai bahan pembuat *edible film* untuk bahan pengemas yang efektif, aman bagi kesehatan serta ramah lingkungan.

### 1.5 Hipotesis

Diduga proporsi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih tertentu akan berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia dan antibakteri *edible film*.





## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Edible Film

Bahan makanan pada umumnya sangat sensitif dan mudah mengalami penurunan kualitas karena faktor lingkungan, kimia, biokimia, dan mikrobiologi. Penurunan kualitas tersebut dapat dipercepat dengan adanya oksigen, air, cahaya, dan temperatur. Salah satu cara untuk mencegah atau memperlambat fenomena tersebut adalah dengan pengemasan yang tepat (Komolprasert, 2006 dalam Hui, 2006).

Pengemasan makanan yaitu suatu proses pembungkusan makanan dengan bahan pengemas yang sesuai. Pengemasan dapat dibuat dari satu atau lebih bahan yang memiliki kegunaan dan karakteristik yang sesuai untuk mempertahankan dan melindungi makanan hingga ke tangan konsumen, sehingga kualitas dan keamanannya dapat dipertahankan (Komolprasert, 2006 dalam Hui, 2006). Menurut Robertson (1993), bahan pengemas yang dapat digunakan antara lain plastik, kertas, logam, dan kaca.

Bahan pengemas dari plastik banyak digunakan dengan pertimbangan ekonomis dan memberikan perlindungan yang baik dalam pengawetan. Sekitar 60% dari poliethilen dan 27% dari polyester diproduksi untuk membuat bahan pengemas yang digunakan dalam produk makanan. Akan tetapi penggunaan material sintetis tersebut berdampak pada pencemaran lingkungan (Alvin dan Gil, 1994 dalam Henrique *et al.*, 2007). Oleh karena itu pada saat ini dibutuhkan penelitian mengenai bahan pengemas yang dapat diuraikan (*biodegradable*) (Henrique *et al.*, 2007). Adanya persyaratan bahwa kemasan yang digunakan harus ramah lingkungan maka penggunaan kemasan *edible* (*edible packing*) adalah suatu yang sangat menjanjikan.

Salah satu jenis kemasan yang bersifat ramah lingkungan adalah kemasan *edible* (*edible packaging*). Keuntungan dari *edible packaging* adalah dapat melindungi produk pangan, penampakan asli produk dapat dipertahankan dan dapat langsung dimakan serta aman bagi lingkungan (Kinzel, 1992). *Edible packaging* dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu yang berfungsi sebagai pelapis (*edible coating*) dan yang berbentuk lambaran (*edible film*).

*Edible film* adalah lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk di atas makanan yang berfungsi sebagai penghambat transfer massa (misalnya kelembaban, oksigen, lemak dan zat pelarut) atau sebagai

*carrier* bahan makanan atau aditif dan untuk meningkatkan penanganan makanan (Krochta, 1992).

*Edible film* harus mempunyai sifat-sifat yang sama dengan film kemasan seperti plastik, yaitu harus memiliki sifat menahan air sehingga dapat mencegah kehilangan kelembaban produk, memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu, mengendalikan perpindahan padatan terlarut untuk mempertahankan warna, pigmen alami dan gizi, serta menjadi pembawa bahan aditif seperti pewarna, pengawet dan penambah aroma yang memperbaiki mutu bahan pangan. Keuntungan penggunaan *edible film* untuk kemasan bahan makanan adalah untuk memperpanjang umur simpan produk serta tidak mencemari lingkungan karena *edible film* ini dapat dimakan bersama produk yang dikemasnya.

Selain *edible film* istilah lain untuk kemasan yang berasal dari bahan hasil pertanian adalah biopolimer, yaitu polimer dari hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan baku film kemasan tanpa dicampur dengan polimer sintesis (plastik). Bahan polimer diperoleh secara murni dari hasil pertanian dalam bentuk tepung, pati atau isolat. Komponen polimer hasil pertanian adalah polisakarida (karbohidrat), polipeptida (protein) dan lipida. Ketiganya mempunyai sifat termoplastik, sehingga mempunyai potensi untuk dibentuk atau dicetak sebagai film kemasan. Keunggulan polimer hasil pertanian adalah bahannya yang berasal dari sumber yang terbaru (*renewable*) yang dapat dihancurkan secara alami (*biodegradable*).

Komponen penyusun *edible film* dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu : *hidrokoloid*, *lipida*, dan *komposit*. *Hidrokoloid* yang cocok antara lain senyawa polisakarida yaitu selulosa, modifikasi selulosa, pati, agar, alginat, pektin. Lipida yang biasa digunakan yaitu kolagen, gelatin, asil gliserol, dan asam lemak. Sedangkan komposit merupakan campuran, terdiri dari lipid dan hidrokoloid serta mampu menutupi kelemahan masing – masing (Dohowe dan fennema, 1994).

#### 1. Hidrokoloid

*Hidrokoloid* yang digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah protein atau karbohidrat. *Film* yang dibentuk dari karbohidrat dapat berupa *pati*, *gum* (*alginat*, *pektin*, dan *gum arab*), dan pati yang dimodifikasi secara kimia. Pembentukan *film* berbahan dasar protein antara lain dapat menggunakan kasein, protein kedelai, gluten gandum, dan protein jagung. *Film* yang terbuat dari *hidrokoloid* sangat baik sebagai penghambat perpindahan oksigen,



karbondioksida, dan lemak, serta memiliki karakteristik mekanik yang sangat baik, sehingga sangat baik digunakan untuk memperbaiki struktur *film* agar tidak mudah hancur (Dohowe dan Fennema, 1994 dalam Krochta et. al., 1994).

Polisakarida sebagai bahan dasar *edible film* dapat dimanfaatkan untuk mengatur udara sekitarnya dan memberikan ketebalan atau kekentalan pada larutan *edible film*. Pemanfaatan dari *edible film* ini penting karena tersedia dalam jumlah yang banyak, harganya murah, dan bersifat nontoksik (Nisperos-Carriedo, 1994 dalam Krochta et. al., 1994).

## 2. Lipida

*Film* yang berasal dari lipida sering digunakan sebagai penghambat uap air, atau bahan pelapis untuk meningkatkan kilap pada produk-produk permen. *Film* yang terbuat dari lemak murni sangat terbatas dikarenakan menghasilkan kekuatan struktur *film* yang kurang baik (Dohowe dan Fennema, 1994). Lipida yang sering digunakan sebagai *edible film* antara lain lilin (wax), asam lemak, monogliserida, dan resin (Lee dan Wan, 2006 dalam Hui, 2006). Alasan mengapa lipida ditambahkan dalam *edible film* adalah untuk memberi sifat *hidrofobik* (Hernandez, 1994 dalam Krochta et al., 1994).

## 3. Komposit

Komposit *film* terdiri dari komponen lipida dan *hidrokoloid*. Aplikasi dari komposit *film* dapat dalam lapisan satu-satu (*bilayer*), di mana satu lapisan merupakan *hidrokoloid* dan satu lapisan lain merupakan lipida, atau dapat berupa gabungan lipida dan *hidrokoloid* dalam satu kesatuan *film*. Gabungan dari *hidrokolid* dan lemak digunakan dengan mengambil keuntungan dari komponen lipida dan *hidrokoloid*. Lipida dapat meningkatkan ketahanan terhadap penguapan air dan *hidrokoloid* dapat memberikan daya tahan. *Film* gabungan antara lipida dan *hidrokoloid* ini dapat digunakan untuk melapisi buah-buahan dan sayuran (Dohowe dan Fennema, 1994 dalam Krochta et al., 1994)

Berdasarkan standar, *edible film* harus memiliki sifat seperti kuat tarik (*tensile strength*), *elongasi*, serta transmisi uap air. Standar nilai kuat tarik (*tensile strength*), *elongasi*, serta transmisi uap air *edible film* komersil dapat dilihat pada Tabel 2.1.



**Tabel 2.1** Standar *edible film* komersil

| Grade | Tensile Strength<br>(N/cm <sup>2</sup> ) | Elongasi<br>(%) | Transmisi Uap Air<br>(g/cm <sup>2</sup> .jam) |
|-------|------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|
| 1     | 20 min                                   | 1000 min        | 0,1 maks                                      |
| 2     | 15 min                                   | 700 min         | 0,15 maks                                     |
| 3     | 10 min                                   | 500 min         | 0,2 maks                                      |
| 4     | 7,0 min                                  | 300 min         | 0,3 maks                                      |
| 5     | 5,0 min                                  | 100 min         | 0,5 maks                                      |
| 6     | 4,0 min                                  | 70 min          | 0,7 maks                                      |
| 7     | 3,0 min                                  | 50 min          | 1,0 maks                                      |
| 8     | 2,0 min                                  | 30 min          | 1,5 maks                                      |
| 9     | 1,5 min                                  | 20 min          | 2,0 maks                                      |
| 10    | 1,0 min                                  | 10 min          | 2,5 maks                                      |
| 11    | 0,7 min                                  | 5 min           | 3,0 maks                                      |
| 12    | 0,5 min                                  | -               | 4,0 maks                                      |
| 13    | 0,3 min                                  | -               | 5,0 maks                                      |
| 14    | 0,2 min                                  | -               | 10,0 maks                                     |
| 15    | 0,1 min                                  | -               | 20,0 maks                                     |

Sumber : Japanese Industrial Standard (1975) *dalam* Harris (1999)

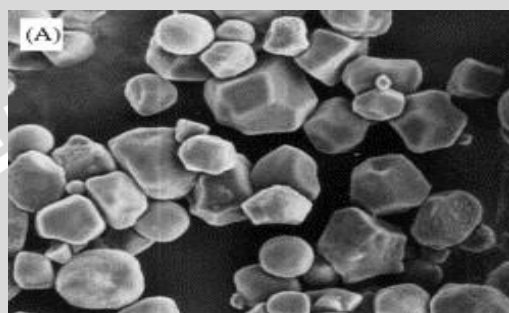
## 2.2 Pati Jagung

Pati jagung dalam perdagangan biasa disebut tepung maizena. Pati jagung dapat dibuat menjadi berbagai macam produk olahan pangan. Pati jagung tersusun atas 25% amilosa dan 75% amilopektin. Proses pembuatan pati jagung secara garis besar melalui tahapan perendaman biji jagung, penggilingan, pemisahan lembaga dari endosperm, pemisahan serat kasar dari pati dan gluten, kemudian pemisahan antara pati dari glutennya, kemudian pengeringan pati. Kadar pati dalam tepung maizena adalah sebesar 54,1%-71,7%. Kadar air maksimal 12%, serat kasar maksimal 1,5%, derajat asam maksimal 4,0 ml (Singh *et al.*, 2008).

Menurut Makfoeld (1982), pati jagung yang di ekstrak menjadi pati melalui proses basah atau kering yang karbohidratnya sampai pada proses penepungan seperti tampak pada uraian di bawah ini :

1. Pemecahan sel atau pemisahan granula pati yang tidak larut, yang termasuk dalam perlakuan ini adalah pencucian, pengupasan, penggilingan, pamarutan dan penyaringan.
2. Pengambilan pati jagung dengan penambahan air merupakan proses pengendapan dan pencucian.
3. Pengeringan, dilakukan untuk menghilangkan air.
4. Penepungan

Pati jagung atau maizena merupakan bahan pokok pada produksi makanan yang memberikan pengaruh pada susunan atau tekstur dan konsentrasi, maupun energi dari produk makanan. Lebih dari setengah penjualan pati jagung dipergunakan dalam permintaan industri, terutama dalam industri kertas, tekstil, tenun, bahan perekat dan pembuatan kain. Saat dipanaskan dengan air pada suhu 62-72°C granula-granula pati normal bertambah besar, membentuk viskositas tinggi pada gel/pasta (Hui,1992 dalam Achmadi, 2011). Molekul pati jagung dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** Molekul pati jagung (Singh et al.,2004)

Munarso dan Mujisihono (1993) menyebutkan bahwa granula pati jagung umumnya berukuran 4-5 $\mu$  dan kandungannya sekitar 71,5% dari berat biji yang sebagian besar terdapat pada endosperm biji. Sifat dari granula pati akan mempengaruhi kualitas dan produk olahan jagung. Karakteristik pati jagung dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.2** Karakteristik pati jagung

| Parameter                        | Keterangan |
|----------------------------------|------------|
| ukuran granula ( $\mu$ )         | 10-30      |
| entuk granula                    | Bundar     |
| asio amilosa: amilopektin        | 28:72      |
| uhu gelatinisasi ( $^{\circ}$ C) | 62-80      |
| iskositas pasta                  | sedang     |

Sumber : Munarso dan Mujisihono (1993)

### 2.2.1 Pati Jagung Sebagai *Edible Film*

Menurut Sirikhajornnam dan Danwanichakul (2006) pati jagung dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan *edible film* dengan menggunakan gliserol sebagai *plasticizer*. *Edible film* yang dihasilkan dari pati jagung akan mempunyai *tensile strength* dan kemampuan menyerap air yang



rendah seiring dengan bertambahnya konsentrasi gliserol tetapi sifat fleksibilitas dan permeabilitas uap air akan meningkat.

Film yang lentur dan kuat dapat dibuat dari pati yang mengandung amilosa. Struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hydrogen dengan molekul tetangganya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat menangkap air untuk menghasilkan gel yang kuat. Amilopektin dalam granula pati tidak memiliki kemampuan membentuk jaringan oleh karena itu pemilihan pati yang digunakan ditentukan oleh kadar amilosa (Whistler dan Pascal, 1976 *dalam* Achmadi, 2011). Polisakarida yang larut air untuk memberikan efek pembentuk viskositas (Glicksman, 1982 *dalam* Achmadi, 2011).

Menurut Negeros *et al.*, *dalam* Krocha *et al.*, (1994) polisakarida larut air termasuk bahan pelapis baru yang digunakan untuk memperpanjang daya simpan buah-buahan dan sayuran karena permeabilitasnya selektif terhadap oksigen dan karbondioksida. Pelapisan dengan polisakarida dapat mengurangi kecepatan respirasi buah dan sayur pada *modified atmosphere*, keuntungan dari polisakarida larut air antara lain karena penampilannya tidak berminyak dan kandungan kalornya rendah.

Larutan pati jagung mengandung banyak granula yang membentuk atau pecah, fragmen-fragmen granula, molekul, dan agregat molekul dalam air. Jika air diuapkan, kumpulan tersebut masing-masing akan membentuk jaringan dan jika berada dipermukaan akan menghasilkan lapisan tipis. Kemampuan pati membentuk film digunakan oleh industri makanan dan minuman untuk menutupi makanan sebagai lapisan pelindung, pengikatan dan menghasilkan matriks untuk membawa substrat makanan (Furia, 1994 *dalam* Budiman, 2011).

Menurut Krochta *et al.*, (1994) *edible film* dari pati umumnya memiliki sifat yang tidak berbau dan tidak berasa, tidak berwarna, tidak bersifat toksik dan dapat diabsorpsi secara biologis akan tetapi *edible film* yang terbuat dari polimer pati akan memiliki tekstur yang getas (mudah pecah). Untuk mengatasinya ditambahkan bahan humektan yang dapat memantapkan sistem disperse yang homogen pada pati. Penggunaan humektan dapat meningkatkan kelenturan dan kemampuan memanjang (Mc Hugh dan Krochta, 1994). Dengan demikian terjadinya keretakan dan kemungkinan getasnya film dapat dihindari. Penambahan humektan yang berfungsi sebagai pengikat air akan meningkatkan kekompakan ikatan jaringan matriks film, sehingga film yang terbentuk memiliki



daya tembus gas, uap air, dan oksigen menjadi rendah (Arvanitayannis *et al.*, 1997).

### 2.3 Kunyit Putih

Kunyit putih termasuk jenis kunyit yang bentuknya seperti kunyit biasa. Perbedaannya, pada kunyit putih warna kuning pada umbinya lebih muda dibandingkan kunyit biasa. Dalam keadaan segar baunya harum seperti bau mangga kweni, bila sudah menjadi serbuk warnanya krem atau kuning muda (Anonymous, 2000). Rimpang kunyit putih dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Tanaman kunyit putih termasuk tanaman tahunan yang bersosok semak. Tingginya sekitar 50-75 cm. Daunnya berbentuk bulat agak lonjong dengan panjang daun sekitar 30-45 cm dan lebarnya 7,5-13 cm. Bunga kunyit putih muncul dari bagian ujung batangnya. Rimpangnya terasa manis diselingi sedikit rasa pahit (Yorikho, 2010).

Kunyit putih memiliki nama botani *Curcuma mangga* yang diklasifikasikan sebagai berikut (Thomas, 1995):

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| Sub divisi | : Angiospermae          |
| Kelas      | : Monocotyledoneae      |
| Ordo       | : Zingiberales          |
| Famili     | : Zingiberaceae         |
| Genus      | : <i>Curcuma</i>        |
| Spesies    | : <i>Curcuma mangga</i> |



**Gambar 2.2** Rimpang Kunyit Putih (Anonymous, 2010)

#### 2.3.1 Khasiat dan Manfaat Kunyit Putih

Tanaman kunyit putih (*Curcuma mangga* Val) merupakan salah satu dari sekian banyak tanaman obat tradisional di Indonesia. Rimpang kunyit putih dapat digunakan sebagai obat penambah nafsu makan, menguatkan syahwat,

penangkal racun, penurun panas tubuh karena demam, pencahar, mengobati gatal-gatal, bronkhitis, asma, hingga radang yang disebabkan oleh luka. Di India, rimpang kunyit putih digunakan untuk obat masuk angin atau kembung, penguat lambung, pembangkit nafsu makan, memperbaiki pencernaan, dan penurun panas tubuh yang disebabkan oleh demam. Selain itu, rimpang kunyit putih juga digunakan untuk mengobati penyakit kulit, berupa bintik-bintik merah yang sangat gatal, dengan cara dibalurkan pada bagian kulit yang gatal tersebut (Muhlisah, 1999 *dalam* Hudha, 2011).

Kunyit putih telah terbukti memiliki efek farmakologis yaitu memiliki sifat sebagai hemostatis (menghentikan pendarahan), menambah nafsu makan, antitoksik, dan mempercepat penyembuhan luka serta bermanfaat untuk menyembuhkan luka akibat kanker dan tumor. Kurkumin yang terkandung dalam rimpang kunyit putih bermanfaat sebagai antibakteri, antitumor dan anti-inflamasi (anti-radang). Sementara itu, saponin berkhasiat sebagai antineoplastik (antikanker) dan polifenol berfungsi sebagai antioksidan (Mangan, 2003)

### 2.3.2 Kandungan Senyawa Kimia Kunyit Putih

Kunyit putih mengandung senyawa kimia seperti tanin, kurkumin, gula, minyak atsiri, damar, flavonoid, dan protein toksis yang dapat menghambat perkembangbiakan sel kanker (Hariana, 2006). Kandungan kimia yang sudah diketahui dalam kunir putih antara lain saponin, polifenol, curcumin, 2-norbomane, 3-methylene, caryophylen oxide, cyclopentane acetaldehyde, caryophylen, dan cinnamyltigate.

Dengan kromatografi gas yang dilakukan Liang *et al.* (1985) komponen minyak atsiri kunyit putih adalah  $\alpha$ -pinene, camphene,  $\beta$ -pinene, sabine,  $\sigma^3$ -carene, myrcene,  $\alpha$ -phellandrene,  $\alpha$ -terpinene, limonene, 1,8-cineole,  $\gamma$ -terpinene, p-cymene, terpinolene,  $\delta$ -elemene, camphor,  $\alpha$ -bergamotene,  $\beta$ -elemene, caryophyllene, trans- $\beta$ -tarnesene, -numelene, zingiberene,  $\beta$ -bisabolene,  $\beta$ -curcume,  $\delta$ -cadinene,  $\beta$ -sesqui-phellandrene, ar-curcumene, turmerone, turmerol, ar-turmerone, dan aflantone. Menurut Knobloch *et. al.* (1989), komponen yang mempunyai aktivitas antibakteri adalah  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene limonene, 1,8-cineole, -terpinene dan p-cymene.

Analisis komposisi menunjukkan bahwa turmeron dan ar-turmeron merupakan komponen yang dominan di dalam minyak atsiri kunyit. Minyak atsiri



hasil penyulingan ekstrak oleoresin menunjukkan perbandingan antara turmeron dan ar-turmeron yang tidak tetap antara 5:4 dan 2:6 (Purseglove, 1981).

Menurut Knobloch *et al.* (1989), minyak atsiri dan komponen terpenoid yang terkandung didalamnya dapat merusak membrane biologis sel atau asosiasi protein enzim sehingga mikrobia akan lisis atau terhambat pertumbuhannya.

Rimpang kunyit mengandung kurkuminoid sekitar 10%, kurkumin 1-5%, dan sisanya terdiri atas demektosikurkumin serta bisdemetoksi-kurkumin. Komponen yang terpenting dari umbi kunyit adalah zat warna kurkumin dan minyak atsirinya. Kurkumin merupakan zat warna yang secara biogenetis berasal dari fenil alanin, asam malonat, dan asam sitrat. (Stahl, 1985).

Zat warna kurkumin merupakan kristal berwarna kuning orange, tidak larut dalam ether, larut dalam minyak, dalam alkali berwarna merah kecoklatan, sedangkan dalam asam berwarna kuning muda (Nugroho, 1998). Menurut Mohammad *et al.* (2007) kurkumin memberikan perubahan warna yang jelas dan cepat yaitu kurang lebih 5 detik sehingga dimungkinkan digunakan sebagai indikator. Kurkumin memberikan warna yang berbeda pada setiap harga pH seperti tersaji pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Warna kurkumin pada berbagai pH

| pH Larutan | Warna                   |
|------------|-------------------------|
| 4,5        | Kuning muda pucat       |
| 6,7        | Kuning                  |
| 7,2        | Kuning merah            |
| 7,5        | Kuning merah kecoklatan |
| 8,0        | Kuning kecoklatan       |
| 8,3        | Kuning kecoklatan       |
| 8,5        | Kuning kecoklatan       |
| 9,7        | Coklat kemerahan        |
| 9,9        | coklat                  |

Sumber : Kusumopradono (1990) *dalam* Harjanti (2008)

Kurkuminoid disamping berfungsi sebagai pigmen juga dapat berfungsi sebagai senyawa antimikroba. Kurkuminoid merupakan senyawa fenolik, oleh sebab itu diduga mempunyai mekanisme yang sama dengan senyawa fenolik yang lain sebagai zat antimikroba (Lukman *dalam* Winarti *et al.*, 1996). Senyawa ini akan mengubah permeabilitas membrane sitoplasma yang menyebabkan kebocoran nutrient dari dalam sel sehingga sel bakteri akan mati atau terhambat



pertumbuhannya (Pelezar dan Reid *dalam* Winarti *et al.*, 1996). Menurut Prindle dan Wreight *dalam* Winarti (1996), mekanisme fenol sebagai antibakteri adalah karena fenol merupakan racun dalam protoplasma sel, yang dapat menembus dan merusak dinding sel serta mengendapkan protein bakteri.

Sedangkan Singh dan Harris *dalam* Winarti *et al.* (1996) menduga bahwa kurkumin mempunyai sifat antibakteri yang kuat karena strukturnya mirip dengan NDGA (Nondihidriguaiaretik). NDGA merupakan zat antioksidan alami yang pada konsentrasi 1000ppm berpengaruh letal terhadap *Escherichia coli* dan pada konsentrasi 50ppm sudah sangat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

## 2.4 Gliserol

*Plasticizer* adalah bahan organik yang ditambahkan dengan maksud untuk memperlemah kekakuan dari polimer sekaligus meningkatkan fleksibilitas polimer. Pembuatan *edible film* diperlukan bahan tambahan yaitu *plasticizer*. Penambahan tersebut biasanya dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik, organoleptik, nutrisi, dan sifat-sifat mekanik dari kemasan *edible* (Ward and Hadlye, 1993).

Pada umumnya *plasticizer* yang digunakan dalam *edible film* adalah monosakarida, disakarida atau oligosakarida (misalnya glukosa, sirup fruktosa-glukosa, sukrosa, dan madu), *polyols* (gliserol, sorbitol, *glyceryl derivatives* dan polietilen glikol), dan lipid serta turunannya (fosfolipid, asam lemak, dan surfaktan). Umumnya penambahan *plasticizer* sekitar 10-60% dari berat kering tergantung dari kekakuan polimer (Han, 2005).

Salah satu *plasticizer* yang dapat meningkatkan kualitas *edible film* atau *coating* dari ekstrak rumput laut adalah gliserol, yang bersifat mudah larut dalam air, mengikat air, dan kelarutannya lebih baik daripada sorbitol. Selain itu gliserol mempunyai titik didih tinggi, non volatil, dan dapat bercampur dengan protein. Gliserol merupakan tiga molekul karbon yang mengandung tiga gugus hidroksil. Dengan tingkat kemanisan 0,6 kali dari gula (sukrosa), biasa digunakan sebagai pemanis pada beberapa produk sirup. Gliserol ini juga aman sebagai *plasticizer* untuk *film* yang kontak langsung dengan bahan makanan dan sering kali digunakan sebagai pemanis dalam produk pangan (Krochta *et al.*, 1994).

Gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) atau yang juga dikenal dengan nama gliserin, propana-1,2,3-triol atau alkohol glikol merupakan bahan yang tidak berwarna,

higroskopis, dan berupa cairan kental berasa manis. Gliserol merupakan gula alkohol dan mempunyai tiga gugus alkoholik hidroksi (-OH) dan hal ini yang berpengaruh pada kelarutannya dan air. Biasa digunakan dalam pembuatan sabun, kosmetik, es krim, dan industri kimia. Pada industri pengemasan digunakan sebagai *plastizicer* untuk menambah fleksibilitas dan kekuatan pengemas (Anonymous, 2006). Sifat fisik dan kimia gliserol dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Sifat fisik dan kimia gliserol

| Sifat                                     | Nilai            |
|-------------------------------------------|------------------|
| Berat Molekul ( g/mol )                   | 92               |
| Titik Cair ( °C )                         | 18,2             |
| Titik Didih ( °C )                        | 290              |
| Densitas ( 25 °C ) ( cm <sup>3</sup> /g ) | 1,2613           |
| Viskositas ( 25 °C ) ( cps )              | 954              |
| Higroskopisitas                           | Menengah- tinggi |
| Kelarutan dalam air ( 25 °C )             | Terbatas         |
| Ketahanan terhadap suhu tinggi            | Stabil           |
| Viskositas pada 70% ( 25 °C ) ( cps )     | 17               |

Sumber : Griffin and Lynch ( 1968 )

Gliserol bersifat netral, berasa manis, tidak berwarna , pada suhu pembekuan akan berupa cairan sangat kental yang menunjukkan bahwa gliserol mempunyai titik didih yang tinggi. Gliserol dapat dilarutkan dalam air atau alkohol, tetapi tidak larut minyak. Sementara itu, banyak senyawa lain yang lebih mudah larut dalam gliserol dari pada dalam air atau alkohol. Jadi termasuk bahan pelarut yang baik (Westerman, 1997).

## 2.5 Karagenan

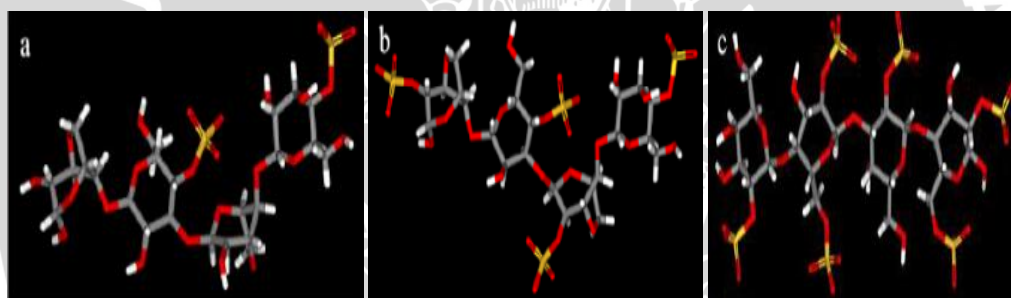
Karagenan merupakan polisakarida yang diekstraksi dari rumput laut merah dari jenis *Chondrus*, *Euchema*, *Gigartina*, *Hypnea*, *Iradaea* dan *Phyllophora*. Karagenan dibedakan dengan agar berdasarkan kandungan sulfatnya (Hall, 2009). Jumlah dan posisi sulfat membedakan macam-macam polisakarida Rhodophyceae, polisakarida tersebut harus mengandung 20% sulfat berdasarkan berat kering untuk diklasifikasikan sebagai karagenan (FAO 2007).

Karagenan bukan biopolimer tunggal, tetapi campuran dari galaktan-galaktan linear yang mengandung sulfat dan larut dalam air. Galaktan-galaktan tersebut terhubung oleh 3-β-D-galaktopiranosa (G-units) dan 4-α-D-galktopiranosa (D-units) atau 4-3,6-anhidrogalaktosa (DA-units), membentuk unit



pengulangan disakarida dari karagenan. Galaktan yang mengandung sulfat diklasifikasikan berdasarkan adanya 3,6-anhidrogalaktosa serta posisi dan jumlah golongan sulfat pada strukturnya (Imeson, 2010). Kappa karagenan tersusun dari  $\alpha(1,3)$ -D-galaktosa-4-sulfat dan  $\beta(1,4)$ -3,6-anhidro-D-galaktosa. Karagenan juga mengandung D-galaktosa-2-sulfat ester (Hall, 2009).

Karagenan komersil memiliki kandungan sulfat 22-38% (w/w). Karagenan dijual dalam bentuk bubuk, warnanya bervariasi dari putih sampai kecoklatan bergantung dari bahan mentah dan proses yang digunakan. Karagenan yang umumnya ada di pasaran terdiri atas 2 tipe, yaitu *refined* karagenan dan *semirefined* karagenan. *Semirefined* karagenan dibuat dari spesies rumput laut *Euchema* yang banyak terdapat di Indonesia dan Filipina. *Semirefined* karagenan mengandung lebih banyak bahan yang tidak larut asam (8-15%) dibandingkan *refined* karagenan (2%) (Fahmitasari, 2004). Struktur molekul karagenan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur molekul karagenan (a) kappa karagenan, (b) iota karagenan dan (c) lambda karagenan (Hall, 2009).

### 2.5.1 Sifat Dasar Karagenan

Sifat dasar karagenan terdiri dari tiga tipe karagenan yaitu kappa, iota dan lambda karagenan. Tipe karagenan yang paling banyak dalam aplikasi pangan adalah kappa karagenan. Sifat-sifat karagenan meliputi kelarutan, viskositas, pembentukan gel dan stabilitas pH.

#### 1. Kelarutan

Kelarutan karagenan dalam air dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tipe karagenan, temperatur, pH, kehadiran jenis ion tandingan dan zat-zat terlarut lainnya. Gugus hidroksil dan sulfat pada karagenan bersifat hidrofilik sedangkan gugus 3,6-anhidro-D-galaktosa lebih hidrofobik. Lambda karagenan mudah larut pada semua kondisi karena tidak memiliki unit 3,6-anhidro-D-galaktosa dan mengandung gugus sulfat yang tinggi. Karagenan jenis

iota bersifat lebih hidrofilik karena adanya gugus 2-sulfat yang dapat menetralkan 3,6-anhidro-D-galaktosa yang bersifat kurang hidrofilik. Karagenan jenis kappa kurang hidrofilik karena lebih banyak memiliki gugus 3,6-anhidro-D-galaktosa (Imeson, 2010).

Karakteristik daya larut karagenan juga dipengaruhi oleh bentuk garam dari gugus ester sulfatnya. Jenis sodium umumnya lebih mudah larut, sementara jenis potasium lebih sukar larut. Karagenan memiliki kemampuan membentuk gel pada saat larutan panas menjadi dingin. Proses pembentukan gel bersifat *thermoreversible*, artinya gel dapat mencair pada saat pemanasan dan membentuk gel kembali pada saat pendinginan (Gliksman, 1983 dalam Imeson, 2000).

## 2. Stabilitas pH

Karagenan dalam larutan memiliki stabilitas maksimum pada pH 9 dan akan terhidrolisis pada pH dibawah 3,5. Kondisi proses produksi karagenan dapat dipertahankan pada pH 6 atau lebih. Hidrolisis asam akan terjadi jika karagenan berada dalam bentuk larutan, hidrolisis akan meningkat sesuai dengan peningkatan suhu. Larutan karagenan akan menurun viskositasnya jika pHnya diturunkan dibawah 4,3. Kappa dan iota karagenan dapat digunakan sebagai pembentuk gel pada pH rendah, tetapi tidak mudah terhidrolisis sehingga tidak dapat digunakan dalam pengolahan pangan. Penurunan pH menyebabkan terjadinya hidrolisis dari ikatan glikosidik yang mengakibatkan kehilangan viskositas. Hidrolisis dipengaruhi oleh pH, temperature dan waktu (Imeson, 2000).

## 3. Pembentukan gel

Menurut Fardiaz (1989), pembentukan gel adalah suatu fenomena penggabungan atau pengikatan silang rantai-rantai polimer sehingga terbentuk suatu jala tiga dimensi bersambungan. Selanjutnya jala ini menangkap atau mengimobilisasikan air didalamnya dan membentuk struktur yang kuat dan kaku. Sifat pembentukan gel ini beragam dari satu jenis hidrokoloid ke jenis lain, tergantung pada jenisnya. Gel mempunyai sifat seperti padatan, khususnya sifat elastis dan kekakuan.

Kappa-karagenan dan iota-karagenan merupakan fraksi yang mampu membentuk gel dalam air. Karagenan memiliki kemampuan membentuk gel pada saat larutan panas menjadi dingin. Proses pembentukan gel bersifat *thermoreversible*, artinya gel dapat mencair pada saat pemanasan dan



membentuk gel kembali pada saat pendinginan (Gliksman, 1983 *dalam* Imeson, 2000).

Proses pemanasan dengan suhu yang lebih tinggi dari suhu pembentukan gel akan mengakibatkan polimer karagenan dalam larutan menjadi random coil (acak). Bila suhu diturunkan, maka polimer akan membentuk struktur double helix (pilinan ganda) dan apabila penurunan suhu terus dilanjutkan polimer-polimer ini akan terikat silang secara kuat dan dengan makin bertambahnya bentuk heliks akan terbentuk agregat yang bertanggung jawab terhadap terbentuknya gel yang kuat. Jika diteruskan, ada kemungkinan proses pembentukan agregat terus terjadi dan gel akan mengerut sambil melepaskan air. Proses terakhir ini disebut sineresis (Fardiaz, 1989).

Kemampuan pembentukan gel pada kappa dan iota karagenan terjadi pada saat larutan panas yang dibiarkan menjadi dingin karena mengandung gugus 3,6 -anhidrogalaktoksa. Adanya perbedaan jumlah, tipe dan posisi gugus sulfat akan mempengaruhi proses pembentukan gel. Kappa karagenan dan iota karagenan akan membentuk gel hanya dengan adanya kation-kation tertentu seperti  $K^+$ ,  $Rb^+$  dan  $Cs^+$ . Potensi membentuk gel dan viskositas larutan karagenan akan menurun dengan menurunnya pH, karena ion  $H^+$  membantu proses hidrolisis ikatan glikosidik pada molekul karagenan (Angka dan Suhartono, 2000). Konsistensi gel dipengaruhi beberapa faktor antara lain: jenis dan tipe karagenan, konsistensi, adanya ion-ion serta pelarut yang menghambat pembentukan hidrokoloid.

#### 4. Sifat fungsional karagenan

Karagenan berperan sangat penting sebagai stabilisator (pengatur keseimbangan), *thickener* (bahan pengentalan), pembentuk gel, pengemulsi dan lain-lain (Imeson, 2010). Sifat ini banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, obat-obatan, kosmetik, tekstil, cat, pasta gigi dan industri lainnya.

Karagenan dapat berfungsi sebagai pengikat, melindungi koloid, penghambat sineresis dan *flocculating agent*. Karagenan termasuk senyawa hidrokoloid yang banyak digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat tekstur dan kestabilan suatu cairan produk pangan (Distantina *et al.*, 2009).

Suryaningrum *et al.*, (2005) telah melakukan penelitian untuk menghasilkan *edible film* dari kappa karagenan dengan perbandingan antara tepung kappa karagenan dan *plasticizer* (tepung tapioka) adalah 2:1. Cha *et al.* (2002) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan bahan antimikroba

pada *edible film* kappa karaginan untuk menghambat pertumbuhan beberapa bakteri patogen. Konsentrasi tepung kappa karaginan yang digunakan dalam penelitiannya adalah 1% dengan penambahan gliserol dan polietilen glikol sebagai *plasticizer*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa *edible film* kappa karaginan yang ditambah dengan agen antimikroba memiliki nilai tensile strength (kuat tarik) dan persen pemanjangan yang lebih rendah dibandingkan kontrol (tanpa penambahan agen antimikroba).

Larotonda (2007) juga telah melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan tepung karaginan berbagai konsentrasi pada *edible film* dari tepung *Quercus suber*. Penelitiannya memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi tepung karaginan yang ditambahkan, maka nilai *tensile strength* (kuat tarik) dan persen pemanjangan *edible film* tersebut juga semakin tinggi. Peningkatan konsentrasi tepung karaginan juga menyebabkan meningkatnya transparansi film yang dihasilkan.

## 2.6 Antibakteri

Senyawa kimia dalam tanaman dapat bersifat antibakteri yaitu mampu menghambat pertumbuhan bakteri (Pelczar dan Chan 1998). Hal itu diuraikan oleh Pelczar *et al.*, (1998) bahwa beberapa senyawa metabolit sekunder yang meliputi fenol dan senyawa fenolik, alkaloid, dan minyak atsiri (*essential oil*) memiliki sifat antibakteri. Antibakteri digambarkan sebagai produk alami organik dengan berat molekul rendah dibentuk oleh mikroorganisme dan tumbuhan yang aktif melawan mikroorganisme lain pada konsentrasi rendah. Pengembangan aktivitas ini melalui jumlah terbatas dari mekanisme antibakteri yang dapat mempengaruhi sintesis dinding sel, integritas membran sel, sintesis protein, replikasi DNA dan *repair*, transkripsi, dan metabolit intermediate (Wax *et al.*, 2008).

Berdasarkan cara kerjanya, antibakteri dibedakan menjadi *bakterisidal* dan *bakteriostatik*. *Bakteriostatik* adalah zat yang bekerja menghambat pertumbuhan bakteri sedangkan *bakterisidal* adalah zat yang bekerja mematikan bakteri. Beberapa zat antibakteri bersifat *bakteriostatik* pada konsentrasi rendah dan bersifat *bakterisidal* pada konsentrasi tinggi (Chomnawang *et al.*, 2005).

Mekanisme penghambatan mikroorganisme oleh senyawa antibakteri menurut Berdy (2005) dapat disebabkan oleh beberapa cara, antara lain:



1. Mengganggu pembentukan dinding sel

Mekanisme ini disebabkan karena adanya akumulasi komponen lipofilat yang terdapat pada dinding atau membran sel sehingga menyebabkan perubahan komposisi penyusun dinding sel. Terjadinya akumulasi senyawa antibakteri dipengaruhi oleh bentuk tak terdisosiasi. Pada konsentrasi rendah molekul-molekul phenol yang terdapat pada minyak thyme kebanyakan berbentuk tak terdisosiasi, lebih hidrofobik, dapat mengikat daerah hidrofobik membran protein, dan dapat melarut baik pada fase lipid dari membran bakteri.

2. Bereaksi dengan membran sel

Komponen bioaktif dapat mengganggu dan mempengaruhi integritas membrane sitoplasma yang dapat mengakibatkan kebocoran materi intraseluler. Misalnya senyawa fenol dapat mengakibatkan lisis sel dan menyebabkan denaturasi protein, menghambat pembentukan protein sitoplasma dan asam nukleat, dan menghambat ikatan ATP-ase pada membran sel.

3. Menginaktivasi enzim

Mekanisme yang terjadi menunjukkan bahwa kerja enzim akan terganggu dalam mempertahankan kelangsungan aktivitas bakteri sehingga mengakibatkan enzim memerlukan energi dalam jumlah besar untuk mempertahankan kelangsungan aktivitasnya. Akibatnya energi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan menjadi berkurang sehingga aktivitas bakteri menjadi terhambat atau jika kondisi ini berlangsung lama akan mengakibatkan pertumbuhan bakteri terhenti (inaktif). Efek senyawa antibakteri dapat menghambat kerja enzim jika mempunyai spesifitas yang sama antara ikatan kompleks yang menyusun struktur enzim dengan komponen senyawa antibakteri.

Metabolit sekunder akan memblok biosintesis dinding sel dengan menghambat kerja enzim dalam mensintesis komponen berbeda dari dinding sel. Jika metabolit ini dapat mempengaruhi integritas membran sel maka akan mengacaukan strukturnya atau menghambat fungsi dari membran bakteri tersebut. Antibakteri yang mempengaruhi sintesis protein bertindak sebagai perusak unit ribosom, mengikat pada unit 50S dan mencegah translasi dan mengikat unit 30S menyebabkan terjadinya kesalahan translasi, memproduksi racun, dan mempengaruhi protein. Senyawa antibakteri akan mempengaruhi fungsi replikasi DNA dan repair, menghambat enzim girase, dan topoisomerase dan Nmetiltransferase. Akhirnya, beberapa senyawa antibakteri mengganggu

metabolism intermediate dengan menghambat enzim dalam biosintesis dari substansi berbeda.

#### 4. Menginaktivasi fungsi material genetik

Komponen bioaktif dapat mengganggu pembentukan asam nukleat (RNA dan DNA) dan menyebabkan terganggunya transfer informasi genetik yang selanjutnya akan menginaktivasi atau merusak materi genetik sehingga terganggunya proses pembelahan sel untuk pembiakan.

Kemampuan suatu zat antibakteri tersebut dipengaruhi oleh faktor antara lain: (1) konsentrasi zat antibakteri; (2) waktu penyimpanan; (3) suhu lingkungan; (4) sifat-sifat fisik dan kimia makanan termasuk kadar air, pH, jenis, dan jumlah senyawa di dalamnya (Fardiaz, 1989). Mekanisme kerjanya secara umum adalah merusak dinding sel (seperti penisilin; sefalosporin; dan vankomisin), mengganggu permeabilitas sel (seperti penisilin, sefalosporin, vankomisin), dan menghambat sintesis protein dan asam nukleat (seperti kloramfenikol; rifampisin; dan asam) (Fardiaz *et al.*, 1987). Pengujian aktivitas antibakteri dapat dilakukan dengan menggunakan bakteri uji *S. aureus* (Gram positif) dan *E. coli* (Gram negatif). Perbandingan sifat kedua jenis bakteri tersebut disajikan pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Perbedaan bakteri Gram positif dan negatif

| Ciri-ciri                        | Perbedaan                                                                                                           |                                                                                                         |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | Gram positif                                                                                                        | Gram negatif                                                                                            |
| Struktur dinding sel             | Tebal (5-80 nm) dan berlapis tunggal (mono)                                                                         | Tipis (10-15 nm) dan berlapis tiga (multi)                                                              |
| Komposisi dinding sel            | Kandungan lipid rendah (1-4%), peptidoglikan berlapis tunggal, dan komponen utama lebih besar dari 50% berat kering | Kandungan lipid tinggi (11-21%), peptidoglikan di dalam lapisan kaku, jumlah sedikit (10% berat kering) |
| Kerentanan terhadap penisilin    | Lebih rentan                                                                                                        | Kurang rentan                                                                                           |
| Resisten terhadap gangguan fisik | Lebih resisten                                                                                                      | Kurang resisten                                                                                         |

Sumber : Pelczar dan Chan (1998)

## 2.7 Bakteri Indikator

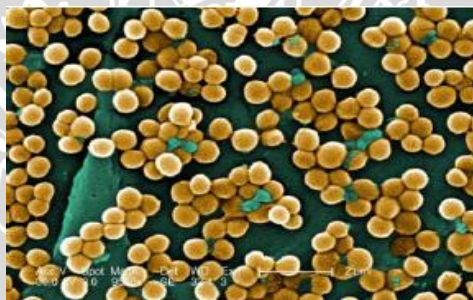
Bakteri yang digunakan untuk pengujian aktivitas antibakteri yaitu *S. aureus* dan *E. coli*. Alasan penggunaan kedua bakteri tersebut adalah untuk melihat aktivitas antibakteri *edible film* berantibakteri terhadap bakteri gram positif



dan bakteri gram negatif. *S. aureus* adalah bakteri gram positif, sedangkan *E. coli* adalah bakteri gram negatif.

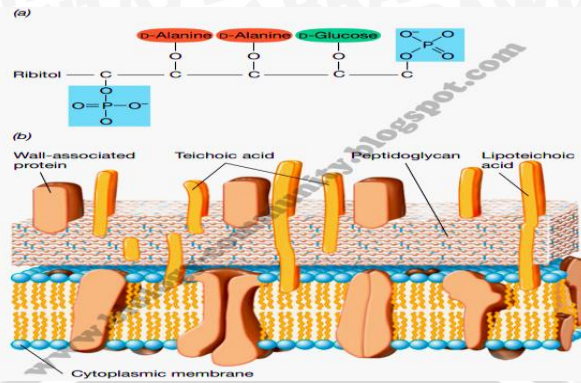
### 2.7.1 *Staphylococcus aureus*

Diantara semua jenis *Staphylococcus*, yang mempunyai kemampuan terbesar untuk menimbulkan penyakit adalah *S. aureus*. *S. aureus* merupakan bakteri Gram positif berbentuk kokus dengan diameter 0,7-0,9 $\mu$ m dan termasuk ke dalam famili *Micrococcaceae*. Bakteri ini memproduksi pigmen berwarna kuning sampai oranye, membutuhkan nitrogen organik (asam amino) untuk pertumbuhan serta bersifat anaerob fakultatif. *S. aureus* bersifat termotoleran, dengan kisaran suhu pertumbuhan yang luas yaitu mulai 5-8°C sampai suhu 48-50°C. enterotoksin yang diproduksi oleh *S. aureus* bersifat tahan panas dan masih aktif setelah dipanaskan pada suhu 100°C selama 30 menit (Trihendrokesowo dkk., 1996). Morfologi *S. aureus* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Morfologi *S. aureus* perbesaran 5000x (Todar, 2008).

Dinding sel bakteri gram positif memiliki molekul tambahan berupa asam teikoat yang terdiri atas gliserol, fosfat, dan ribitol gula alkohol dalam bentuk polimer dengan panjang 30 unit. Polimer-polimer tersebut terkadang memanjang sampai keluar dari dinding sel dan kapsul (Gambar 2.5). Pada bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang relatif tebal dengan ukuran 20-80 nm. Lapisan peptidoglikan tersebut menempel pada permukaan luar membran sel. Bakteri jenis ini tidak memiliki membran luar maupun ruang periplasmik. Sehingga dengan menggunakan pewarnaan gram (Hans Christian Gram), maka bakteri ini akan nampak berwarna ungu (Madigan *et.al*, 2011).



**Gambar 2.5** Struktur dinding sel bakteri gram positif (a) struktur asam teikoat; (b) ilustrasi dinding sel bakteri gram positif (Madigan *et al.*, 2011).

*S. aureus* erat sekali hubungannya dengan manusia dan hewan lainnya, terutama pada bagian kulit, hidung, tenggorokan. Secara keseluruhan organisme ini tidak kuat bersaing dengan yang lainnya sehingga perannya dalam bahan pangan yang kurang berarti. Akan tetapi dalam bahan pangan yang telah dimasak, dimana organisme lain telah rusak oleh pemanasan atau konsentrasi garam, sel-sel *S. aureus* dapat terus berkembang mencapai tingkat yang membahayakan. Enterotoksin yang dihasilkan oleh bakteri ini jika termakan dapat menyebabkan serangan mendadak yaitu kekejangan pada perut dan muntah-muntah yang hebat, dapat juga terjadi diare. Untuk menghasilkan enterotoksin yang cukup dalam produk untuk bersifat meracuni dibutuhkan kira-kira  $10^6$  sel/g (Buckle *et al.*, 1997).

### 2.7.2 *Escherichia coli*

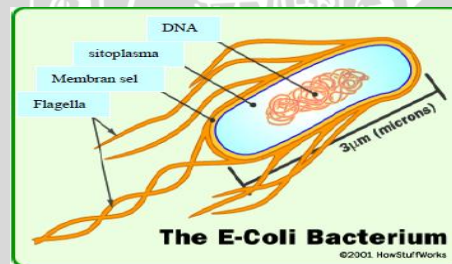
Bakteri *E. coli* merupakan spesies dengan habitat alami dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan. *E. coli* pertama kali diisolasi oleh *Theodor Escherich* dari tinja seorang anak kecil pada tahun 1885. Bakteri ini berbentuk batang, berukuran  $0,4-0,7 \times 1,0-3,0 \mu\text{m}$ , termasuk gram negatif, dapat hidup soliter maupun berkelompok, umumnya motil, tidak membentuk spora, serta fakultatif anaerob (Carter dan Wise, 2004). Morfologi *E. coli* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



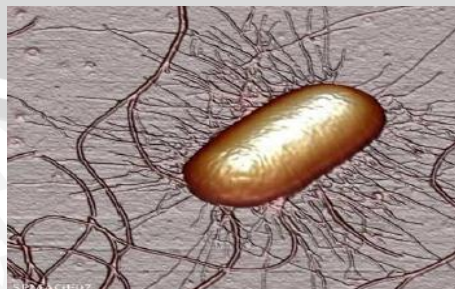


**Gambar 2.6** Morfologi *E. coli* (Sumber: Kunkel, 2009)

Struktur sel *E. coli* dikelilingi oleh membran sel, terdiri dari sitoplasma yang mengandung nukleoprotein (Gambar 2.7). Membran sel *E. coli* ditutupi oleh dinding sel berlapis kapsul. *Flagela* dan pili *E. coli* menjulur dari permukaan sel (Gambar 2.8) (Tizard, 2004). Tiga struktur antigen utama permukaan yang digunakan untuk membedakan serotipe golongan *E. coli* adalah dinding sel, kapsul dan flagela. Dinding sel *E. coli* berupa lipopolisakarida yang bersifat pirogen dan menghasilkan endotoksin serta diklasifikasikan sebagai antigen O. Kapsul *E. coli* berupa polisakarida yang dapat melindungi membran luar dari fagositik dan sistem komplemen, diklasifikasikan sebagai antigen K. Flagela *E. coli* terdiri dari protein yang bersifat antigenik dan dikenal sebagai antigen H. Faktor virulensi *E. coli* juga disebabkan oleh enterotoksin, hemolisin, kolisin, siderophor, dan molekul pengikat besi (aerobaktin dan entrobaktin) (Quinn *et al.*, 2002).



**Gambar 2.7** Struktur bakteri *E. coli* (Sumber: Anonymous, 2009)



**Gambar 2.8** *E. coli* dengan pili dan flagella (Sumber: Li A, 2009)

*E. coli* dapat memproduksi toksin (eksotoksin) yang disebut enterotoksin, ada 2 macam enterotoksin yang diproduksi yaitu enterotoksin yang tidak tahan panas dan tahan panas. Enterotoksin yang tidak tahan panas bersifat sebagai antigen dan mekanisme kerjanya merangsang keluarnya enzim adenilat siklase (Ray and Daeschel, 1992).

## 2.8 Penelitian *Edible Film* yang Pernah Dilakukan di THP FTP UB

Hasil perlakuan terbaik dari studi tentang edible film yang telah dilakukan di jurusan THP FTP UB dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Hasil Perlakuan Terbaik dari Beberapa Studi Mengenai Pembuatan *Edible film* di THP

| No | Bahan Penyusun dan Konsentrasi                   | Ketebalan (mm) | Elongasi (%) | Tensile Strength (N/cm <sup>2</sup> ) | Referensi |
|----|--------------------------------------------------|----------------|--------------|---------------------------------------|-----------|
| 1  | Tepung porang:kitosan (0,75%:0,75%)              | 0,04           | 1,97         | 2,8                                   | A         |
| 2  | Tepung Porang:ekstrak wortel (0,53%:0,4%)        | 0,02           | 22,64        | 0,19                                  | B         |
| 3  | Tepung Porang: Karagenan (7:3)                   | 0,03           | 37,99        | 1,12                                  | C         |
| 4  | Tepung Porang: Minyak atsiri Kayu Manis (4%:20%) | 0,06           | 19,62        | 0,99                                  | D         |
| 5  | Karagenan:ekstrak kubis ungu (7%:20%)            | 0,04           | 9,83         | 0,36                                  | E         |
| 6  | Pati jahe:asam Stearat (1,75%:0,71%)             | 0,09           | 8,37         | 1,72                                  | F         |
| 7  | Karagenan:ekstrak sari buah murbei (7%:20%)      | 0,14           | 625          | 4,2                                   | G         |
| 8  | Pati tapioka:suhu pengeringan (6%:60°C)          | 0,17           | 53,33        | 2,38                                  | H         |
| 9  | Karagenan:ekstrak daun jati (7%:20%)             | 0,18           | 54,33        | 1,034                                 | I         |

Keterangan :

- A. Ellita R. M. (2009)
- B. Wahyu Agus (2009)
- C. Juni Rianti (2009)
- D. Rissa Citraning P. (2011)
- E. Ata Aditya M. (2012)



- F. Megan Astari N. (2012)
- G. Adyafahmi (2012)
- H. Daffi Rauf M. P. (2013)
- I. Ponco Budyanto (2013)

Berdasarkan Tabel 2.6 *edible film* dengan ketebalan paling kecil adalah hasil penelitian Agus (2009) sedangkan *edible film* dengan ketebalan tertinggi adalah hasil penelitian Budyanto (2013). *Tensile strength* dan *Elongasi* yang dihasilkan dari penelitian-penelitian *edible film* di THP FTP UB menunjukkan bahwa *tensile strength* dan *elongasi* dari hasil penelitian Adyafahmi (2012) merupakan yang paling baik. *Elongasi* merupakan proses pemanjangan maksimal yang dialami oleh *edible film* saat mulai sobek (Krochta, 1994), sehingga dapat dilihat bahwa *elongasi edible film* dari hasil penelitian Adyafami (2012) merupakan *elongasi* yang paling baik. Begitupula dengan *tensile strength* yang menurut Mindawati (2006) merupakan tekanan regangan maksimal yang bisa diterima *edible fim* hingga putus, *tensile strength* hasil penelitian Adyafahmi (2012) juga merupakan *tensile strength* yang paling baik.



### III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Pangan, Laboratorium Pengolahan Pangan, dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan November 2012 sampai Juni 2013.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan untuk membuat *edible film* adalah plat kaca ukuran 7 cm x 15 cm x 3 cm, plastik mika, *hot plate* merk Labinco L-32, timbangan analitik merk Denver M-310, *magnetic stirrer*, penyaring vakum, *glassware* dan pengering kabinet.

Alat untuk analisa adalah termometer, bola hisap, *Waterbath* Merk Memmert, timbangan analitik merk Denver M-310, kompor listrik, mikrometer manual merk KORI, *color reader*, Imada Force Measurement tipe ZP-200N, oven, desikator, autoklaf Model HL-36 AE, Hirayama Jepang, inkubator merk Binder BD 53 Germany, karet gelang, kapas, bunsen, mikropipet (Finnipipett, Labsystem), tip, statif, muffle Ney M-525 Series II, dan *glassware*.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan *edible film* adalah pati jagung (tepung maizena) dan kunyit putih dari pasar Madyopuro Malang, gliserol dan akuades dari toko kimia Makmur Sejati, karagenan dari CV Panadia Malang dan kultur *E. Coli* ATCC 25922 dan *S. Aureus* ATCC 29213 dari laboratorium mikrobiologi Universitas Brawijaya, Malang. Bahan yang digunakan untuk analisa media nutrient broth dan media nutrient agar dari toko kimia Makmur Sejati dan mikrobiologi Universitas Brawijaya, Malang, aquades yang diperoleh di toko kimia Makmur Sejati.



### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok ( RAK) yang disusun dengan 2 faktor dan masing-masing faktor terdiri dari 3 level, pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali. Sehingga ada 27 satuan percobaan.

Faktor 1: Konsentrasi Pati jagung (P) ( $b/v_{total}$ )

P1 : Konsentrasi Pati jagung 1%

P2 : Konsentrasi Pati jagung 2%

P3 : Konsentrasi Pati jagung 3%

Faktor 2: Konsentrasi Filtrat kunyit putih (M) ( $v/v_{total}$ )

M1 : Konsentrasi filtrat kunyit putih 1%

M2 : Konsentrasi filtrat kunyit putih 4%

M3 : Konsentrasi filtrat kunyit putih 7%

Dari kedua faktor tersebut diperoleh kombinasi perlakuan, yaitu:

P1M1 : Konsentrasi pati jagung 1% ( $b/v_{total}$ ) dengan konsentrasi filtrat kunyit putih 1% ( $v/v_{total}$ )

P1M2 : Konsentrasi pati jagung 1% ( $b/v_{total}$ ) dengan konsentrasi filtrat kunyit putih 4% ( $v/v_{total}$ )

P1M3 : Konsentrasi pati jagung 1% ( $b/v_{total}$ ) dengan konsentrasi filtrat kunyit putih 7% ( $v/v_{total}$ )

P2M1 : Konsentrasi pati jagung 2% ( $b/v_{total}$ ) dengan konsentrasi filtrat kunyit putih 1% ( $v/v_{total}$ )

P2M2 : Konsentrasi pati jagung 2% ( $b/v_{total}$ ) dengan konsentrasi filtrat kunyit putih 4% ( $v/v_{total}$ )

P2M3 : Konsentrasi pati jagung 2% ( $b/v_{total}$ ) dengan konsentrasi filtrat kunyit putih 7% ( $v/v_{total}$ )

P3M1 : Konsentrasi pati jagung 3% ( $b/v_{total}$ ) dengan konsentrasi filtrat kunyit putih 1% ( $v/v_{total}$ )

P3M2 : Konsentrasi pati jagung 3% ( $b/v_{total}$ ) dengan konsentrasi filtrat kunyit putih 4% ( $v/v_{total}$ )

P3M3 : Konsentrasi pati jagung 3% ( $b/v_{total}$ ) dengan konsentrasi filtrat kunyit putih 7% ( $v/v_{total}$ )

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian Proses pembuatan *Edible Film*

- a. Tepung jagung ditimbang dengan konsentrasi 1%; 2%; dan 3% ( $b/v_{total}$ )
- b. Filtrat kunyit putih diukur dengan konsentrasi 1%; 4%; 7% ( $v/v_{total}$ ).
- c. Gliserol ditimbang 10% dari berat tepung jagung.
- d. Tepung jagung dan gliserol dibuat suspensi dengan penambahan akuades sebanyak 60 ml.
- e. Dilakukan pemanasan dengan *hot plate* stirer selama  $\pm 30$  menit pada suhu 70 - 85°C.
- f. Suspensi didinginkan hingga suhu 37°C.
- g. Ditambahkan filtrat kunyit putih 1%; 4%; 7% ( $v/v_{total}$ ).
- h. Suspensi diaduk kembali dengan *magnetic stirrer*
- i. Suspensi disaring menggunakan penyaring vakum untuk mendapatkan filtrat yang jernih.
- j. Dilakukan penuangan ke plat kaca, kemudian diratakan dengan menggunakan pengaduk.
- k. Suspensi film dikeringkan dengan pengering kabinet pada suhu  $\pm 50^\circ\text{C}$  edible yang sudah kering dikeluarkan dari pengering kabinet.
- l. Dilakukan pendinginan pada suhu ruang selama 15 menit agar *edible film* mudah dilepas.
- m. Siap dilakukan analisa

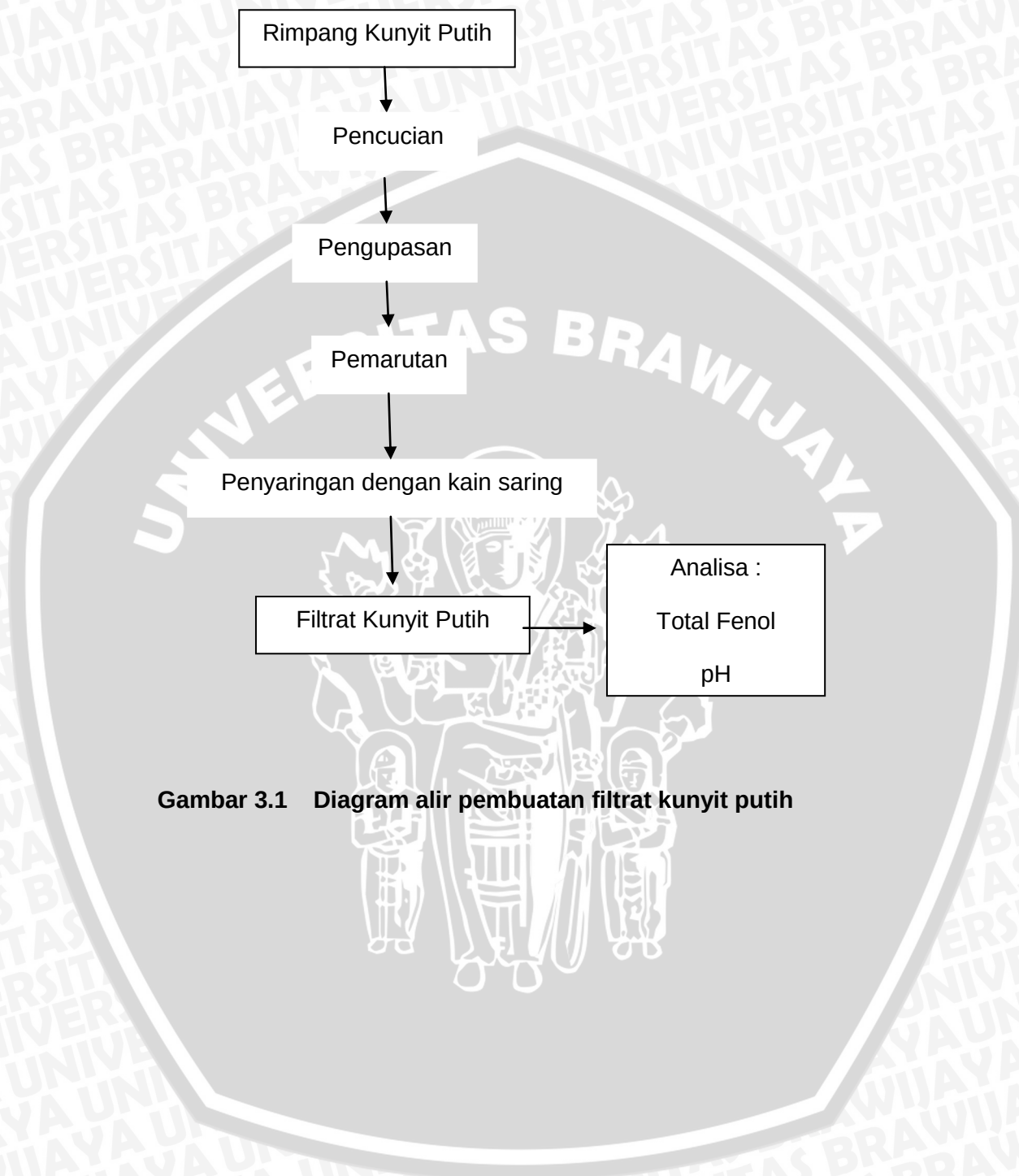
### 3.5 Pengamatan dan Analisa

Analisa *Edible Film* meliputi Analisa kadar air (AOAC, 1990), analisa ketebalan (Cuq *et al.*, 1996), analisa warna (Yuwono dan Susanto, 1998), analisa *elongasi* dan *tensile strenght* (Cuq *et al.*, 1996), analisa antibakteri (Miwing, 2010) serta Transmisi Uap Air (modifikasi ASTM, 1995 dalam Marseno, 2000).

Data yang diperoleh kemudian dianalisa dengan menggunakan analisis ragam *Analysis Of Variant* (ANOVA). Jika menunjukkan adanya pengaruh nyata pada faktor – faktor perlakuan serta interaksinya, maka dilakukan uji lanjutan perbandingan dengan uji beda nyata ( BNT ) atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan selang kepercayaan 5%. Penentuan perlakuan terbaik dilakukan dengan menggunakan metode *multiple atribute* (Zeleny, 1992).

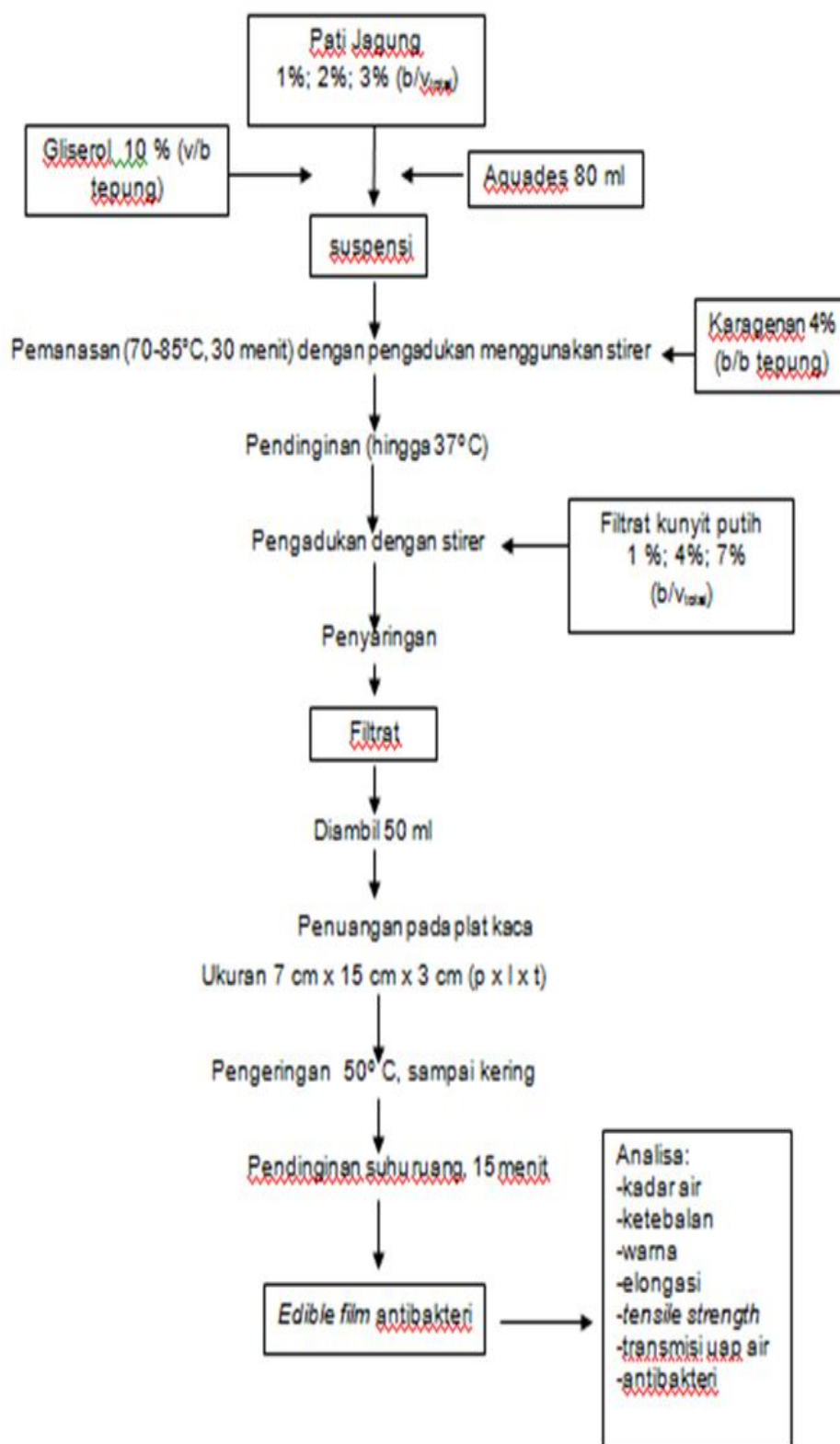


### 3.6 Diagram Alir Penelitian Pembuatan filtrat kunyit putih



**Gambar 3.1** Diagram alir pembuatan filtrat kunyit putih

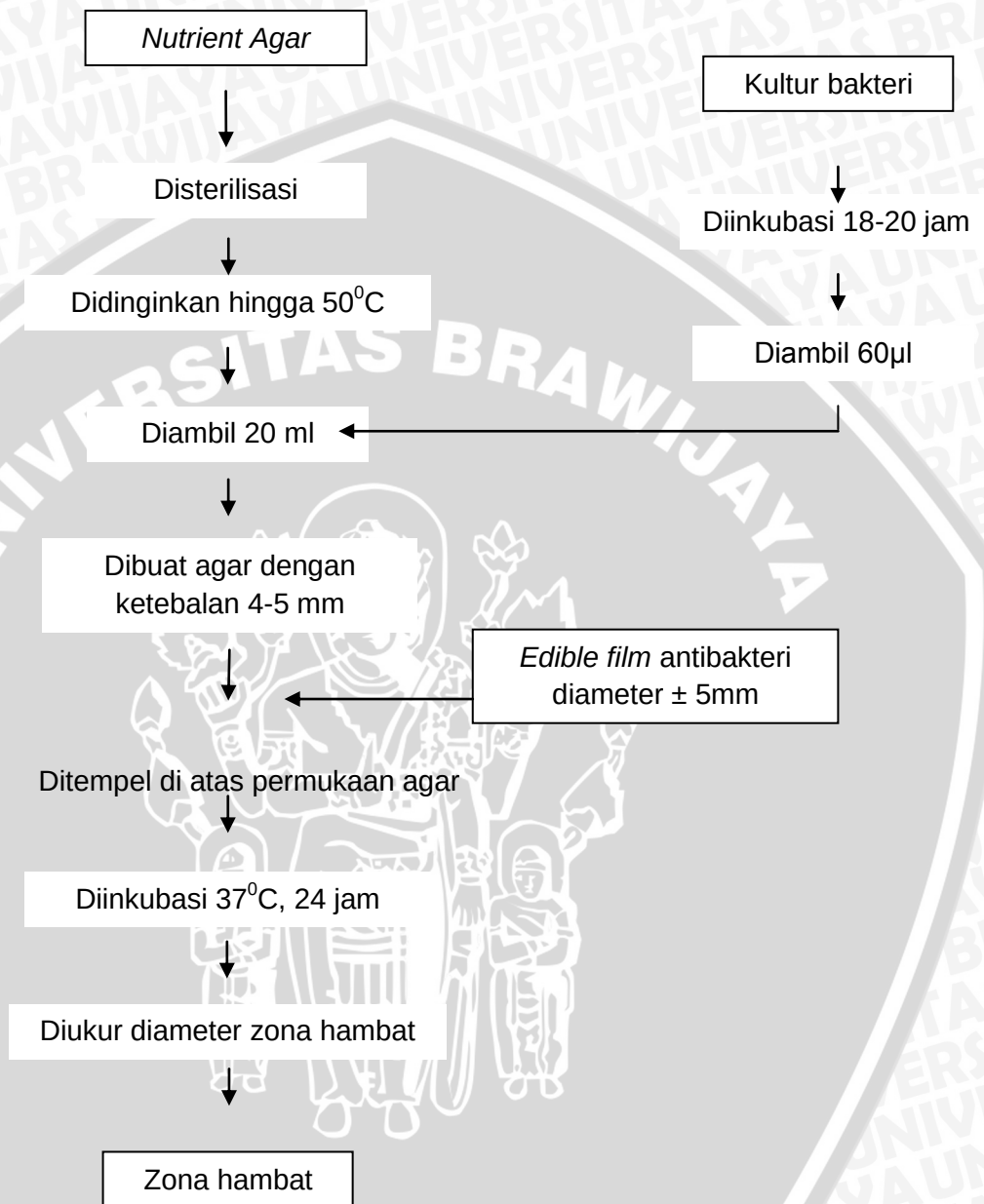
## Pembuatan *Edible Film*



Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan *Edible Film*  
Sumber : Modifikasi dari Purwitasari (2001)



Uji Aktivitas Daya Hambat *Edible Film* Antibakteri



Gambar 3.3 Diagram Alir Uji Aktivitas Antibakteri

Sumber: Modifikasi dari Miwing (2010).

## IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Sifat Kimia dan Fisik *Edible Film*

#### 4.1.1 Analisa Filtrat Kunyit Putih

Kunyit putih merupakan salah satu bahan yang digunakan pada penelitian ini. Analisa pada filtrat kunyit putih meliputi analisa total fenol, pH dan warna. Data hasil analisa Filtrat kunyit putih dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil Analisa Fisik dan Kimia Filtrat Kunyit Putih

| Parameter                       | Filtrat Kunyit Putih |                                                       |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
|                                 | Hasil Analisis       | Pustaka                                               |
| Total Fenol ( $\mu\text{g/g}$ ) | 1051,36              | 711,60 <sup>(a)</sup><br>466,91-1573,6 <sup>(b)</sup> |
| pH                              | 5,81                 | -                                                     |
| Warna:                          |                      |                                                       |
| Tingkat kecerahan ( $L^*$ )     | 48,80                | 47,23 <sup>(c)</sup>                                  |
| Tingkat kemerahan ( $a^*$ )     | 14,24                | 15,97 <sup>(c)</sup>                                  |
| Tingkat kekuningan ( $b^*$ )    | 31,26                | 32,51 <sup>(c)</sup>                                  |

(a) Pujimulyani *et al.* (2012); (b) Yani *et al.* (2013); (c) Hudha (2011)

Fenol adalah senyawa yang mempunyai sebuah cincin aromatic dengan satu atau lebih gugus hidroksil. Senyawa fenol pada bahan makanan dapat dikelompokkan menjadi fenol sederhana dan asam folat (P-kresol, 3-etil fenol, 3,4-dietil fenol, hidroksiquinon, vanilin dan asam galat), turunan asam hidroksi sinamat (p-kumarat, kafeat, asam fenolat dan asam kloregenat) dan flavonoid (katekin, proantosianin, antisianidin, flavon, flavonol dan glikosidanya (Widiyanti, 2006). Senyawa fenol tersebut berperan sebagai senyawa antibakteri dalam *edible film* pada penelitian ini. Analisa kadar total fenol dilakukan untuk mengetahui kadar total fenol pada kunyit putih yang akan ditambahkan pada edible film. Hasil analisa total fenol pada filtrat kunyit putih dengan pelarut akuades pada Tabel 4.1 jika dibandingkan dengan literatur, nilai total fenol yang didapatkan pada penelitian ini telah sesuai.

Jenis senyawa fenol yang terdapat pada kunyit putih antarlain curcumanggoside, bersama dengan sembilan senyawa yang dikenal, termasuk labda-8, 12-dien-15,16-dial, calcaratarin A, zerumin B, scopoletin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin, 1,7-is (4-hidroksifenil)-1,4,6-heptatrien-3-satu, curcumin, dan asam p-hydroxycinnamic yang telah diisolasi dari rimpang *Curcuma mangga* (Abas *et al.*, 2005). Senyawa Kurkumin tersebut termasuk pigmen yang memberikan warna kuning pada kunyit putih. Zat warna kurkumin merupakan kristal berwarna kuning orange, tidak larut dalam ether,

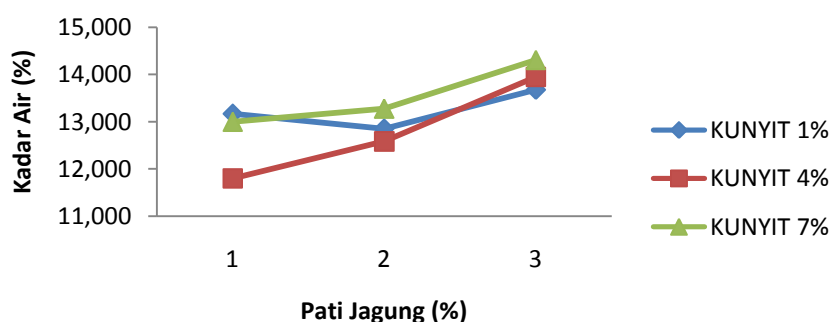


larut dalam minyak, dalam alkali berwarna merah kecoklatan, sedangkan dalam asam berwarna kuning muda (Nugroho, 1998).

Nilai pH pada filtrat kunyit putih yang diukur pada penelitian adalah 5,81 dan pada pengukuran warna filtrat kunyit putih didapatkan tingkat kecerahan (L) 48,8, kemerahan (a) 14,24 dan kekuningan (b) 31,26. Warna dari filtrat kunyit putih tersebut telah mengalami perubahan menjadi lebih kuning dan gelap jika dibandingkan dengan warna rimpang kunyit (Gambar 2.2). Perubahan warna tersebut diduga terjadi karena pH kunyit putih yang meningkat setelah menjadi filtrat kunyit putih. Selain pH perubahan warna juga diduga karena kontak senyawa kurkumin dengan oksigen sehingga mengalami oksidasi. Seperti yang diungkapkan Bueser dan Yang (1990) dalam Oktaviana (2010) bahwa stabilitas kurkuminoid terbatas dan mudah mengalami kerusakan dengan adanya cahaya, panas, oksigen, dan peroksidase. Warna kurkumin pada berbagai pH dapat dilihat pada Tabel 2.3.

#### 4.1.2 Kadar Air

Kadar air *edible film* pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi penambahan pati jagung dan konsentrasi penambahan kunyit putih berkisar antara 11,801 – 14,306 %. Kadar air berpengaruh terhadap sifat fisik dan aktivitas antimikroba dari *edible film*. Gontard *et al.* (1993) dalam Astuti (2008) melaporkan bahwa air merupakan plasticizer yang paling efektif untuk hidrokoloid, akan tetapi tidak stabil karena sangat tergantung pada kondisi RH ruangan. Hasil analisis kadar air secara lengkap dapat dilihat pada lampiran. Rerata nilai kadar air *edible film* pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Grafik Rerata Kadar Air *Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih

Menurut Pramadita (2011) kadar air edible film cenderung menurun dengan meningkatnya suspensi tepung atau pati. Peningkatan konsentrasi tepung akan meningkatkan jumlah polimer dan viskositas yang menyusun matrik film. Semakin besar polimer yang menyusun matrik film akan meningkatkan jumlah padatan sehingga jumlah air dalam edible film semakin rendah. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Guilbert and Biquet (1990) semakin besar polimer yang menyusun matrik film menyebabkan jumlah air yang tertinggal dalam jaringan film semakin rendah. Goldberg and Williams (1991), juga menyatakan bahwa dengan bertambahnya viskositas akan berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan edible film sehingga kadar air akan turun. Pernyataan tersebut tidak sesuai dengan penelitian ini, berdasarkan Gambar 4.1 nilai kadar air cenderung meningkat dengan semakin meningkatnya kadar pati jagung. Hal tersebut diduga terjadi karena sifat dari molekul pati jagung yang hidrofilik sehingga makin tinggi konsentrasi pati jagung yang ditambahkan makin tinggi pula kadar air dari *edible film*. Air dalam edible film akan terperangkap oleh ikatan polimer yang terbentuk, semakin besar kadar pati jagung yang digunakan, semakin kuat pula ikatan polimer untuk memerangkap air dalam edible film.

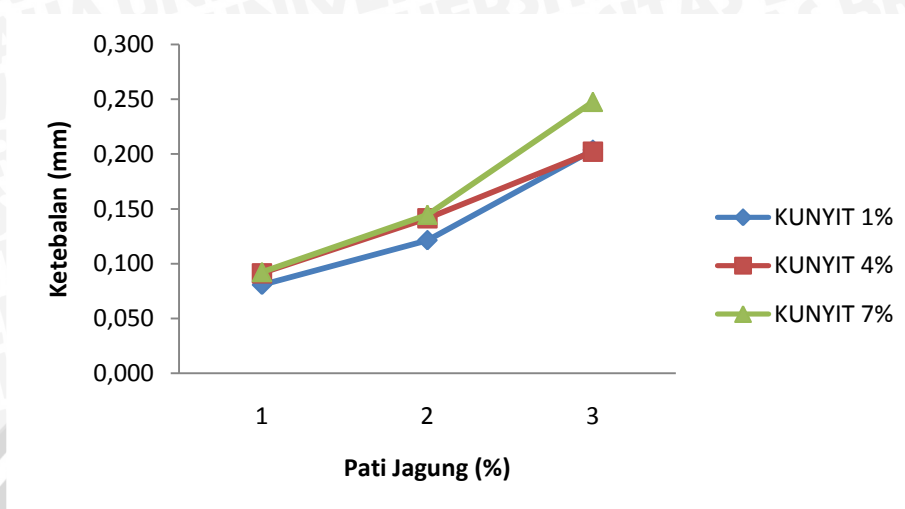
Hasil analisa ragam (Lampiran 2.1) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi pati jagung serta penambahan konsentrasi filtrat kunyit putih tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kadar air *edible film*. Hal tersebut terjadi karena jumlah pati yang digunakan sebagai perlakuan memiliki range yang kecil sehingga tidak memperlihatkan pengaruh yang nyata secara statistik.

#### 4.1.3 Ketebalan

Ketebalan termasuk parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan *edible film* sebagai bahan pengemas. Ketebalan film akan mempengaruhi permeabilitas gas. Semakin tebal edible film maka permeabilitas gas akan semakin kecil dan melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Ketebalan juga dapat mempengaruhi sifat mekanik film yang lain, seperti tensile strength dan elongasi. Namun dalam penggunaannya, ketebalan edible film harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya (Kusumasmarawati, 2007). Hasil pengujian ketebalan *edible film* dengan berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih berkisar antara 0,081 mm sampai 0,248 mm. Rerata nilai ketebalan *edible film* pada berbagai



kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Grafik Rerata Ketebalan *Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih berpengaruh terhadap ketebalan *edible film*. Peningkatan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih dapat menyebabkan peningkatan ketebalan *edible film*. Berdasarkan analisa ragam (Lampiran 2.8), menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi pati jagung berpengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap ketebalan *edible film*. Konsentrasi filtrat kunyit putih juga memberikan pengaruh nyata terhadap ketebalan *edible film*, akan tetapi tidak ada interaksi yang nyata pada kedua perlakuan. Rerata ketebalan *edible film* pada berbagai konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih masing-masing dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.3

**Tabel 4.2** Rerata Ketebalan *Edible Film* Akibat Konsentrasi Pati Jagung

| Konsentrasi Pati Jagung (%) | Rerata Ketebalan(mm) | BNT 5% |
|-----------------------------|----------------------|--------|
| 1                           | 0,09 a               | 0,02   |
| 2                           | 0,14 b               |        |
| 3                           | 0,22 c               |        |

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada ( $\alpha=5\%$ )

Berdasarkan Tabel 4.2, perlakuan konsentrasi pati jagung memberikan pengaruh terhadap ketebalan *edible film*. Semakin tinggi konsentrasi pati jagung

mengakibatkan ketebalan *edible film* semakin meningkat. Rerata ketebalan tertinggi pada perlakuan konsentrasi pati jagung 3% sebesar 0,22 mm, sedangkan rerata ketebalan terendah pada konsentrasi pati jagung 1% sebesar 0,09 mm. Konsentrasi pati jagung berpengaruh terhadap ketebalan *edible film* yang dihasilkan, diduga semakin banyak pati yang digunakan akan menyebabkan struktur polimer penyusun film menjadi lebih banyak sehingga akan menghasilkan film yang semakin tebal. Menurut Guilbert and Biquet (1990) pembuatan *edible film* dengan menggunakan polisakarida, semakin tinggi konsentrasi polimer penyusunnya pada batas tertentu mampu meningkatkan ketebalan dan stabilitas *edible film*.

**Tabel 4.3** Rerata Ketebalan *Edible Film* Akibat Konsentrasi Filtrat Kunyit Putih

| Konsentrasi Filtrat Kunyit Putih (%) | Rerata Ketebalan(mm) | BNT 5% |
|--------------------------------------|----------------------|--------|
| 1                                    | 0,135 a              | 0,02   |
| 4                                    | 0,145 ab             |        |
| 7                                    | 0,162 b              |        |

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada ( $\alpha = 5\%$ )

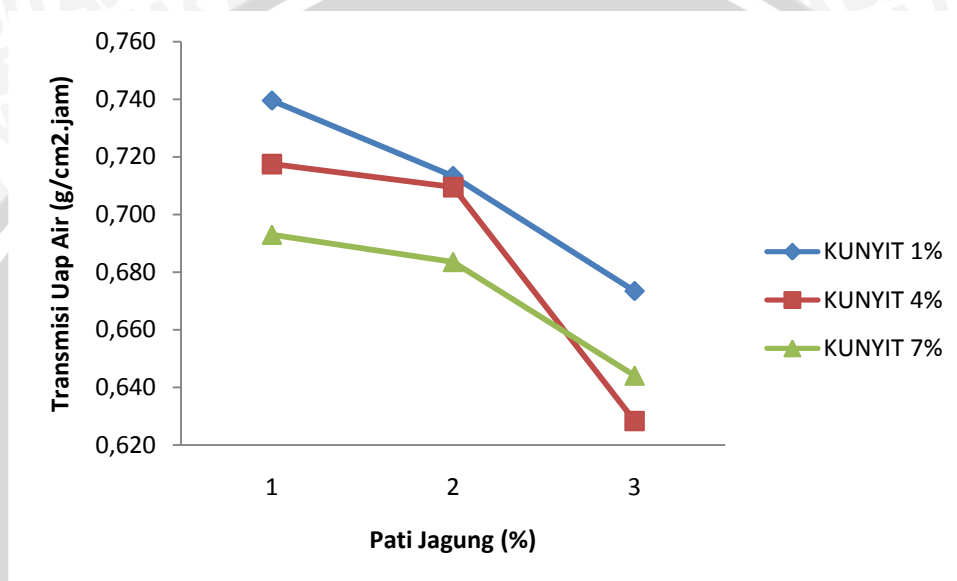
Berdasarkan Tabel 4.3, perlakuan konsentrasi kunyit putih memberikan pengaruh terhadap ketebalan *edible film*. Semakin tinggi konsentrasi kunyit putih ketebalan *edible film* akan semakin meningkat. Diduga penambahan filtrat kunyit putih dalam jumlah yang banyak akan meningkatkan jumlah total padatan sehingga ketebalan film meningkat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Friedman, et al (2009) yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi filtrat kunyit putih berpengaruh terhadap ketebalan *edible film* yang menyebabkan total padatan bertambah. Penambahan total padatan diduga berasal dari pati kunyit putih yang terikut dalam filtrat kunyit putih. Hal tersebut diduga terjadi karena proses penyaringan yang menggunakan penyaring dengan porositas yang besar sehingga senyawa tersuspensi seperti pati masih dapat terikut dan meningkatkan ketebalan *edible film*.

#### 4.1.4 Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang melalui suatu permukaan film persatuan luas persatuan waktu. Nilai laju transmisi uap air menunjukkan ketahanan atau kemampuan suatu *edible film* dalam menahan



jumlah uap air dalam produk. Semakin rendah nilai transmisi uap air berarti bahwa *edible film* tersebut semakin baik (Harris, 1999). Hasil analisis pengujian transmisi uap air dari kombinasi perlakuan konsentrasi pati dan konsentrasi filtrat kunyit putih diperoleh rerata nilai laju transmisi uap air berkisar antara 0,628 – 0,740 g/cm<sup>2</sup>. jam. Rerata nilai transmisi uap air *edible film* pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Grafik Rerata Transmisi Uap Air *Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai laju transmisi uap air cenderung menurun dengan semakin bertambahnya kadar pati jagung. Penurunan nilai transmisi air diduga terjadi karena ikatan polimer yang semakin kuat dengan peningkatan konsentrasi pati yang digunakan. Menurut Pramadita (2011), peningkatan gaya ikat antar polimer akan menurunkan transmisi uap air edible film terhadap gas, uap dan porositasnya, sehingga fungsi edible film sebagai penghalang masuknya uap air akan meningkat. Ikatan hidrogen yang terbentuk mengakibatkan meningkatnya jumlah matriks film yang terbentuk sehingga menurunkan nilai transmisi uap air terhadap edible film. Hal tersebut dikuatkan oleh pernyataan Fennema (1996), peningkatan jumlah granula padatan dalam suatu polimer akan memperkecil rongga antar sel dari gel yang terbentuk. Semakin besar konsentrasi tepung akan meningkatkan gelatinisasi glukomanan

pada edible film sehingga ruang antar sel akan semakin sempit. Penyempitan rongga antar sel inilah yang menurunkan transmisi uap air.

Hasil analisa ragam (Lampiran 2.2) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi pati jagung serta penambahan konsentrasi filtrat kunyit putih tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai laju transmisi uap air *edible film*. Hal tersebut terjadi karena pati yang digunakan sebagai perlakuan memiliki range yang kecil sehingga tidak memperlihatkan pengaruh yang nyata secara statistik

Laju transmisi uap air berpengaruh terhadap kemampuan *edible film* tersebut dalam menahan uap air. *Edible film* yang mempunyai nilai laju transmisi uap air yang kecil cocok digunakan untuk mengemas produk yang mempunyai kelembapan yang tinggi. Menurut Nurdiana (2002) *edible film* akan menghambat jumlah uap air yang dikeluarkan dari produk ke lingkungan sehingga produk tersebut tidak cepat kering. *Edible film* juga dapat melindungi produk dari uap air yang masuk dari lingkungan sehingga pertambahan kelembapan dan kontaminasi yang dibawa melalui uap air dapat dikurangi. Kontaminasi dan kelembapan akan mengakibatkan tumbuhnya mikroorganisme sehingga dapat menurunkan daya simpan produk.

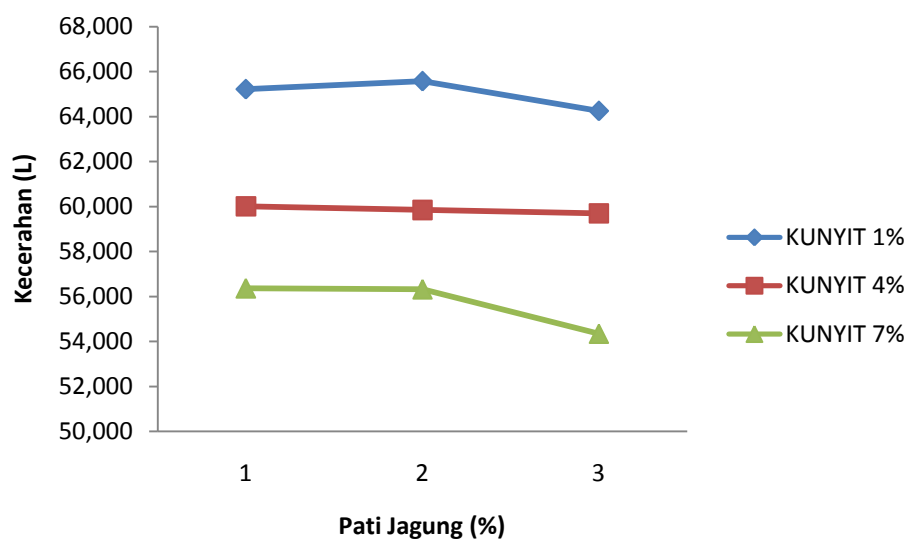
#### 4.1.5 Warna

Pengujian warna pada *edible film* dilakukan dengan menggunakan *Colour Reader* dengan parameter yang diuji adalah nilai  $L^*$  tingkat kecerahan, derajat kemerahan  $a^*$ , dan derajat kekuningan  $b^*$ . Nilai  $L^*$  menyatakan tingkat kecerahan dengan kisaran 0-100, nilai 0 untuk kecenderungan warna hitam (gelap) dan 100 untuk kecenderungan putih (terang), axis  $a^*$  menunjukkan intensitas warna merah (+) atau hijau (-), axis  $b^*$  menyatakan intensitas warna kuning (+) atau biru (-) (Mc Hugh, 1994 dalam Pramadita, 2011).

##### a. Kecerahan

Nilai kecerahan *edible film* dengan berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati dan konsentrasi kunyit putih berkisar antara 54,347 sampai 65,567. Rerata tingkat kecerahan *edible film* pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih dapat dilihat pada Gambar 4.4.





**Gambar 4.4** Grafik Rerata Kecerahan *Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih

Berdasarkan Gambar 4.4 nilai kecerahan *edible film* menurun dengan semakin tingginya konsentrasi pati jagung dan konsentrasi kunyit putih. Penambahan pati jagung menyebabkan warna *edible film* menjadi semakin keruh. Hal ini didukung oleh McHugh (1994) dalam Pramadita (2011) yang mengatakan bahwa semakin tebal *edible film* akan memberikan warna yang tidak transparan dan penampilan yang kurang menarik. Penambahan kunyit putih menyebabkan warna *edible film* semakin kuning, semakin tinggi konsentrasi kunyit putih yang ditambahkan warna *edible film* akan semakin kuning dan gelap.

Hasil analisa ragam (Lampiran 2.5) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi pati jagung tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tingkat kecerahan, sedangkan perlakuan penambahan konsentrasi kunyit putih memberikan pengaruh yang nyata terhadap tingkat kecerahan *edible film* ( $\alpha=0,05$ ). Hasil analisa ragam juga menunjukkan bahwa tidak adanya interaksi antar perlakuan yang diberikan. Rerata tingkat kecerahan *edible film* pada berbagai konsentrasi kunyit putih dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Rerata Tingkat Kecerahan *Edible Film* Akibat Konsentrasi Filtrat Kunyit Putih

| Konsentrasi Filtrat Kunyit Putih (%) | Rerata Tingkat Kecerahan (L) | BNT 5% |
|--------------------------------------|------------------------------|--------|
| 1                                    | 65,01 c                      | 2,07   |
| 4                                    | 59,85 b                      |        |
| 7                                    | 55,67 a                      |        |

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada ( $\alpha = 5\%$ )

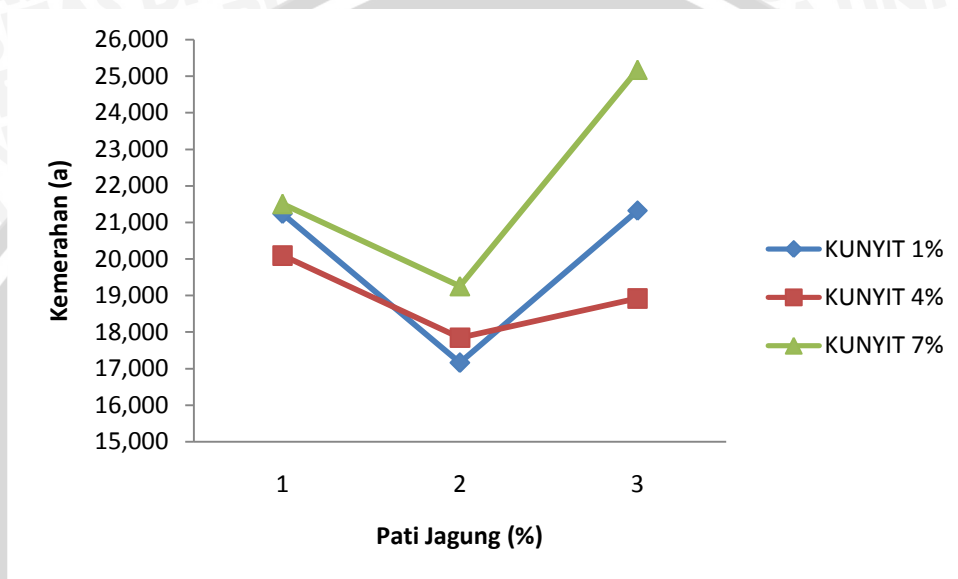
Berdasarkan Tabel 4.4, nilai tingkat kecerahan tertinggi pada konsentrasi filtrat kunyit putih 1% yaitu sebesar 65,01, sedangkan tingkat kecerahan terendah diperoleh dari konsentrasi filtrat kunyit putih 7% yaitu sebesar 55,67. Menurut Hariana (2006) kunyit putih mengandung beberapa senyawa kimia diantaranya tanin dan kurkumin. Senyawa tanin dan kurkumin tersebut diduga menyebabkan tingkat kecerahan edible film menurun dengan semakin tingginya filtrat kunyit putih.

Menurut teori warna, struktur tanin dengan ikatan rangkap dua yang terkonjugasi pada *polifenol* sebagai *kromofor* (pengemban warna) dan adanya gugus (OH) sebagai *auksokrom* (pengikat warna) dapat menyebabkan warna coklat. Kristal tanin berwarna putih-kuning sampai coklat muda dan bila terkena sinar matahari akan teroksidasi menjadi coklat tua (Hilyatuzzahroh, 2006). Kurkumin merupakan zat warna yang secara biogenetis berasal dari fenil alanin, asam malonat, dan asam sitrat (Stahl, 1985 dalam Harjanti, 2008). Menurut Mohammad et al. (2007) kurkumin memberikan perubahan warna yang jelas dan cepat yaitu kurang lebih 5 detik. Zat warna kurkumin merupakan kristal berwarna kuning orange, tidak larut dalam ether, larut dalam minyak, dalam alkali berwarna merah kecoklatan, sedangkan dalam asam berwarna kuning muda (Nugroho, 1998). Selain dingaruhi pH perubahan warna kurkumin pada kunyit putih juga terjadi akibat proses oksidasi. Pernyataan tersebut didukung oleh Bueser dan Yang (1990) dalam Oktaviana (2010) yang menyatakan bahwa stabilitas kurkuminoid terbatas dan mudah mengalami kerusakan dengan adanya cahaya, panas, oksigen, dan peroksidase. Semakin tinggi konsentrasi filtrat kunyit putih yang ditambahkan semakin tinggi pula kandungan senyawa tanin dan kurkumin sehingga tingkat kecerahan menurun.



## b. Kemerahan

Nilai kemerahan *edible film* dengan berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati dan konsentrasi kunyit putih berkisar antara 17,157 sampai 25,177. Rerata nilai kemerahan *edible film* pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih dapat dilihat pada Gambar 4.5.



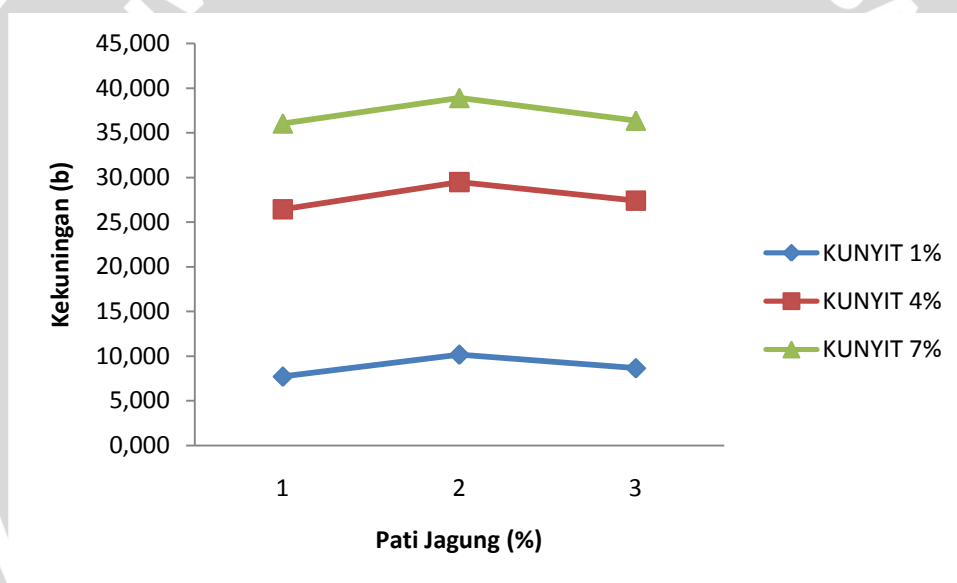
**Gambar 4.5** Grafik Rerata Kemerahan *Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih

Berdasarkan Gambar 4.5 nilai kemerahan *edible film* cenderung menurun pada konsentrasi pati 2% dan naik kembali pada konsentrasi pati 3%. Semakin tinggi konsentrasi pati dan konsentrasi kunyit yang diberikan seharusnya akan meningkatkan nilai kemerahan pada *edible film* akan tetapi dalam penelitian ini kedua perlakuan yang diberikan tidak memberikan pengaruh terhadap nilai kemerahan *edible film*. Analisa ragam (Lampiran 2.6) juga menunjukkan tidak adanya pengaruh yang nyata dari kedua perlakuan yang diberikan dan tidak adanya interaksi antar kedua perlakuan yang diberikan terhadap nilai kemerahan yang diberikan. Hal tersebut diduga terjadi karena panas yang diterima *edible film* pada saat pengeringan pada alat pengering kurang merata meskipun suhu dari alat pengering tersebut telah di atur. Kemerahan diduga dipengaruhi oleh kandungan senyawa tanin dan kurkumin pada kunyit putih. Seperti yang dinyatakan Bueser dan Yang (1990) dalam Oktaviana (2010), stabilitas

kurkuminoid terbatas dan mudah mengalami kerusakan dengan adanya cahaya, panas, oksigen, dan peroksidase. Panas yang diterima dari alat pengering diduga dapat menyebabkan tingkat kemerahan *edible film* meningkat, akan tetapi karena panas yang diterima kurang merata diduga menyebabkan tingkat kemerahan *edible film* pada setiap perlakuan tidak berbeda nyata.

### c. Kekuningan

Nilai kekuningan *edible film* dengan berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati dan konsentrasi kunyit putih berkisar antara 7,710 sampai 38,880. Rerata nilai kekuningan *edible film* pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih dapat dilihat pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Grafik Rerata Kekuningan *Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih

Berdasarkan Gambar 4.6, perlakuan konsentrasi kunyit putih yang diberikan memberikan pengaruh terhadap nilai kekuningan *edible film*. Semakin tinggi konsentrasi kunyit putih yang diberikan semakin tinggi pula nilai kekuningan dari *edible film*. Hal tersebut karena warna dari kunyit putih yang agak kekuningan sehingga semakin banyak konsentrasi kunyit yang ditambahkan maka nilai kekuningan dari *edible film* akan semakin tinggi.



Hasil analisa ragam (Lampiran 2.7) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi pati jagung tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kekuningan, sedangkan perlakuan penambahan konsentrasi kunyit putih memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kekuningan *edible film* ( $\alpha=0,05$ ). Hasil analisa ragam juga menunjukkan bahwa tidak adanya interaksi antar perlakuan yang diberikan. Rerata nilai kekuningan *edible film* pada berbagai konsentrasi kunyit putih dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Rerata Nilai Kekuningan *Edible Film* Akibat Konsentrasi Filtrat Kunyit Putih

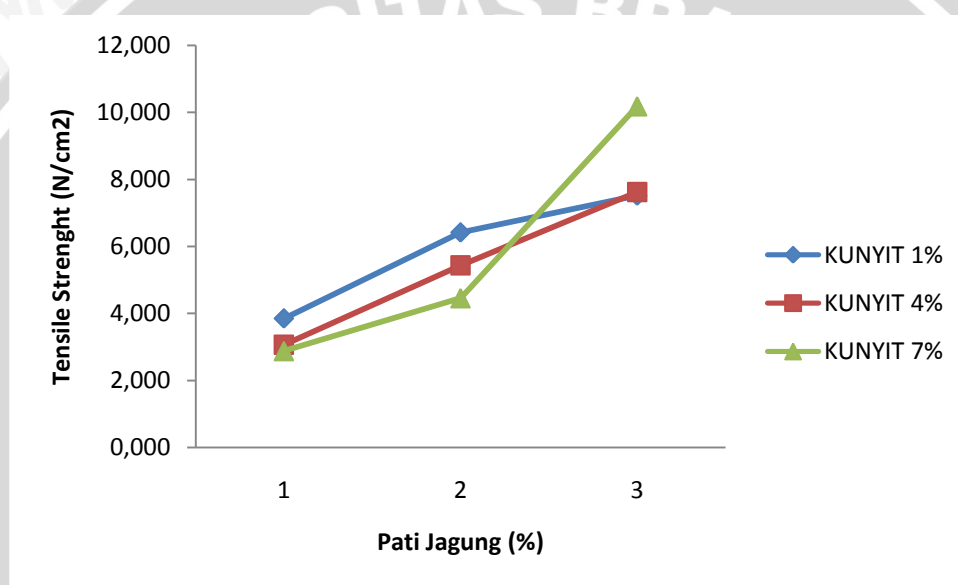
| Konsentrasi Filtrat Kunyit Putih (%) | Rerata Nilai Kekuningan (b) | BNT 5% |
|--------------------------------------|-----------------------------|--------|
| 1                                    | 8,84 a                      | 3,13   |
| 4                                    | 27,77 b                     |        |
| 7                                    | 37,08 c                     |        |

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada ( $\alpha = 5\%$ )

Berdasarkan Tabel 4.5, nilai kekuningan *edible film* semakin meningkat dengan meningkatnya perlakuan konsentrasi kunyit putih yang diberikan. Peningkatan nilai kekuningan tersebut diduga karena filtrat kunyit putih yang berwarna putih kekuningan. Semakin banyak konsentrasi filtrat kunyit putih yang ditambahkan, maka nilai kekuningan *edible film* juga akan semakin meningkat karena pigmen kuning yang terdapat pada filtrat kunyit putih yang ditambahkan ke dalam suspensi akan masuk ke dalam polimer pati jagung yang tergelatinisasi dan terperangkap dalam jaringan tiga dimensi yang terbentuk saat *edible film* dikeringkan. Pigmen warna kuning yang terdapat pada kunyit putih adalah kurkumin. Kurkumin merupakan zat warna yang secara biogenetis berasal dari fenil alanin, asam malonat, dan asam sitrat (Stahl, 1985 dalam Harjanti, 2008). Zat warna kurkumin merupakan kristal berwarna kuning orange, tidak larut dalam ether, larut dalam minyak, dalam alkali berwarna merah kecoklatan, sedangkan dalam asam berwarna kuning muda (Nugroho, 1998). Sehingga semakin banyak konsentrasi filtrat kunyit putih yang ditambahkan semakin tinggi pula zat warna kurkumin yang menyebabkan tingkat kekuningan meningkat.

#### 4.1.6 Tensile Streghth

*Tensile strength* merupakan kemampuan suatu bahan jika diberikan gaya sebesar F akan mengalami tegangan atau stress yang besarnya tergantung luas penampang dari bahan tersebut. Jika gaya ini diberikan terus menerus maka bahan ini pada suatu saat akan mengalami kerusakan atau patah (Robertson, 1993 dalam Pramadita, 2011). Hasil pengukuran nilai *Tensile strength edible film* berkisar antara 2,88 N/cm<sup>2</sup> sampai 10,18N/cm<sup>2</sup>. Rerata nilai *Tensile strength edible film* pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih dapat dilihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Grafik Rerata *Tensile strength Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih

Gambar 4.7, menunjukkan bahwa konsentrasi pati jagung memberikan pengaruh terhadap nilai *tensile strength edible film* yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi pati jagung yang diberikan berpengaruh meningkatkan nilai *tensile strength edible film*. Hal ini menunjukkan bahwa *edible film* yang dibuat memiliki sifat yang tidak rapuh. Menurut Druchta and Catherine, (2004), kekuatan tarik suatu bahan timbul sebagai reaksi dari ikatan polimer antara atom-atom atau ikatan sekunder antar rantai polimer terhadap gaya luar yang diberikan. Gambar 4.7 juga menunjukkan bahwa semakin tigginya penambahan konsentrasi filtrat kunyit putih nilai *tensile strength* cenderung menurun. Menurut Jutaporn et al. (2011), penambahan senyawa bakteri yang larut dalam air akan



melemahkan ikatan intermolekuler dari edible film sehingga menyebabkan menurunnya nilai *tensile strength* dari edible film tersebut.

Berdasarkan analisa ragam (Lampiran 2.3), menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi pati jagung berpengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap *tensile strength edible film*, akan tetapi perlakuan konsentrasi filtrat kunyit putih tidak memberikan pengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap *tensile strength edible film*. Hasil analisa ragam juga menunjukkan bahwa tidak adanya interaksi antar perlakuan yang diberikan. Rerata *tensile strength edible film* pada berbagai konsentrasi pati jagung dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Rerata *Tensile Strength Edible Film* Akibat Konsentrasi Pati Jagung

| Konsentrasi Pati Jagung (%) | Rerata <i>Tensile Strength</i> (N/cm <sup>2</sup> ) | BNT 5% |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|--------|
| 1                           | 3,26 a                                              | 1,28   |
| 2                           | 5,43 b                                              |        |
| 3                           | 8,44 c                                              |        |

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada ( $\alpha=5\%$ )

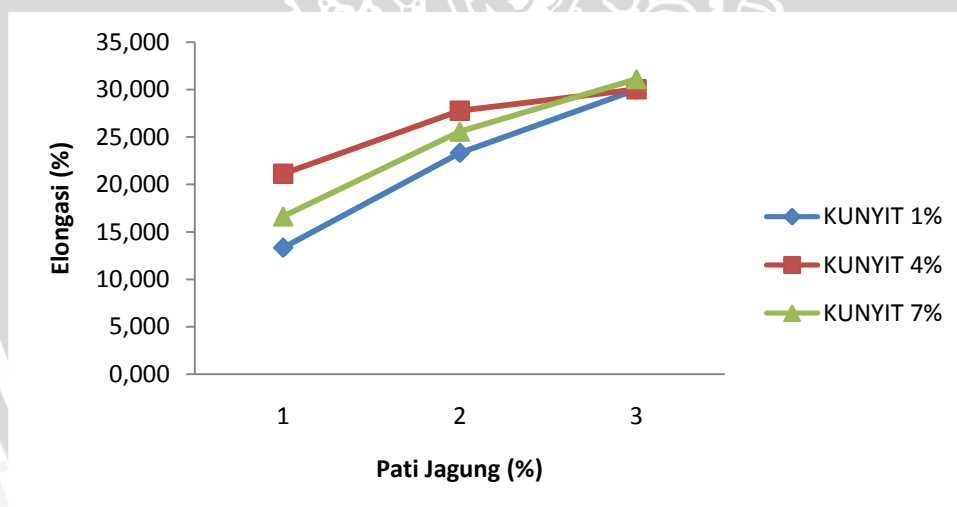
Berdasarkan Tabel 4.6, nilai *tensile strength* tertinggi pada konsentrasi pati jagung 3% yaitu sebesar 8,44 N/cm<sup>2</sup>, sedangkan nilai *tensile strength* terendah diperoleh dari konsentrasi pati jagung 1% . Penggunaan pati jagung yang semakin tinggi akan memberikan struktur yang kokoh terhadap matriks film sehingga nilai *tensile strength* tinggi. Hal ini didukung oleh pernyataan Guilbert and Biquet (1990) dalam Pramadita (2011), polisakarida dapat berfungsi dalam menjaga kekompakkan dan kestabilan *edible film*. Semakin banyak polisakarida penyusunnya akan meningkatkan kekuatan peregangan sehingga kemampuan untuk meregang semakin besar dan daya putus semakin kecil.

Menurut Nasaputra (2012) peningkatan *tensile strength* akibat meningkatnya konsentrasi pati diduga berkaitan dengan adanya amilosa dan amilopektin dimana kedua komponen tersebut berperan penting dalam pembentukan edible film. Kadar amilosa akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi pati. Pada saat pembentukan *edible film* terdapat proses pemanasan yang dapat melemahkan ikatan hidrogen pada amilosa sehingga terjadi gelatinisasi yang berlanjut dengan difusi amilosa dan amilo pektin. Pada saat pengeringan film, pati yang telah tergelatinisasi akan saling berikatan dan

menghasilkan matriks film yang kompak dan *tensile strength* yang tinggi. Menurut Stauffer (1999) dalam Putra (2013), amilosa memiliki kemampuan membentuk gel yang kokoh, pembentukan gel merupakan hasil penggabungan polimer-polimer pati setelah terjadinya proses pemanasan atau retrogradasi. Tahap retrogradasi tersebut mengakibatkan film bertambah keras pada saat pengeringan dan mengakibatkan kekuatan peregangan semakin baik.

#### 4.1.7 Elongasi

*Elongasi* atau Pemanjangan didefinisikan sebagai presentase perubahan panjang film pada saat film ditarik sampai putus (Krochta dan Mulder Johnston, 1997 dalam Estiningtyas, 2010). Nilai *elongasi* menunjukkan kemampuan *edible film* untuk memanjang. Sifat tersebut tergantung pada jenis bahan pembentuk film yang akan mempengaruhi struktur *edible film*. Hasil pengukuran persen *elongasi edible film* berkisar antara 13,33% sampai 31,1%. Rerata nilai persen *elongasi edible film* pada berbagai kombinasi perlakuan konsentrasi pati jagung dan konsentrasi filtrat kunyit putih dapat dilihat pada gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Grafik Rerata Persen *Elongasi Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa konsentrasi pati jagung memberikan pengaruh terhadap nilai persen *elongasi edible film* yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi pati jagung akan meningkatkan nilai persen *elongasi edible film*. Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai elongasi pada *edible film* yaitu jenis polisakarida yang digunakan dan penambahan gliserol sebagai plasticizer. Penambahan gliserol akan membuat film lebih lentur dan memperbiki



pemanjangan film (Gontard et al., 1993 dalam Pramadita, 2011). Selain itu menurut David and George (1999) dalam Pramadita 2011, bahwa gliserol sebagai plasticizer akan menambah fleksibilitas dan kemampuan adhesi yang kuat.

Menurut Brody, (2005) Plastizicer seperti gliserol bekerja dengan cara mempengaruhi interaksi polimer dan menurunkan temperatur perubahan menjadi pasta, sehingga memungkinkan peningkatan fleksibilitas. Hal ini didukung oleh Nadarajah (2002), bahwa molekul plastizicer berinterpose diantara ikatan individual masing-masing polimer, yang membuat ikatan polimer tidak kaku dan bersifat plastis sehingga mampu mengurangi kerapuhan film.

Berdasarkan analisa ragam (Lampiran 2.4), menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi pati jagung berpengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap *elongasi edible film*, akan tetapi perlakuan konsentrasi filtrat kunyit putih tidak memberikan pengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap *elongasi edible film*. Hasil analisa ragam juga menunjukkan bahwa tidak adanya interaksi antar perlakuan yang diberikan. Rerata *elongasi edible film* pada berbagai konsentrasi pati jagung dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Rerata *Elongasi Edible Film* Akibat Konsentrasi Pati Jagung

| Konsentrasi Pati Jagung (%) | Rerata <i>Elongasi</i> (%) | BNT 5% |
|-----------------------------|----------------------------|--------|
| 1                           | 17,03 a                    | 7,26   |
| 2                           | 25,56 b                    |        |
| 3                           | 30,38 b                    |        |

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada ( $\alpha =5\%$ )

Berdasarkan Tabel 4.6, nilai *elongasi* tertinggi pada konsentrasi pati jagung 3% yaitu sebesar 30,38%, sedangkan nilai *elongasi* terendah diperoleh dari konsentrasi pati jagung 1% yaitu sebesar 17,03%. Penambahan pati jagung dengan konsentrasi yang semakin tinggi akan meningkatkan *elongasi* dari *edible film* sehingga *edible film* memiliki sifat lebih elastic dan tidak mudah patah. Pati jagung diduga akan memberikan struktur yang kompak pada *edible film*. Semakin banyak pati jagung yang ditambahkan akan menyebabkan ketebalan *edible film* semakin meningkat dan dengan ketebalan yang semakin meningkat nilai *elongasi* akan semakin besar (Goldberg and Williams, 1991). Pati dengan kadar amilosa yang tinggi dan *plasticizer* berupa gliserol diduga menyebabkan

persen elongasi *edible film* tinggi. Hal tersebut didukung oleh Whistler dan Bemiller (1997) dalam Putra (2013) bahwa film yang lentur dan kuat dapat dibuat dari pati yang mengandung amilosa dan dalam pembentukan *edible film*, amilopektin memberikan stabilitas dan elastisitas.

#### 4.2 Analisa Aktivitas Antibakteri

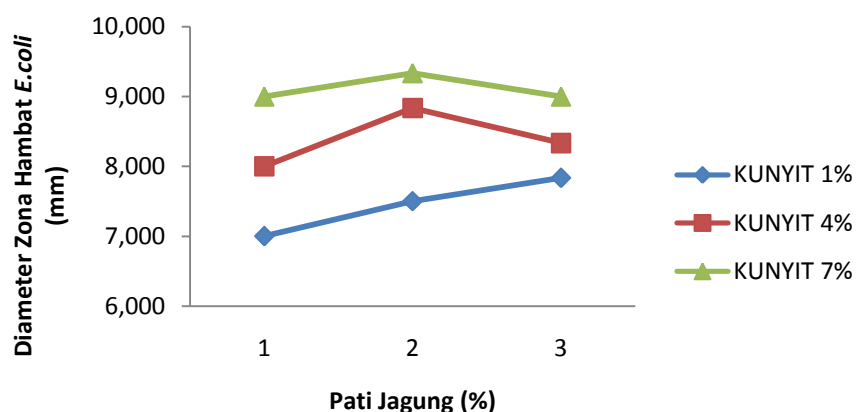
Antibakteri adalah senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan atau dapat mematikan bakteri (Volk and Wheeler, 1993). Dalam pengujian aktivitas antibakteri metode pengujian yang digunakan adalah metode disc *diffusion* essay. Aktivitas antibakteri tersebut diujikan terhadap dua jenis bakteri yaitu *Staphylococcus aureus* yang mewakili bakteri gram positif dan *Escherichia coli* yang mewakili bakteri gram negatif. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter zona bening yang terbentuk. Semakin besar diameter zona bening yang terbentuk menunjukkan semakin besar aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri indikator, dan begitu pula sebaliknya.

##### 4.2.1 Aktivitas Antibakteri terhadap *Escherichia coli*

Hasil pengujian aktivitas antibakteri dengan mengukur zona bening dari *edible film* yang ditambah dengan filtrat kunyit putih terhadap bakteri *Escherichia coli* diperoleh zona bening dengan rata-rata diameter 7 mm hingga 9,33 mm. Hal tersebut menunjukkan filtrat kunyit putih yang ditambahkan pada *edible film* mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* sebagai bakteri gram negatif.

Diameter zona hambat tertinggi dihasilkan dari kombinasi perlakuan konsentrasi pati 2% dan konsentrasi filtrat kunyit putih 7% yaitu sebesar 9,33 mm. Rata-rata diameter zona hambat dari *edible film* terhadap pertumbuhan *Escherichia coli* dapat dilihat pada Gambar 4.9.





**Gambar 4.9** Grafik Rerata Zona Hambat *Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih terhadap *E.coli*.

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa rerata zona hambat *edible film* terhadap *Eschericia coli* bertambah dengan semakin banyaknya filtrat kunyit putih yang ditambahkan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Pelczar (1988) dalam Setiawan (2012) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi suatu zat antibakteri semakin tinggi pula kandungan zat antibakterinya, sehingga semakin banyak pertumbuhan bakteri yang terhambat jika konsentrasi zat antibakteri lebih tinggi. Gambar 4.9 juga menunjukkan bahwa konsentrasi pati juga memberikan pengaruh terhadap daya hambat terhadap *E.coli*. Pada konsentrasi pati 2% daya hambat *E.coli* cenderung meningkat, hal tersebut diduga terjadi karena semakin tingginya kadar pati semakin banyak pula senyawa antibakteri yang terdapat pada *edible film* sehingga daya hambat terhadap *E.coli* meningkat. Sedangkan pada konsentrasi pati 3% daya hambat *edible film* terhadap *E.coli* mengalami penurunan kecuali pada perlakuan konsentrasi kunyit 1%, Hal tersebut diduga terjadi karena konsentrasi pati yang tinggi menyebabkan senyawa antibakteri terperangkap kuat dalam ikatan polimer pati sehingga senyawa tersebut kurang bisa terdifusi keluar secara maksimal untuk menghambat bakteri. Peningkatan konsentrasi pati memang dapat memerangkap filtrat kunyit putih lebih banyak sehingga kandungan senyawa antibakteri juga semakin banyak, akan tetapi untuk dapat menghambat bakteri dengan baik diperlukan peningkatan kadar pati pada batas tertentu, kadar pati yang terlalu tinggi diduga akan mengakibatkan senyawa antibakteri terperangkap kuat sehingga kurang bisa menghambat bakteri secara maksimal. Penurunan

daya hambat pada konsentrasi 3% tersebut juga diduga karena adanya senyawa tanin, hal tersebut berhubungan dengan metabolisme *E.coli* yang dapat memecah senyawa tanin yang merupakan senyawa fenol menjadi sumber karbon. Menurut Du, *et al.* (2011) sumber karbon yang telah didapatkan dari senyawa tanin dapat berfungsi sebagai sumber makanan yang baik untuk bakteri *E.coli*.

Berdasarkan analisa ragam (Lampiran 2.10), menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi filtrat kunyit putih berpengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap diameter zona bening yang terbentuk, akan tetapi perlakuan konsentrasi pati jagung tidak memberikan pengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap diameter zona bening yang terbentuk. Hasil analisa ragam juga menunjukkan bahwa tidak adanya interaksi antar perlakuan yang diberikan.

Hasil uji BNT 5%, menunjukkan bahwa besarnya diameter zona bening pada *edible film* dengan penambahan konsentrasi filtrat kunyit putih 1% berbeda nyata dengan *edible film* dengan penambahan filtrat kunyit putih 4% dan penambahan filtrat kunyit putih 7%. Rerata diameter zona bening *edible film* pada berbagai konsentrasi filtrat kunyit putih dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Rerata Zona Hambat *Edible Film* terhadap *E.coli* akibat Konsentrasi Kunyit Putih

| Konsentrasi Kunyit Putih (%) | Diameter Zona Hambat (mm) | BNT 5% |
|------------------------------|---------------------------|--------|
| 1                            | 7,44 a                    | 0,61   |
| 4                            | 8,39 b                    |        |
| 7                            | 9,11 c                    |        |

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada ( $\alpha = 5\%$ )

Berdasarkan Tabel 4.8, dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan yang nyata antara *edible film* dengan berbagai konsentrasi kunyit putih. Rerata zona bening pada *edible film* dengan penambahan konsentrasi kunyit putih 7% sebesar 9,11 mm lebih besar dari *edible film* dengan penambahan konsentrasi kunyit putih 4% 8,39 mm dan *edible film* dengan penambahan konsentrasi kunyit putih 1% 7,44 mm. Besarnya zona hambat pada *edible film* diduga karena adanya senyawa fenolik yaitu kurkumin. Semakin tinggi konsentrasi kunyit putih yang ditambahkan semakin tinggi pula kandungan senyawa fenolik yang terdapat



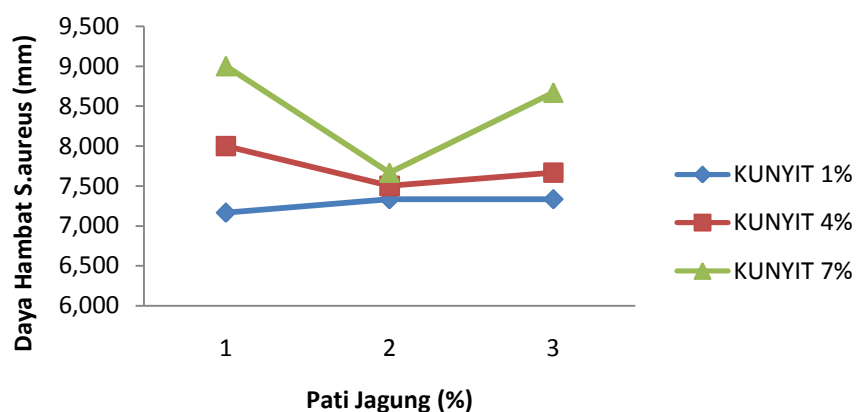
pada *edible film*, dan semakin tinggi senyawa fenolik maka semakin tinggi pula daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri *E.coli*.

Timbulnya zona hambat dari *edible film* terhadap bakteri *E.coli* disebabkan oleh senyawa aktif yang mampu merusak sel bakteri tersebut. Menurut Kasihani (2000) senyawa fenol dapat masuk ke dalam sitoplasma sel bakteri dan merusak system kerja sel dan berakibat lisisnya sel bakteri. Pengujian secara *in vitro*, kandungan fenol pada kunyit mampu menghambat pertumbuhan *E. coli*. Hal ini dikuatkan oleh Dewanti (1984) penghambatan pertumbuhan sel mikroba oleh komponen fenol disebabkan kemampuan fenol untuk mendenaturasi protein dan merusak membran sel dengan cara melarutkan lemak yang terdapat pada dinding sel bakteri gram negatif.

Besarnya daya hambat pada *edible film* dengan penambahan filtrat kunyit putih diduga juga disebabkan karena adanya senyawa terpenoid yang terkandung dalam filtrat kunyit putih. Menurut Leela *et al.* (2002) dalam kunyit terdapat sedikitnya lima belas zat dengan komposisi utama berupa *ar-Turmerone* dan *turmerone*. Keduanya merupakan dua dari zat utama penyusun minyak esensial kunyit yang disebut *terpene*. *Terpene* inilah yang mempunyai daya antimikroba. Menurut Trombetta *et al.* (2005) *terpene* mempunyai daya antimikroba karena sifatnya yang hidrofob. Sifat ini dapat menyebabkan gangguan integritas membran sel bakteri dengan cara menurunkan cadangan ATP intrasel, menurunkan potensial membran bakteri, menurunkan pH intrasel. Kandungan lipid bakteri gram negatif yang lebih tinggi diduga menyebabkan bakteri gram negatif bersifat hidrofobik sama seperti senyawa *terpene* yang termasuk minyak atsiri. Menurut Berdy (2005) pada konsentrasi rendah molekul-molekul fenol yang terdapat pada minyak atsiri kebanyakan berbentuk tak terdisosiasi, lebih hidrofobik, dapat mengikat daerah hidrofobik membran protein, dinding sel bakteri dan dapat melarut baik pada fase lipid dari membran bakteri sehingga mengganggu pembentukan dinding sel bakteri.

#### 4.2.2 Aktivitas Antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*

Rerata zona bening yang terbentuk pada pengujian aktivitas antibakteri *edible film* dengan penambahan filtrat kunyit putih terhadap *Staphylococcus aureus* berkisar antara 7,17 mm hingga 9 mm.. Rata-rata diameter zona hambat dari *edible film* terhadap pertumbuhan *S.aureus* dapat dilihat pada Gambar 4.10



**Gambar 4.10** Grafik Rerata Zona Hambat *Edible Film* pada Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Jagung dan Filtrat Kunyit Putih terhadap *S.aureus*

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa rerata zona hambat *edible film* terhadap *S.aureus* bertambah dengan semakin banyaknya filtrat kunyit putih yang ditambahkan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Pelczar (1988) dalam Setiawan (2012) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi suatu zat antibakteri semakin tinggi pula kandungan zat antibakterinya, sehingga semakin banyak pertumbuhan bakteri yang terhambat jika konsentrasi zat antibakteri lebih tinggi. Gambar 4.10 juga menunjukkan bahwa konsentrasi pati juga memberikan pengaruh terhadap daya hambat *S.aureus*. Pada konsentrasi pati 2% daya hambat *S.aureus* cenderung menurun kecuali pada perlakuan penambahan filtrat kunyit putih 1% yang sedikit meningkat. Daya hambat *S.aureus* kembali meningkat pada penambahan konsentrasi pati 3% akan tetapi daya hambat pada penambahan pati 3% tidak lebih besar dari penambahan pati 1%. Hal tersebut diduga terjadi karena konsentrasi pati yang tinggi menyebabkan senyawa antibakteri pada filtrat kunyit putih terperangkap kuat dalam ikatan polimer pati sehingga senyawa tersebut kurang bisa terdifusi keluar secara maksimal untuk menghambat bakteri. Peningkatan konsentrasi pati memang dapat memerangkap filtrat kunyit putih lebih banyak sehingga kandungan senyawa antibakteri juga semakin banyak, akan tetapi untuk dapat menghambat bakteri dengan baik diperlukan peningkatan kadar pati pada batas tertentu, kadar pati yang terlalu tinggi diduga akan mengakibatkan senyawa antibakteri terperangkap kuat sehingga kurang bisa menghambat bakteri secara maksimal. Efek ketebalan



film terhadap penetrasi senyawa fenol dari kunyit juga akan menimbulkan pengaruh yang tidak sama terhadap pertumbuhan *E.coli* dan *S. aureus*.

Berdasarkan analisa ragam (Lampiran 2.9), menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi filtrat kunyit putih berpengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap diameter zona bening yang terbentuk, akan tetapi perlakuan konsentrasi pati jagung tidak memberikan pengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap diameter zona bening yang terbentuk. Hasil analisa ragam juga menunjukkan bahwa tidak adanya interaksi antar perlakuan yang diberikan. Rerata diameter zona bening yang terbentuk akibat adanya perlakuan jenis kunyit dapat dilihat pada Tabel 4.9

**Tabel 4.9** Rerata Zona Hambat *Edible Film* terhadap *S.aureus* akibat Konsentrasi Kunyit Putih

| Konsentrasi Kunyit Putih (%) | Diameter Zona Hambat (mm) | BNT 5% |
|------------------------------|---------------------------|--------|
| 1                            | 7,28 a                    | 0,59   |
| 4                            | 7,72 a                    |        |
| 7                            | 8,44 b                    |        |

Keterangan: Nilai yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada ( $\alpha=5\%$ )

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan yang nyata antara *edible film* dengan berbagai konsentrasi kunyit putih. Rerata zona bening pada *edible film* dengan penambahan konsentrasi kunyit putih 7% sebesar 8,44 mm lebih besar dari *edible film* dengan penambahan konsentrasi kunyit putih 4% 7,72 mm dan *edible film* dengan penambahan konsentrasi kunyit putih 1% 7,28 mm. Besarnya daya hambat pada *edible film* dengan penambahan filtrat kunyit putih diduga disebabkan karena adanya senyawa terpenoid yang terkandung dalam filtrat kunyit putih. Menurut Leela *et al.* (2002) dalam kunyit terdapat sedikitnya lima belas zat dengan komposisi utama berupa *ar-Turmerone* dan *turmerone*. Keduanya merupakan dua dari zat utama penyusun minyak esensial kunyit yang disebut *terpene*. *Terpene* inilah yang mempunyai daya antimikroba, khususnya pada bakteri gram positif.

*Terpene* mempunyai daya antimikroba karena sifatnya yang hidrofob. Sifat ini dapat menyebabkan gangguan integritas membran sel bakteri dengan cara menurunkan cadangan ATP intrasel, menurunkan potensial membran bakteri, menurunkan pH intrasel. (Trombetta *et al*, 2005). Menurut penelitian

Philip *et al* (2009) fraksi heksana dari *Curcuma mangga* menunjukkan aktivitas antimikroba yang signifikan terhadap bakteri *S. aureus* dan *B.subtilis*. Suatu studi terbaru tentang *Curcuma mangga* menyebutkan adanya senyawa tipe diterpene dan senyawa turunannya yang dilaporkan mempunyai aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap bakteri gram positif, gram negatif, dan jamur.

Selain senyawa terpenoid diduga senyawa kurkumin juga berperan menghambat pertumbuhan bakteri. Menurut Parvathy *et al* (2009) kandungan kurkuminoid pada kunyit merupakan senyawa fenolik, oleh sebab itu diduga mempunyai mekanisme yang sama dengan senyawa fenol lainnya dalam fungsinya sebagai antibakteri.

#### 4.3 Perlakuan Terbaik

Pemilihan perlakuan terbaik dilakukan dengan menggunakan metode *multiple atribut* (Zeleny, 1992). Parameter yang digunakan adalah kadar air, transmisi uap air, tensile strength, persen elongasi, warna dan aktivitas antibakteri terhadap bakteri indikator *Escherechia coli* dan *Stapylococcus aureus*. Nilai ideal dari perlakuan terbaik pada metode ini adalah nilai yang sesuai dengan pengharapan yaitu merupakan maksimal atau minimal dari suatu parameter. Parameter dengan nilai ideal maksimal, nilai rerata tertinggi merupakan nilai yang terbaik dan nilai rerata terkecil merupakan nilai yang terburuk, begitu pula sebaliknya untuk nilai ideal minimum. Hasil perhitungan alternatif pemilihan perlakuan terbaik dapat dilihat pada lampiran 2.11.

Berdasarkan hasil perhitungan perlakuan terbaik (Lampiran 2.11), perlakuan terbaik dari *edible film* beranti bakteri terdapat pada perlakuan konsentrasi pati jagung 3% dan konsentrasi filtrat kunyit putih 1%. Nilai parameter uji pada perlakuan terbaik pada *edible film* berantibakteri dapat dilihat pada Tabel 4.10



**Tabel 4.10** Nilai Perlakuan Terbaik *Edible Film* Berantibakteri

| Parameter                                                                     | Perlakuan Konsentrasi Pati jagung 3% dan Filtrat Kunyit Putih 1% |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Kadar Air (%)                                                                 | 13,68                                                            |
| Transmisi Uap Air (g/m <sup>2</sup> .jam)                                     | 0,67                                                             |
| <i>Tensile Strength</i> (N/cm <sup>2</sup> )                                  | 7,51                                                             |
| Persen <i>Elongasi</i> (%)                                                    | 30                                                               |
| Kecerahan                                                                     | 64,24                                                            |
| Kemerahan                                                                     | 21,32                                                            |
| Kekuningan                                                                    | 8,64                                                             |
| Aktivitas Antibakteri terhadap Bakteri Indikator <i>Escherechia coli</i> (mm) | 7,83                                                             |
| Antibakteri terhadap Bakteri Indikator <i>Stapylococcus aureus</i> (mm)       | 7,33                                                             |

Hasil perlakuan terbaik jika dibandingkan dengan penelitian *edible film* yang pernah dilakukan di THP FTP UB pada Tabel 2.6, nilai *tensile strength* pada penelitian ini merupakan yang paling baik karena paling tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Menurut Mindawati (2006) *tensile strength* merupakan tekanan regangan maksimal yang bisa diterima *edible fim* hingga putus, sehingga semakin besar nilai *tensile strength* akan semakin baik. Nilai persen *elongasi* pada penelitian sebelumnya masih lebih baik dari penelitian ini. Pada penelitian ini diperoleh nilai *elongasi* sebesar 30% sementara pada penelitian sebelumnya yaitu penelitian Adyafahmi (2012) diperoleh nilai *elongasi* sebesar 625%. Sama halnya dengan *tensile strength* semakin besar nilai *elongasi* akan semakin baik, hal tersebut dikuatkan oleh pernyataan Krochta (1994) *elongasi* merupakan proses pemanjangan maksimal yang dialami oleh *edible film* saat mulai sobek.

Zona hambat terhadap *E.coli* dan *S.aureus* pada penelitian ini lebih baik jika dibandingkan dengan penelitian Putra (2013) dan Budyanto (2013) yang menggunakan penambahn ekstrak daun jati sebagai antibakteri pada *edible film*. Pada penelitian Putra (2013) dengan penambahan ekstrak daun jati sebesar 20% (v/vtotal) diperoleh zona hambat terhadap *E.coli* dan *S.aureus* sebesar 8,85 mm dan 7,18 mm. Pada penelitian Budyanto (2013) penambahan ekstrak daun jati sebesar 20% (v/vtotal) diperoleh zona hambat terhadap *E.coli* dan *S.aureus* sebesar 6 mm dan 6,5 mm. Sedangkan pada penelitian ini dengan penambahan filtrat kunyit putih 1% (v/vtotal) diperoleh zona hambat terhadap *E.coli* dan *S.aureus* sebesar 7,83 mm dan 7,33 mm. Nilai zona hambat bakteri pada penelitian ini dengan penambahan filtrat kunyit putih 1% (v/vtotal) termasuk lebih

besar dari dua penelitian sebelumnya dengan penambahan ekstrak daun jati sebesar 20% (v/vtotal).

Hasil perlakuan terbaik *edible film* jika dibandingkan dengan standar *edible film* komersil dari *Japanese Industrial Standart* pada Tabel 2.1, nilai *tensile strength* pada perlakuan terbaik yaitu 7,51 (N/cm<sup>2</sup>) menempati grade 4 dengan nilai minimal *tensile strength* 7,00 (N/cm<sup>2</sup>). Nilai *tensile strength edible film* perlakuan terbaik pada penelitian ini cukup baik, karena menurut standar tingkat *tensile strength* terdiri dari 15 grade, dan *edible film* pada perlakuan terbaik ini menempati grade 4. *Elongasi edible film* perlakuan terbaik yaitu 30% menurut standar (Tabel 2.1) menempati grade 8 dengan nilai minimal *elongasi* 30%, sedangkan nilai transmisi uap air perlakuan terbaik pada penelitian ini yaitu 0,67 (g/m<sup>2</sup>.jam) menempati grade 6 dengan nilai maksimal transmisi uap air 0,7 (g/m<sup>2</sup>.jam).





## V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi pati jagung berpengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap ketebalan, nilai persen *elongasi* dan *tensile strength edible film*. Perlakuan konsentrasi filtrat kunyit putih berpengaruh nyata ( $\alpha=0,05$ ) terhadap ketebalan, tingkat kecerahan, tingkat ke kuningan, serta zona hambat *S.aureus* dan *E.coli*.
2. Perlakuan terbaik diperoleh pada penambahan konsentrasi pati 3% dan filtrat kunyit putih 1% dengan nilai kadar air 13,68 (%), ketebalan 0,204 (mm), transmisi uap air 0,67 (g/m<sup>2</sup>.jam), *tensile strength* 7,51 (N/cm<sup>2</sup>), *Elongasi* 30 (%), Kecerahan (L) 64,24, Kemerahan (a) 21,32, Kekuningan (b) 8,64, zona hambat terhadap *E.coli* 7,83 (mm) dan zona hambat terhadap *S.aureus* 7,33 (mm).

### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaplikasian *edible film* pada produk pangan sehingga dapat menunjukkan sifat *edible film* berantibakteri dalam melindungi produk pangan.
2. Perlu dilakukan *pre-treatment* yang dapat mencegah perubahan warna pada kunyit putih menjadi kuning atau kecoklatan sehingga didapatkan *edible film* dengan sifat fisik lebih baik.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kemampuan antibakteri *edible film* terhadap jenis mikroba lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abas, F., N. H. Lajis, K. Shaari, D. A. Israf, J. Stanslas, U. K. Yusuf, dan S. M. Raof. 2005. **A Labdane Diterpene Glucoside from The Rhizome of Curcuma Mangga**. American Chemical Society of Pharmacognosy, Published on Wed 28 Agustus 2005.
- Achmadi, Dedi. 2011. **Pembuatan Edible Film Pati Jagung dengan Penambahan Tomat (*Solanum lycopersicum*)**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Angka SL, Suhartono MT. 2000. **Bioteknologi Hasil Laut**. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Laut Institut Pertanian Bogor.
- Anonymous. 2000. **Kunyit Mencegah Kanker**. [http://www.mweb.co.id/situsku/kunir\\_putih](http://www.mweb.co.id/situsku/kunir_putih). dalam: T. Nirbita. 2002. **Uji Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Kunyit Putih dan produk Olahannya**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya Malang.
- Anonymous. 2010. **Curcuma mangga**. Dilihat 20 Desember 2012. <[http://www.jircas.affrc.go.jp/project/value\\_addition/Vegetables/images/042A.jpg](http://www.jircas.affrc.go.jp/project/value_addition/Vegetables/images/042A.jpg)>
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis the Association of Official Analytical Chemist**. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Arvanitayannis, E. Psomiadou, A. Nakayama, S. Alba and N. Yamamoto. 1997. **Edible Film Made From Gelatin, Soluble Starch and Poliol**. Part 3. Journal Food Chemistry 60(4):593-604
- Astuti, BT. 2008. **Pengembangan Edible Film Kitosan dengan Penambahan Asam Lemak dan Esensial Oil: Upaya Perbaikan Sifat Barrier dan Aktivitas Antimikroba**. Skripsi Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Berdy, Janos. 2005. **Bioactive Microbial Metabolites (review article)**. J.Antibiot. 58(1):1-26
- Brody,A.L.2005.**Packaging**. Dilihat 20 Juni 2013. <http://www.nwfpa.org/eweb/docs/>



Energy\_Portal\_Doc/Efficiency\_Practices/Process\_Efficiency/Packaging/Fact%20Sheets/Edible%20Packaging.pdf.

Buckle, K.A., R.A Edwards, G.H Fleet dan M. Wotton. 1997. Penerjemah Purnomo, H. dan Adiono. **Ilmu Pangan**. Universitas Indonesia Press. Jakarta Cuq,

Budiman, Doni. 2011. **Pembuatan Edible Film Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Sari Buah Murbei Sebagai Antioksidan** Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.

Buescher, R., dan Yang, L., 1990. **Aluminium Stabilizes Turmeric in Pickle Brine Against Decomposition by Light, Heat and Peroxidase**. J. Food Biochem. 14 : 263-271.

Carter GR, Wise DJ. 2004. **Essential of Veterinary Bacteriology and Mycology**. 6th Ed. Iowa: Blackwell Publishing.

Cha DS, Jin HC, Manjeet SC, Hyun JP. 2002. **Antimicrobial films Based on Na- alginat and k-carragenan**. Lebensm,-wiss.u.-Technol 35: 715-719. Dilihat 29 Desember 2012. <<http://www.elsevier.com/locate/phytochem>>.

Chomnawang, M. T., Surassmo, S., Nukoolkarn, V. S. and Gritsanapan, W. 2005. **Antimicrobial effects of Thai Medicinal Plants against acne-inducing bacteria**. J. Ethnopharmacol. 10: 303-330

Cuq, B; Nathalie .G; Jean. L.C; Stephane .G. 1996. **Functional Properties of Myofibril Protein –based Biopakaging Affacted by Film Thicknes**. Journal of Food Science. 6 ( 3 )

David ,M and George S.H.1999. **Glycerol: A Jack Of All Trades**. Dilihat 29 Juni 2013. [http://www.chem.yorku.ca/hall\\_of\\_fame/essays96/glycerol.htm](http://www.chem.yorku.ca/hall_of_fame/essays96/glycerol.htm).

Dewanti, R. 1984. **Pengaruh Bubuk Cabe Merah (Capsicum annum L.) terhadap Pertumbuhan Beberapa Bakteri Penyebab Kerusakan Pangan**. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB Bogor.

Distantina S, Fadilah, Danarto YC, Wiratni, Fahrurrozi M. 2009. **Penentuan viskositas intrinsik karaginan dari rumput laut Euchema cottonii**. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Donhowe, I. G. and Fennema. 1994. **Edible Film and Coating : Characteristics, Formation, definition and Testing Methods**. Di dalam Krochta, J. M., E. A. Baldwin and M. O.

Druchta.J.M and Catherine D. J. 2004 .**An Update on Edible Films**. Dilihat 29 Juni 2012. <http://www.csaceliacs.org>.

Du, W. X., Roberto J. A. B., Sui S. T. H. and Tara H. M. 2011.**Antimicrobial volatile essential oils in edible filmsfor food safety**.Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California, Davis, Davis, CA. USA.

Estiningtyas, Heny Ratri. 2010. **Aplikasi Edible Film Maizena Dengan Penambahan Ekstrak Jahe Sebagai Antioksidan Alami Pada Coating Sosis Sapi**. Skripsi. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Fahmitasari Y. 2004. **Pengaruh penambahan tepung karagenan terhadap karakteristik sabun mandi cair [skripsi]**. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

[FAO] Food and Agriculture Organization. 2007. **Carrageenan**. Dalam:

[http://apps.fao.org/jecfa/additive\\_specs/htm](http://apps.fao.org/jecfa/additive_specs/htm). Dilihat tanggal 12 Desember 2012.

Fardiaz D. 1989. **Hidrokoloid**. Bogor: Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan.

Fennema O.R., 1996. **Food Chemistry**. University of Wisconsin, Madison. 3rd edition. Marcel Dekker Inc. New York

Friedman, et al., 2009. **Cinnamaldehyde content in foods determined by gas chromatography-mass spectrometry**. J Agric Food Chem 48 (11):5702-9

Ganiswara, S.G. 1995. **Farmakologi dan Terapi**. Edisi IV Bagian Farmakologi . Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta.

Glicksman, M.1982. **Food Hidrocolloid.Vol II**. CCR Press Becaraton. Florida.



Goldberg, S and Williams, J. 1991. **Consumer Perception And Application of Edible Coating On Fresh-Cut fruits And Vegetables**. B.S., Osmania University College of Technology. Lousiana State University. Lousiana

Gontard, N., Guilberts, and Cuq, J.L. 1993. **Water and Glycerol as Plastiziers Effect Mechanical and Water Vapour Barrier Properties of an Edible What Gluten Film**. Journal of Food Science 58 (1).

Griffin.W.C.M and J.Lynch. 1968 . **Polyhidric Alcohol in Furia ,Hand book of food Additives**. The Chemical Rabber co. Ohio

Guilbert, S. and B Biquet. 1990. **Edible Film and Costing in Food Packaging Technology Vol 1**. VCH Publishers, Inc. New York

Hall SR. 2009. **Biotemplating (Complex Structures From Natural Materials)**. Singapore: Imperial College Press. Hal 65-66

Han, J.H. and Gennadios, A. 2005. **Inovation in Food Packing**. Elsevier Ltd. New York

Harjanti, Ratna Sri. 2008. **Pemungutan Kurkumin dari Kunyit (*Curcuma domestica val.*) dan Pemakaiannya Sebagai Indikator Analisis Volumetri**. Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 2, No. 2, 2008.

Hariana, Arief. 2006. **Tumbuhan obat dan khasiatnya**. Penebar Swadaya : Jakarta Hlm 73-74.

Harris, H. 1999. **Kajian Teknik Formulasi terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Ubi Kayu, Aren, dan Sagu untuk Pengemas Produk Pangan Semibasah**. Tesis. Program Studi Ilmu Pangan Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Henrique, C. M., R. F. Teofilo, L. Sabino, M. M. C. Ferreira, dan M. P. Cereda. 2007. **Classification of Cassava Starch Film by Physicochemical Properties and Water** Vapor Permeability Quantification by FTIR and PLS. Journal of Food Science. 74: E184-E189 (on line). Dilihat 20 September 2012. <<http://chipre.iqm.unicamp.br/~marcia/Pub104.pdf>>.

Hilyatuzzahroh. 2006. **Korelasi Kadar Tanin Pada Produk Teh Komersial dengan Aktivitasnya Sebagai Senyawa Antibakteri EPEC K1-1**. Skripsi. FMIPA-IPB. Bogor.

Hudha, Zazan Nuzulul. 2011. **Aktivitas Antioksidan Dan Antibakteri Dari Fraksi Non Polar Ekstrak Kunyit (Kajian Jenis Kunyit Dan Lama Ekstraksi)**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.

Hui, Y. H. 2006. **Handbook of Food Science, Technology and Engineering, Volume I**. CRC Press : USA

Imeson AP. 2000. **Carrageenan**. Di dalam Phillips GO, Williams PA (Eds). Handbook of Hydrocolloids. Boca Raton: CRC Press.

Imeson A. 2010. **Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents**. Inggris: Blackwell Publishing.

Johnson JR. 2007. **Evolution of Pathogenic Escherichia coli**. Di dalam: Donnenberg M, editor. Virulence Mechanisms of a Versatile Pathogen. San Diego: Academic Pr.

Kasihani, N.M.O. 2000. **Daya Hambat Kunyit terhadap Pertumbuhan Escherichia coli Penyebab Colibacillosis pada Babi secara In Vitro**. Skripsi. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Udayana. Denpasar. Hal 19 – 24.

Kinzel, B. 1992. **Protein-Rich Edible Coatings for foods**. Agricultural research. May 1992

Krochta, J.M. 1992. **Control Of Mass Transfer In Food With Edible Coating And Film**. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster, USA.

Krochta, J.M. 1994. **Control of Mass Transfer in Food with Edible Coatings and Film**. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster, USA.

Krochta, J. M. dan Johnston, C. deMulder. 1997. **Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities**. Food Technol 51(2):61-74.



Kunkel D. 2009. ***Escherichia coli***. Dilihat Maret 2013. <<http://www.astrograpich.com>>.

Kusumasmarawati, A.D., 2007. **Pembuatan Pati Garut Butirat dan Aplikasinya dalam Pembuatan Edible Film**. Tesis. Program Pascasarjana. UGM. Yogyakarta

Kusumopradono, 1990. **Perubahan Warna Kurkumin pada Pelbagai pH**, Laporan Penelitian Laboratorium Proses, Universitas Diponegoro.

Larotonda FDS, Matsui KN, Sobral PJA, Laurindo JB. 2005. ***Hycroscopicity and water vapor permeability of kraft paper impregnated with starch acetate***. J Food Eng. 71: 394-402.

Larotonda FDS. 2007. ***Biodegradable films and coatings obtained from carrageenan from Mastocarpus stellatus and starch from Quercus suber [tesis]***. Departement of Chemical Engineering, University of Porto.

Lee, J.Y., H.J. Park, C.Y. Lee, W.Y. Choi. 2006. **Extending storagelife minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents**. Lebensm Wiss U Technol. 36: 323-329.

Leela, N.K., Tava, A., Shafi P.M., John, S.P. 2002. **Chemical Composition Of Essential Oils Of Turmeric (*Curcuma longa L.*)**. Acta Pharm. 52 : 137–41.

Li A. 2009. ***Escherichia coli (E. coli) with Pili and Flagella***. Dilihat Maret 2013. <<http://www.nanowerk.com>>.

Madigan, Michael T.; Martinko, John M.; Stahl, David A.; Clark, David P. 2011. **Brock Biology of Microorganisms : Global Edition**. TextbookXpres. Houston, TX, U.S.A.

Makfoeld,d. 1982. **Pengolahan Hasil Nabati**. Agritech. Yogyakarta.

Mangan, Yellia. 2003. **Cara Bijak Menaklukkan Kanker**. Cetakan Pertama. Depok : Penerbit PT Agromedia Pustaka.

- Marseno, D. W. 2000. **Pengaruh Sorbitol Terhadap Sifat Meknik dan Transmisi Uap Air Film dari Pati Jagung**. Prosiding Seminar Nasional Industri Pangan. Vol I. Hal 221-231. PATPI. Surabaya
- Mc. Hugh and J.M Krochta. 1994. **Sorbitol vs Glycerol Plastizied Whey Protein "edible film"**: Integrated Oxygen Permeability and Tensile Strenght Evaluation. Journal of Agriculture and Food Chem. 42 (4).
- Mindarwati, E. 2006. **Kajian Pembuatan Edible Film Komposit Dari Karagenan Sebagai Pengemas Bumbu Mie Instan Rebus**. Tesis Magister. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Miwing, N.W. 2010. **Ekstraksi Senyawa Antibakteri Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) Serta Aktivitasnya Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli***. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Mohammad, R., Ahmad, M., Daud, J.M., 2007. **Potensi Kurkumin Sebagai Penunjuk pH Semula jadi Untuk Pembangunan Sensor Optik pH**, M.J.A.S II, 351-360.
- Muhlisah, Fauziah. 1999. **Temu-temuan & Empon-empon, Budi Daya dan Manfaat**. Penerbit Kanisius : Yogyakarta.
- Munarso, S.J. dan R. Muji Sihono. 1993. **Teknologi Pengolahan Jagung Untuk Menunjang Agroindustri Pedesaan**. Makalah Disampaikan Pada : Symposium Penelitian Tanaman Pangan III. Puslitbangtan. Bogor. 23h.
- Nadarajah K. and Prinyawiwatkul W. 2002. **Filmogenic Properties Of Crawfish Chitosan**. [abstract]. In: 54th Pacific Fisheries Technologists Annual Meeting Book of Abstracts; 2002 February 24-27; Reno, NV. Abstract nr 37
- Nasaputra, M. A. 2012. **Pengaruh Konsentrasi Pati Jahe Emprit (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) dan Asam Stearat terhadap Karakteristik Fisik, Kimia, dan Organoleptik Edible Film**. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Nisperos-Carreido. 1994. **Edible Coating and Film to Improve Food Quality**. Technomic Publ., Inc. Lancaster, USA.



Nirbita, T. 2002. **Uji Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri (*Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*) Kunyit Putih dan Produk Olahannya (Bubuk dan Effervescent Kunyit Putih)**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.

Nugroho, N.A., 1998. **Manfaat dan Prospek Pengembangan Kunyit**, hal. 3, 4, 40-41, PT Trubus Agriwidya, Ungaran.

Nuridiana, Dani. 2002. **Karakteristik Fisik *Edible Film* dari Khitosan dengan Sorbitol sebagai *Plasticizer***

Oktaviana, Prima Riska. 2010. **Kajian Kadar Kurkuminoid, Total Fenol Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza* Roxb.) Pada Berbagai Teknik Pengeringan Dan Proporsi Pelarutan**. Skripsi. Jurusan/Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta

Parvathy, K.S., Negi, P.S. and Srinivas, P. 2009. **Antioxidant, Antimutagenic, and Antibacterial Activities of Curcumin- $\beta$ -diglucoside**. Food Chemistry. Volume 115, Issue 1, Pp 265-271

Pleczar, M.J. dan E.C.S. Chan. 1988. **Dasar-dasar Mikrobiologi I**. Penerjemah Hal. R.S. Hadioetomo, T. Imas, S.S. Tjitrosomo, S.L. Press. Jakarta.

Pelczar, Michael J. dan E.C.S. Chan. 1998. **Dasar-Dasar Mikrobiologi**. Jakarta: UI Press.

Philip, K., Malek, S.N.A., Sani, W., Shin, S.K., Kumar, S., Lai, H.S., Serm, L.G. and Rahman, S.N. S. A. 2009. **Antimicrobial Activity of Some Medicinal Plants from Malaysia**. American Journal of Applied Sciences 6 (8): 1613-1617.

Pramadita, Rissa Citraning. 2011. **Karakterisasi Edible Film Dari Tepung Porang (*Amorphophallus Oncophyllus*) Dengan Penambahan Minyak Atsiri Kayu Manis (*Cinnamon Burmani*) Sebagai Antibakteri**. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang

Pujimulyani, D., S. Raharjo, Y. Marsono, dan U. Santoso. 2012. **The Effect of Size Reduction and Preparation Duration on The Antioxidant Activity of White Saffron (*Curcuma mangga* Val.)**. Journal of Food and Pharmaceutical Science 1 (2013) 18-21.

Purwitasari, D. 2001. **Pembuatan “edible film” (Kajian Konsentrasi Tapioka dan Konsentrasi Karaginan Terhadap Beberapa Sifat Fisik “edible film”)**. Teknologi Hasil Pertanian, FTP, Universitas Brawijaya. Malang.

Putra, D. 2013. **Formulasi Edible film sebagai Antibacterial Active Packaging dengan Penambahan Ekstrak Daun Jati (*Tectona grandis*)**. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang

Quinn PJ, Markey BK, Carter ME, Donnelly WJ, Leonard FC. 2002. **Veterinary Microbiology and Microbial Disease**. 2121 Steve Avenue, Ames, Iowa: Blackwell Publishing.

Rahardjo M, Rostiana O. 2005. **Budidaya Tanaman Temulawak**. Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Obat dan Aromatika.

Rahardjo, H.M. 2006. **Tanaman Berkhasiat Antioksidan**. Penebar Swadaya. Depok.

Ray, B. and M. Daeschel. 1992. **Food Biopreservatives of Microbial Origin**. Boca Raton: CRC Press.

Robertsons L. Gordon. 1993. **Food Packaging Principles and Practice**. Marcel Dekker. Inc. New York.

Richana, Nur dan Suarni. 2007. **Teknologi Pengolahan Jagung**. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen. Bogor.

Ray, B. 1996. **Food Microbiology**. CRC Press. New York.

Setiawan, C. 2012. **Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kasar Daun Jati Mas (*Tectona grandis*) Metode Microwave-Assisted Extraction Terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Kajian Waktu Ekstraksi dan Rasio Pelarut: Bahan)**. Skripsi. Program Studi Ilmu Dan Teknologi



Pangan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Brawijaya. Malang

Sharma, GN, Susheel, KD, Nitin, S, dan Jyotsana, S. 2011. **Phytochemical Screening and Estimation of Total Phenolic Content in Aegle marmelos Seeds**. International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research 2011: 3(2): 27-29

Singh,J., Kaur, L., dan Singh, N. 2004. **Effect of Acetylation on Some Properties of Corn and Potato Starch**. Starch. 56. Hal. 586.

Singh. 2008. **Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis**. Ludhiana- New Delhi. Kalyani Publishers. 302p.

Sirikhajornnam, Pongchayont dan Panu Danwanichakul. 2006. **A Preliminary Study of Preparing Biodegradable Film From Starch**. Thammasat University. Thailand.

Stahl, E., 1985. **Analisa Obat Secara Kromatografi dan Mikroskopi**, hal. 3-18, 190-191, Institut Teknologi Bandung.

Suryaningrum ThD, Murdinah, Mei DE. 2005. **Pengaruh perlakuan alkali dan volume larutan pengekstrak terhadap mutu karaginan dari rumput laut Eucheuma cottonii**. Jurn. Pen. Perik. Ind. 9 (5) : 65-103.

Thomas, A.N.S. 1995. **Tanaman Obat Tradisional**. Kanisius. Yogyakarta.

Tizard IR. 2004. **Veterinary Immunology: an Introduction Sixth Edition**. Pennsylvania: WB Saunders.

Todar K Phd. 2008. **Staphylococcus Aureus And Staphylococcal Disease**. Online textbook of bacteriology.

Trihendrokesowo, Kusniyo., dan Suparwoto. 1996. **Microbiological Concern Pathogen**. Fakultas Kedokteran. UGM. Yogyakarta.

Trombetta, D., Castelli, F., Sarpietro, M.G., Venut,V., Cristani, M., Daniele, C., Saija, A., Mazzanti, G., and Bisignano, G. 2005. **Mechanisms of Antibacterial Action of Three Monoterpenes**. Antimicrobial Agents And Chemotherapy. 49: 2474-78.

Volk and Wheller, 1984, **Mikrobiologi Dasar**, diterjemahkan oleh Soenartono Adisoemarto, hal. 137-138, Erlangga, Jakarta

Ward, I.M and D.W Hadlye. 1993. **An Introduction On The Mechanical Properties of Solid Polymer**. Wiley, New York Westerman, K. 1997. What is Glycerin?. Dilihat 19 September 2012.  
<<http://En.PioneerThinking.com/glicerin>>

Westerman, R. L. 1997. **Carbohydrate Chemistry For Food Scientist**. Eagen Press. Minnessota

Widiyanti, Ratna. 2006. **Analisa Kandungan Antioksidan dan Fenol pada Jahe**. Universitas Indonesia. Jakarta.

Winarno. 1996. **Teknologi Pengolahan Rumput Laut**. Edisi I. Pustaka Sinar.

Winarti, Tri Marwati. Djajeng Sumangat. 1996. **Aktivitas Antibakteri pada Rimpang Kunyit**. Prosiding Simposium Nasional 1 Tumbuhan Obat dan Aromatik APINMAP.

Winarto, WP. 2005. **Khasiat dan Manfaat Kunyit**. PT Agromedia Pustaka. Jakarta

Whistler, R. L and J. N. Bemiller. 1997. **Carbohydrate Chemistry For Food Scientist** Dalam Putra, D. 2013. **Formulasi Edible film sebagai Antibacterial Active Packaging dengan Penambahan Ekstrak Daun Jati (*Tectona grandis*)**. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang

Whistler, R.L. J.N. Bemiller dan E.F. Paschall. 1984. **Starch: Chemistry and Technology**. Academic Press. Inc. Toronto. Tokyo

Yani, Fitri, Setyaningrum Ariviani, MAM. Andriani. 2013. **POTENSI TEMU MANGGA (*Curcuma mangga* Val.) SEBAGAI MINUMAN FUNGSIONAL**. Jurnal Teknosains Pangan Vol 2 No 3 Juli 2013

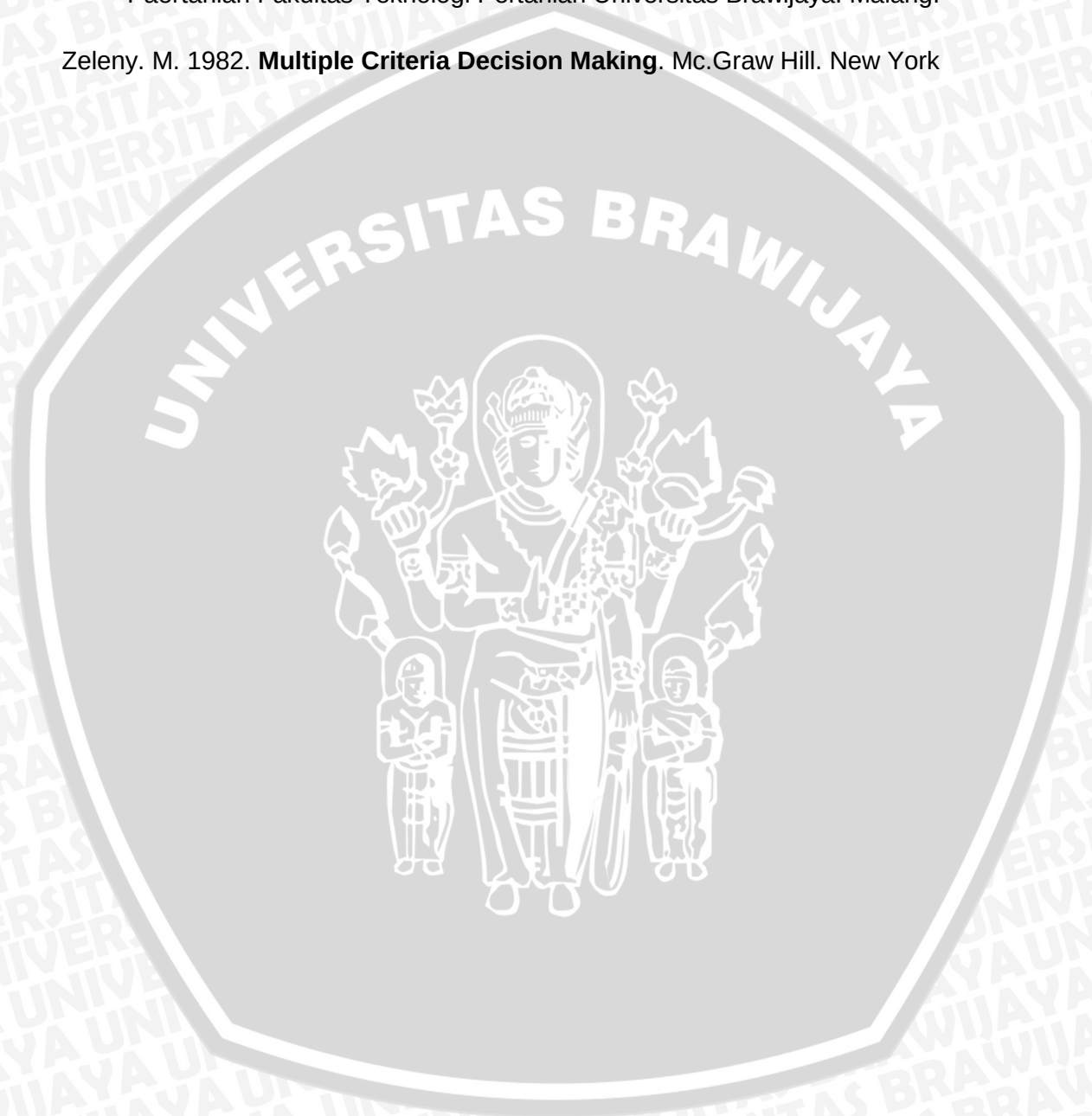
Yasinta, E.P. 2008. **Karakterisasi Edible Film dari Tepung Porang dengan penambahan Gliserol sebagai Plasticizer**. Unibraw. Malang



Yorikho. 2010. **Kunir Putih atau Temu Mangga**. Dilihat 20 September 2012.  
<<http://devanjer.blogspot.com/2010/05/kunirputih-atau-temu-mangga.html>>.

Yuwono, S.S. dan T. Susanto. 1998. **Pengujian Fisik Pangan**. Teknologi Hasil  
Paertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.

Zeleny. M. 1982. **Multiple Criteria Decision Making**. Mc.Graw Hill. New York



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Prosedur Analisa

#### 1.1 Kadar Air (Metode Oven Kering) (AOAC, 1990).

- Sampel ditimbang sebanyak 2-5 gram pada cawan porselin yang telah diketahui beratnya.
- Cawan tersebut dimasukkan ke dalam oven selama 3- 4 jam pada suhu 100-105 °C atau sampai beratnya menjadi konstan.
- Sampel kemudian dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator dan segera ditimbang setelah mencapai suhu kamar.
- Masukkan kembali bahan tersebut ke dalam oven sampai tercapai berat yang konstan (selisih antara penimbangan berturut-turut 0,002 gram)
- Kehilangan berat tersebut dihitung sebagai presentase kadar air dan dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{botol timbang+bahan})_{\text{awal}} - (\text{botol timbang+bahan})_{\text{konstan}}}{(\text{botol timbang+bahan})_{\text{konstan}} - \text{botol timbang konstan}} \times 100\%$$

#### 1.2 Analisa Warna (Yuwono dan Susanto, 1998).

- Sampel diletakkan di dalam gelas atau wadah tembus pandang memiliki sisi datar.
- Hidupkan *color reader*.
- Tentukan target pembacaan  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  *color space*.
- Ukur warnanya dimana bacaan  $L^*$  untuk parameter tingkat kecerahan sedangkan  $a^*$  dan  $b^*$  untuk koordinat kromatisitas.

#### 1.3 Penentuan Ketebalan Film (Cuq et al., 1996)

Sampel diukur dengan menggunakan mikrometer pada 5 tempat yang berbeda kemudian hasil pengukuran dirata-rata sebagai hasil ketebalan film. Ketebalan dinyatakan dalam mm. Mikrometer dengan ketelitian 0.01 mm.

#### 1.4 Perpanjangan Film (Cuq et al., 1996)

Penggunaan LLOYD Instrumen

- Menghidupkan mesin LLOYD kurang lebih 30 menit untuk pemanasan.
- Menghidupkan computer untuk program LLOYD tekan angka 1 enter.
- Masukkan disket ke drive B.
- Kursor ditempatkan di installation enter.
- Kursor diletakkan di machine control enter.



- f. Setelah antara mesin LLOYD dan computer terjadi hubungan maka di layer akan tampil program LLOYD INSTRUMEN STANDAR.
- g. Kursor diletakkan di Break Detector, di ON kan dengan menekan tanda (+).
- h. Kursor diletakkan di Auto Return, di ON kan apabila sampel lebih dari satu ukuran yang sama.
- i. Kursor ditempatkan di Auto Zero di ON kan supaya antara Load dan Extention menunjukkan angka 0.0 pada waktu Go (pengujian).
- j. Kursor diletakkan di Cycle di ON kan maka akan muncul Count:1 untuk di uji tarik.
- k. Kursor diletakkan di Mode Pilih: Compression (penekanan), Tension (tarikan).
- l. Kursor diletakkan di Extensometer pilih internal, maksudnya komputer secara otomatis akan mencatat jarak yang ditempuh oleh penekanan atau tarik.
- m. Kursor ditempatkan di Y axis atau X axis, agar tercatat kecepatan gerakan penekanan/penarik pada waktu pengujian.
- n. Kursor ditempatkan di Inch Speed (mm/min), Width (lebar sampel, mm), Dept (tebal sampel, mm), Gauge Length (panjang sampel, mm).
- o. Taruhlah aksesoris penarik. Meletakkan sampel di bawah aksesoris penarik.
- p. Menekan F9 untuk menuju layar grafik.
- q. Menekan F7 untuk pengujian, setelah pengujian selesai, tekan huruf S untuk saved data. Hasil pengukuran berupa grafik, kemudian dilakukan perhitungan persen elongasi.

$$\% \text{ Elongasi} = \frac{t \text{ (menit)} \times \text{test speed (mm/menit)}}{\text{Panjang film}} \times 100\%$$

### 1.5 Kekuatan Regang Putus Film atau “Tensile strength” (Cuq et al., 1996)

Kekuatan regang putus diatur dengan menggunakan Lloyd instrument dengan cara:

- a. Bahan yang akan diuji dipotong dengan bentuk (sesuai spesifikasi alat) dan ukuran tertentu, kemudian dipasang pada alat.
- b. Tombol start ditekan 2 kali. Tekanan 1 akan mengaktifkan alat dan tekanan 2 akan mengoperasikan alat (berlangsungnya pengujian). Pada alat akan

terbaca gaya yang diberikan sampai film terputus (sobek) serta penambahan panjang.

- c. Kekuatan regang putus dihitung dengan membagi gaya maksimal yang diberikan pada film sampai sobek (Newton) dibagi dengan luas penampang film ( $\text{mm}^2$ ).

#### 1.6 Transmisi Uap Air

- a. Edible film dipotong berdiameter  $\pm 5\text{cm}$  dan diletakkan diantara dua wadah (minuman gelas).
- b. Wadah 1 diisi air dan wadah ke 2 diberi silika gel yang telah diketahui beratnya (konstan)
- c. Didiamkan selama 24 jam dan transmisi uap air dihitung dengan rumus

$$\text{Transmisi Uap Air} = \frac{W}{A \times T}$$

Dimana: W = perubahan berat setelah 24 jam

A = luas area film ( $\text{m}^2$ )

T = waktu (24 jam)

#### 1.7 Prosedur pembuatan media Nutrient Broth

- a. Disediakan bubuk nutrient broth
- b. Ditimbang 0,13 gram bubuk nutrient broth
- c. Dimasukkan ke dalam tabung reaksi
- d. Ditambahkan akuades (air suling) 10 ml
- e. Dilakukan pengadukan
- f. Disterilisasi 1210 C selama 15 menit
- g. Nutrient broth 10 ml

#### 1.8 Prosedur pembuatan media Nutrient Agar

- a. Disediakan bubuk *nutrient agar*
- b. Ditimbang 28 gram bubuk *nutrient agar*
- c. Dimasukkan kedalam Erlenmeyer
- d. Ditambahkan akuades (air suling) 1000 ml
- e. Dilakukan pengadukan
- f. Dipanaskan hingga mendidih
- g. Disterilisasi 121<sup>0</sup> C selama 15 menit
- h. *Nutrient agar* 1000 ml



### 1.9 Uji Aktivitas Daya Hambat *Edible Film* Antibakteri (Modifikasi Miwing, 2010)

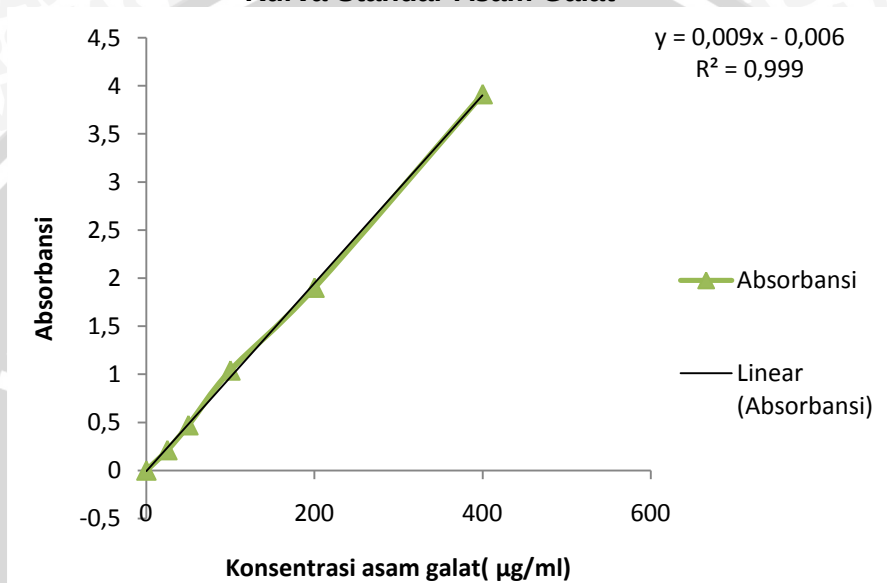
- Nutrient Agar* (NA) yang telah disterilisasi didinginkan hingga suhu 50°C. kultur masing-masing bakteri yang berumur 10 jam dimasukkan ke dalam NA 60µl untuk setiap 20 ml NA.
- Pembuatan agar cawan dengan ketebalan 4-5 mm.
- Edible film* antibakteri dipotong dengan diameter 5 mm.
- Ditempel di permukaan agar
- Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam dengan posisi cawan keatas. Diamati adanya penghambatan dan diukur diameter penghambatannya. Tahap ini dilakukan sebanyak tiga kali.

### 1.10 Prosedur pembuatan kurva standar asam galat (Sharma, 2011)

- Dibuat larutan asam galat stok 1000 µg/ml
- Diencerkan hingga diperoleh larutan asam galat 25 µg/ml, 50 µg/ml, 100 µg/ml, 200 µg/ml, dan 400 µg/ml
- Diambil 1 ml tiap konsentrasi larutan asam galat, dimasukkan ke tabung reaksi
- Ditambahkan larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 75 g/L 4 ml dan reagen Follin-Ciocalteau (diencerkan 1:10) 5 ml
- Divortex
- Diinkubasi 1 jam suhu ruang dalam kondisi gelap
- Dipipet 2 ml ke kuvet untuk di ukur absorpsi pada panjang gelombang (λ) 765 nm
- Dibuat kurva standar asam galat dengan x = konsentrasi larutan asam galat dan y = absorbansi.
- Dihitung persamaan regresi dan R<sup>2</sup>

| Konsentrasi<br>( $\mu\text{g/ml}$ ) | Absorbansi |
|-------------------------------------|------------|
| 0                                   | 0          |
| 25                                  | 0,212      |
| 50                                  | 0,471      |
| 100                                 | 1,04       |
| 200                                 | 1,901      |
| 400                                 | 3,913      |

Kurva Standar Asam Galat



### 1.11 Prosedur analisa total fenol (Sharma, 2011)

- Diukur sampel yang akan diuji dengan volume 1 ml
- Ditambahkan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  75 g/L 4 ml dan reagen Follin-Ciocalteau (diencerkan 1:10) 5 ml
- Divortex
- Diinkubasi selama 1jam di suhu ruang pada kondisi gelap
- Diambil 2 ml ekstrak diisikan ke dalam kuvet
- Diukur absorbansi pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 765 nm
- Dikalibrasikan dengan kurva standar asam galat untuk didapatkan total fenol dalam  $\mu\text{g GAE/ml}$
- Dihitung total fenol dalam  $\mu\text{g GAE/g}$  dengan persamaan

$$C = \frac{C_{\text{GAE}} \times V}{G}$$



Keterangan:

C = kadar total fenol ( $\mu\text{g/g}$ )

$C_{\text{GAE}}$  = kadar total fenol dalam bentuk ekuivalen asam galat ( $\mu\text{g/ml}$ )

V = volume ekstrak yang dihasilkan (ml)

G = massa bahan (g)

### 1.12 Pengukuran pH dengan pH meter (AOAC, 1990)

- Sampel yang telah dihomogenkan diambil kurang lebih 30 ml dan ditempatkan pada beaker glass 50 ml
- pH meter dikalibrasi dengan menggunakan buffer pH 4 dan pH 7, lalu dibersihkan dengan aquades
- Dilakukan pengukuran pH sampel
- Setiap kali akan mengukur pH sampel yang lain, sebelumnya probe dibersihkan dengan aquades terlebih dahulu

### 1.13 Pemilihan Perlakuan Terbaik (Zeleny, 1992)

Untuk menentukan kombinasi perlakuan terbaik digunakan metode *multiple attribute* dengan prosedur pembobotan sebagai berikut:

#### a. Menentukan nilai ideal pada masing – masing parameter

Nilai ideal adalah nilai yang sesuai dengan pengharapan yaitu nilai maksimal atau minimal dari suatu parameter. Untuk parameter dengan rerata semakin tinggi semakin baik, maka nilai terendah sebagai nilai terjelek dan nilai tertinggi sebagai nilai terbaik. Berikut merupakan nilai ideal parameter pada penelitian ini.

| Parameter             | Asumsi nilai ideal |
|-----------------------|--------------------|
| Aktivitas antibakteri | Tertinggi          |
| Kadar Air             | Terendah           |
| Tensile Strength      | Tertinggi          |
| Elongasi              | Tertinggi          |
| Transmisi Uap Air     | Terendah           |
| Warna                 | Tertinggi          |

**b. Menghitung derajat kerapatan (dk)**

Derajat kerapatan dihitung berdasarkan nilai ideal dari masing-masing parameter.

Bila nilai ideal minimal, maka:

$$dk = \frac{\text{nilai kenyataan yang mendekati ideal}}{\text{nilai ideal dari masing - masing alternatif}}$$

Bila nilai ideal maksimal, maka:

$$dk = \frac{\text{nilai ideal dari masing - masing alternatif}}{\text{nilai kenyataan yang mendekati ideal}}$$

**c. Menghitung jarak kerapatan (Lp)**

Dengan asumsi bahwa semua parameter penting, jarak kerapatan ( $\lambda$ ) dihitung berdasarkan jumlah parameter pada masing-masing perlakuan.

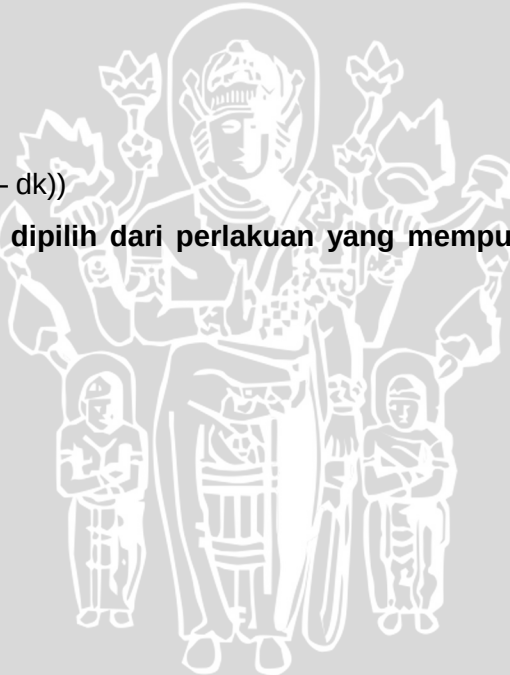
$$\lambda = 1 / \Sigma \text{parameter}$$

$$L1 = 1 - \Sigma(\lambda \times dk)$$

$$L2 = \Sigma (\lambda^2 \times (1-dk)^2)$$

$$L^\infty = \text{nilai maks} (\lambda \times (1 - dk))$$

**d. Perlakuan terbaik dipilih dari perlakuan yang mempunyai nilai L1, L2, dan  $L^\infty$  minimal.**





## Lampiran 2. Analisa Data

### 2.1 Kadar Air

Tabel Data

| PERLAKUAN | ULANGAN |         |         | TOTAL   | RERATA |
|-----------|---------|---------|---------|---------|--------|
|           | I       | II      | III     |         |        |
| P1M1      | 12,562  | 14,722  | 12,217  | 39,500  | 13,167 |
| P1M2      | 12,603  | 14,692  | 8,107   | 35,402  | 11,801 |
| P1M3      | 12,085  | 13,090  | 13,824  | 38,999  | 13,000 |
| P2M1      | 13,508  | 15,839  | 9,191   | 38,538  | 12,846 |
| P2M2      | 13,775  | 12,172  | 11,800  | 37,746  | 12,582 |
| P2M3      | 11,724  | 14,883  | 13,225  | 39,832  | 13,277 |
| P3M1      | 12,611  | 14,788  | 13,636  | 41,035  | 13,678 |
| P3M2      | 13,584  | 13,887  | 14,367  | 41,838  | 13,946 |
| P3M3      | 16,817  | 12,703  | 13,400  | 42,919  | 14,306 |
| TOTAL     | 119,268 | 126,776 | 109,765 | 355,809 |        |
| RERATA    | 13,252  | 14,086  | 12,196  |         | 13,178 |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN | M1      | M2      | M3      | TOTAL   | RERATA |
|-----------|---------|---------|---------|---------|--------|
| P1        | 39,500  | 35,402  | 38,999  | 113,901 | 12,656 |
| P2        | 38,538  | 37,746  | 39,832  | 116,116 | 12,902 |
| P3        | 41,035  | 41,838  | 42,919  | 125,792 | 13,977 |
| TOTAL     | 119,073 | 114,985 | 121,750 | 355,809 |        |
| RERATA    | 13,230  | 12,776  | 13,528  |         | 13,178 |

Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB | JK     | KT    | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|----|--------|-------|----------|---------|--------|
|                |    |        |       |          | 5%      |        |
| Kelompok       | 2  | 16,149 | 8,075 | 2,390    | 3,63    | tn     |
| Perlakuan      | 8  | 13,554 | 1,694 | 0,502    | 2,59    | tn     |
| P              | 2  | 8,887  | 4,444 | 1,315    | 3,63    | tn     |
| M              | 2  | 2,579  | 1,290 | 0,382    | 3,63    | tn     |
| PM             | 4  | 2,088  | 0,522 | 0,155    | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16 | 54,046 | 3,378 |          |         |        |
| Total          | 26 | 83,750 |       |          |         |        |

## 2.2 Transmisi Uap Air

Tabel Data

| PERLAKUAN | ULANGAN |       |       | TOTAL  | RERATA |
|-----------|---------|-------|-------|--------|--------|
|           | I       | II    | III   |        |        |
| P1M1      | 0,733   | 0,698 | 0,788 | 2,219  | 0,740  |
| P1M2      | 0,765   | 0,667 | 0,720 | 2,152  | 0,717  |
| P1M3      | 0,726   | 0,685 | 0,667 | 2,079  | 0,693  |
| P2M1      | 0,750   | 0,656 | 0,734 | 2,140  | 0,713  |
| P2M2      | 0,722   | 0,684 | 0,723 | 2,128  | 0,709  |
| P2M3      | 0,699   | 0,659 | 0,692 | 2,051  | 0,684  |
| P3M1      | 0,652   | 0,661 | 0,708 | 2,020  | 0,673  |
| P3M2      | 0,684   | 0,650 | 0,550 | 1,885  | 0,628  |
| P3M3      | 0,717   | 0,674 | 0,541 | 1,932  | 0,644  |
| TOTAL     | 6,447   | 6,036 | 6,123 | 18,606 |        |
| RERATA    | 0,716   | 0,671 | 0,680 |        | 0,689  |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN | M1    | M2    | M3    | TOTAL  | RERATA |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|
| P1        | 2,219 | 2,152 | 2,079 | 6,450  | 0,717  |
| P2        | 2,140 | 2,128 | 2,051 | 6,319  | 0,702  |
| P3        | 2,020 | 1,885 | 1,932 | 5,837  | 0,649  |
| TOTAL     | 6,379 | 6,166 | 6,062 | 18,606 |        |
| RERATA    | 0,709 | 0,685 | 0,674 |        | 0,689  |

Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB | JK    | KT    | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|----|-------|-------|----------|---------|--------|
|                |    |       |       |          | 5%      |        |
| Kelompok       | 2  | 0,010 | 0,005 | 2,351    | 3,63    | tn     |
| Perlakuan      | 8  | 0,031 | 0,004 | 1,748    | 2,59    | tn     |
| P              | 2  | 0,023 | 0,012 | 5,200    | 3,63    | tn     |
| M              | 2  | 0,006 | 0,003 | 1,304    | 3,63    | tn     |
| PM             | 4  | 0,002 | 0,001 | 0,245    | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16 | 0,036 | 0,002 |          |         |        |
| Total          | 26 | 0,077 |       |          |         |        |



## 2.3 Tensile Strength

Tabel Data

| PERLAKUAN | ULANGAN |        |        | TOTAL   | RERATA |
|-----------|---------|--------|--------|---------|--------|
|           | I       | II     | III    |         |        |
| P1M1      | 3,000   | 4,767  | 3,767  | 11,533  | 3,844  |
| P1M2      | 2,867   | 2,733  | 3,600  | 9,200   | 3,067  |
| P1M3      | 2,500   | 2,367  | 3,767  | 8,633   | 2,878  |
| P2M1      | 5,067   | 5,767  | 8,400  | 19,233  | 6,411  |
| P2M2      | 4,233   | 6,700  | 5,367  | 16,300  | 5,433  |
| P2M3      | 3,967   | 5,833  | 3,567  | 13,367  | 4,456  |
| P3M1      | 4,700   | 9,600  | 8,233  | 22,533  | 7,511  |
| P3M2      | 5,333   | 8,400  | 9,133  | 22,867  | 7,622  |
| P3M3      | 7,067   | 10,667 | 12,800 | 30,533  | 10,178 |
| TOTAL     | 38,733  | 56,833 | 58,633 | 154,200 |        |
| RERATA    | 4,304   | 6,315  | 6,515  |         | 5,711  |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN | M1    | M2    | M3    | TOTAL  | RERATA |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|
| P1        | 11,53 | 9,20  | 8,63  | 29,37  | 3,26   |
| P2        | 19,23 | 16,30 | 13,37 | 48,90  | 5,43   |
| P3        | 22,53 | 22,87 | 30,53 | 75,93  | 8,44   |
| TOTAL     | 53,30 | 48,37 | 52,53 | 154,20 |        |
| RERATA    | 5,92  | 5,37  | 5,84  |        | 5,71   |

Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB | JK     | KT    | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|----|--------|-------|----------|---------|--------|
|                |    |        |       |          | 0,050   |        |
| Kelompok       | 2  | 26,92  | 13,46 | 8,24     | 3,63    | *      |
| Perlakuan      | 8  | 142,48 | 17,81 | 10,90    | 2,59    | *      |
| P              | 2  | 121,51 | 60,76 | 37,18    | 3,63    | *      |
| M              | 2  | 1,57   | 0,78  | 0,48     | 3,63    | tn     |
| PM             | 4  | 19,40  | 4,85  | 2,97     | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16 | 26,14  | 1,63  |          |         |        |
| Total          | 26 | 195,54 |       |          |         |        |

Uji BNT Faktor P

|           | 3,26 | 5,43 | 8,44 | KTG  | BNT 0,05 |
|-----------|------|------|------|------|----------|
| 3,26      | 0    | *    | *    | 1,63 | 1,28     |
| 5,43      |      | 0    | *    |      |          |
| 8,44      |      |      | 0    |      |          |
| Notasi    | a    | b    | c    |      |          |
| Perlakuan | P1   | P2   | P3   |      |          |

## 2.4 Persen Elongasi

Tabel Data

| PERLAKUAN | ULANGAN |         |         | TOTAL   | RERATA |
|-----------|---------|---------|---------|---------|--------|
|           | I       | II      | III     |         |        |
| P1M1      | 13,300  | 10,000  | 16,700  | 40,000  | 13,333 |
| P1M2      | 10,000  | 16,700  | 36,700  | 63,400  | 21,133 |
| P1M3      | 13,300  | 23,300  | 13,300  | 49,900  | 16,633 |
| P2M1      | 30,000  | 20,000  | 20,000  | 70,000  | 23,333 |
| P2M2      | 20,000  | 20,000  | 43,300  | 83,300  | 27,767 |
| P2M3      | 20,000  | 16,700  | 40,000  | 76,700  | 25,567 |
| P3M1      | 30,000  | 26,700  | 33,300  | 90,000  | 30,000 |
| P3M2      | 26,700  | 26,700  | 36,700  | 90,100  | 30,033 |
| P3M3      | 26,700  | 23,300  | 43,300  | 93,300  | 31,100 |
| TOTAL     | 190,000 | 183,400 | 283,300 | 656,700 |        |
| RERATA    | 21,111  | 20,378  | 31,478  |         | 24,322 |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN | M1    | M2    | M3    | TOTAL | RERATA |
|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|
| P1        | 40,0  | 63,4  | 49,9  | 153,3 | 17,0   |
| P2        | 70,0  | 83,3  | 76,7  | 230,0 | 25,6   |
| P3        | 90,0  | 90,1  | 93,3  | 273,4 | 30,4   |
| TOTAL     | 200,0 | 236,8 | 219,9 | 656,7 |        |
| RERATA    | 22,2  | 26,3  | 24,4  |       | 24,3   |

Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB | JK       | KT     | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|----|----------|--------|----------|---------|--------|
|                |    |          |        |          | 5%      |        |
| Kelompok       | 2  | 693,65   | 346,82 | 6,56     | 3,63    | *      |
| Perlakuan      | 8  | 945,68   | 118,21 | 2,24     | 2,59    | tn     |
| P              | 2  | 821,87   | 410,93 | 7,78     | 3,63    | *      |
| M              | 2  | 75,40    | 37,70  | 0,71     | 3,63    | tn     |
| PM             | 4  | 48,41    | 12,10  | 0,23     | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16 | 845,40   | 52,84  |          |         |        |
| Total          | 26 | 2.484,73 |        |          |         |        |

Uji BNT Faktor P

|           | 17,03 | 25,56 | 30,38 | KTG   | BNT 0,05 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 17,03     | 0     | *     | *     | 52,84 | 7,26     |
| 25,56     |       | 0     | tn    |       |          |
| 30,38     |       |       | 0     |       |          |
| Notasi    | a     | b     | b     |       |          |
| Perlakuan | P1    | P2    | P3    |       |          |



## 2.5 Kecerahan (L)

Tabel Data

| PERLAKUAN     | ULANGAN |         |         | TOTAL     | RERATA |
|---------------|---------|---------|---------|-----------|--------|
|               | I       | II      | III     |           |        |
| P1M1          | 67,000  | 65,170  | 63,470  | 195,640   | 65,213 |
| P1M2          | 61,100  | 63,630  | 55,300  | 180,030   | 60,010 |
| P1M3          | 57,400  | 59,170  | 52,500  | 169,070   | 56,357 |
| P2M1          | 66,430  | 64,970  | 65,300  | 196,700   | 65,567 |
| P2M2          | 60,900  | 60,600  | 58,030  | 179,530   | 59,843 |
| P2M3          | 55,970  | 55,600  | 57,370  | 168,940   | 56,313 |
| P3M1          | 66,230  | 62,970  | 63,530  | 192,730   | 64,243 |
| P3M2          | 61,280  | 59,270  | 58,530  | 179,080   | 59,693 |
| P3M3          | 55,700  | 57,970  | 49,370  | 163,040   | 54,347 |
| <b>TOTAL</b>  | 552,010 | 549,350 | 523,400 | 1.624,760 |        |
| <b>RERATA</b> | 61,334  | 61,039  | 58,156  |           | 60,176 |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN     | M1     | M2     | M3     | TOTAL    | RERATA |
|---------------|--------|--------|--------|----------|--------|
| P1            | 195,64 | 180,03 | 169,07 | 544,74   | 60,53  |
| P2            | 196,70 | 179,53 | 168,94 | 545,17   | 60,57  |
| P3            | 192,73 | 179,08 | 163,04 | 534,85   | 59,43  |
| <b>TOTAL</b>  | 585,07 | 538,64 | 501,05 | 1.624,76 |        |
| <b>RERATA</b> | 65,01  | 59,85  | 55,67  |          | 60,18  |

Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB | JK     | KT     | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|----|--------|--------|----------|---------|--------|
|                |    |        |        |          | 5%      |        |
| Kelompok       | 2  | 55,52  | 27,76  | 6,45     | 3,63    | *      |
| Perlakuan      | 8  | 404,51 | 50,56  | 11,76    | 2,59    | *      |
| P              | 2  | 7,57   | 3,79   | 0,88     | 3,63    | tn     |
| M              | 2  | 393,63 | 196,82 | 45,76    | 3,63    | *      |
| PM             | 4  | 3,30   | 0,83   | 0,19     | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16 | 68,82  | 4,30   |          |         |        |
| <b>Total</b>   | 26 | 528,85 |        |          |         |        |

Uji BNT Faktor M

|                  | 55,67 | 59,85 | 65,01 | KTG  | BNT 0,05 |
|------------------|-------|-------|-------|------|----------|
| 55,67            | 0     | *     | *     | 4,30 | 2,07     |
| 59,85            |       | 0     | *     |      |          |
| 65,01            |       |       | 0     |      |          |
| <b>Notasi</b>    | a     | b     | c     |      |          |
| <b>Perlakuan</b> | M3    | M2    | M1    |      |          |

## 2.6 Kemerahan (a)

Tabel Data

| PERLAKUAN | ULANGAN |         |         | TOTAL   | RERATA |
|-----------|---------|---------|---------|---------|--------|
|           | I       | II      | III     |         |        |
| P1M1      | 14,970  | 19,630  | 29,100  | 63,700  | 21,233 |
| P1M2      | 15,070  | 15,700  | 29,500  | 60,270  | 20,090 |
| P1M3      | 16,600  | 19,000  | 28,900  | 64,500  | 21,500 |
| P2M1      | 14,570  | 20,200  | 16,700  | 51,470  | 17,157 |
| P2M2      | 14,730  | 20,100  | 17,770  | 52,600  | 17,533 |
| P2M3      | 17,900  | 21,600  | 18,270  | 57,770  | 19,257 |
| P3M1      | 14,100  | 27,670  | 22,200  | 63,970  | 21,323 |
| P3M2      | 13,750  | 25,300  | 17,700  | 56,750  | 18,917 |
| P3M3      | 17,230  | 28,470  | 29,830  | 75,530  | 25,177 |
| TOTAL     | 138,920 | 197,670 | 209,970 | 546,560 |        |
| RERATA    | 15,436  | 21,963  | 23,330  |         | 20,243 |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN | M1     | M2     | M3     | TOTAL  | RERATA |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P1        | 63,70  | 60,27  | 64,50  | 188,47 | 20,94  |
| P2        | 51,47  | 52,60  | 57,77  | 161,84 | 17,98  |
| P3        | 63,97  | 56,75  | 75,53  | 196,25 | 21,81  |
| TOTAL     | 179,14 | 169,62 | 197,80 | 546,56 |        |
| RERATA    | 19,90  | 18,85  | 21,98  |        | 20,24  |

Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB | JK     | KT     | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|----|--------|--------|----------|---------|--------|
|                |    |        |        |          | 5%      |        |
| Kelompok       | 2  | 320,41 | 160,20 | 8,60     | 3,63    | *      |
| Perlakuan      | 8  | 143,08 | 17,88  | 0,96     | 2,59    | tn     |
| P              | 2  | 72,36  | 36,18  | 1,94     | 3,63    | tn     |
| M              | 2  | 45,66  | 22,83  | 1,23     | 3,63    | tn     |
| PM             | 4  | 25,05  | 6,26   | 0,34     | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16 | 298,08 | 18,63  |          |         |        |
| Total          | 26 | 761,57 |        |          |         |        |



## 2.7 Kekuningan (b)

Tabel Data

| PERLAKUAN     | ULANGAN |         |         | TOTAL   | RERATA |
|---------------|---------|---------|---------|---------|--------|
|               | I       | II      | III     |         |        |
| P1M1          | 7,830   | 10,200  | 5,100   | 23,130  | 7,710  |
| P1M2          | 27,770  | 23,370  | 28,170  | 79,310  | 26,437 |
| P1M3          | 39,930  | 33,630  | 34,530  | 108,090 | 36,030 |
| P2M1          | 9,100   | 10,070  | 11,300  | 30,470  | 10,157 |
| P2M2          | 30,830  | 24,200  | 33,370  | 88,400  | 29,467 |
| P2M3          | 42,570  | 35,700  | 38,370  | 116,640 | 38,880 |
| P3M1          | 9,067   | 6,830   | 10,030  | 25,927  | 8,642  |
| P3M2          | 27,750  | 24,800  | 29,670  | 82,220  | 27,407 |
| P3M3          | 41,430  | 27,300  | 40,300  | 109,030 | 36,343 |
| <b>TOTAL</b>  | 236,277 | 196,100 | 230,840 | 663,217 |        |
| <b>RERATA</b> | 26,253  | 21,789  | 25,649  |         | 24,564 |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN     | M1    | M2     | M3     | TOTAL  | RERATA |
|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| P1            | 23,13 | 79,31  | 108,09 | 210,53 | 23,39  |
| P2            | 30,47 | 88,40  | 116,64 | 235,51 | 26,17  |
| P3            | 25,93 | 82,22  | 109,03 | 217,18 | 24,13  |
| <b>TOTAL</b>  | 79,53 | 249,93 | 333,76 | 663,22 |        |
| <b>RERATA</b> | 8,84  | 27,77  | 37,08  |        | 24,56  |

Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB | JK      | KT      | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|----|---------|---------|----------|---------|--------|
|                |    |         |         |          | 5%      |        |
| Kelompok       | 2  | 105,58  | 52,79   | 5,39     | 3,63    | *      |
| Perlakuan      | 8  | 3767,76 | 470,97  | 48,04    | 2,59    | *      |
| P              | 2  | 37,20   | 18,60   | 1,90     | 3,63    | tn     |
| M              | 2  | 3729,60 | 1864,80 | 190,23   | 3,63    | *      |
| PM             | 4  | 0,97    | 0,24    | 0,02     | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16 | 156,84  | 9,80    |          |         |        |
| <b>Total</b>   | 26 | 4030,19 |         |          |         |        |

Uji BNT Faktor M

|                  | 8,84 | 27,77 | 37,08 | KTG  | BNT 0,05 |
|------------------|------|-------|-------|------|----------|
| 8,84             | 0    | *     | *     | 9,80 | 3,13     |
| 27,77            |      | 0     | *     |      |          |
| 37,08            |      |       | 0     |      |          |
| <b>Notasi</b>    | a    | b     | c     |      |          |
| <b>Perlakuan</b> | M1   | M2    | M3    |      |          |

## 2.8 Ketebalan

Tabel Data

| PERLAKUAN | ULANGAN |       |       | TOTAL | RERATA |
|-----------|---------|-------|-------|-------|--------|
|           | I       | II    | III   |       |        |
| P1M1      | 0,073   | 0,086 | 0,083 | 0,242 | 0,081  |
| P1M2      | 0,085   | 0,079 | 0,110 | 0,274 | 0,091  |
| P1M3      | 0,091   | 0,091 | 0,095 | 0,277 | 0,092  |
| P2M1      | 0,118   | 0,113 | 0,133 | 0,364 | 0,121  |
| P2M2      | 0,122   | 0,112 | 0,190 | 0,424 | 0,141  |
| P2M3      | 0,125   | 0,147 | 0,162 | 0,434 | 0,145  |
| P3M1      | 0,203   | 0,176 | 0,232 | 0,611 | 0,204  |
| P3M2      | 0,194   | 0,207 | 0,205 | 0,606 | 0,202  |
| P3M3      | 0,224   | 0,235 | 0,284 | 0,743 | 0,248  |
| TOTAL     | 1,235   | 1,246 | 1,494 | 3,975 |        |
| RERATA    | 0,137   | 0,138 | 0,166 |       | 0,147  |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN | M1    | M2    | M3    | TOTAL | RERATA |
|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|
| P1        | 0,242 | 0,274 | 0,277 | 0,793 | 0,088  |
| P2        | 0,364 | 0,424 | 0,434 | 1,222 | 0,136  |
| P3        | 0,611 | 0,606 | 0,743 | 1,960 | 0,218  |
| TOTAL     | 1,217 | 1,304 | 1,454 | 3,975 |        |
| RERATA    | 0,135 | 0,145 | 0,162 |       | 0,147  |

Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB | JK    | KT     | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|----|-------|--------|----------|---------|--------|
|                |    |       |        |          | 5%      |        |
| Kelompok       | 2  | 0,005 | 0,0024 | 9,309    | 3,63    | *      |
| Perlakuan      | 8  | 0,083 | 0,0103 | 40,357   | 2,59    | *      |
| P              | 2  | 0,077 | 0,0387 | 151,211  | 3,63    | *      |
| M              | 2  | 0,003 | 0,0016 | 6,238    | 3,63    | *      |
| PM             | 4  | 0,002 | 0,0005 | 1,989    | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16 | 0,004 | 0,0003 |          |         |        |
| Total          | 26 | 0,092 |        |          |         |        |

Uji BNT Faktor P

|           | 0,09 | 0,14 | 0,22 | KTG    | BNT 0,05 |
|-----------|------|------|------|--------|----------|
| 0,09      | 0    | *    | *    | 0,0003 | 0,02     |
| 0,14      |      | 0    | *    |        |          |
| 0,22      |      |      | 0    |        |          |
| Notasi    | a    | b    | c    |        |          |
| Perlakuan | P1   | P2   | P3   |        |          |



### Uji BNT Faktor M

|           | 0,135 | 0,145 | 0,162 | KTG    | BNT<br>0,05 |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------------|
| 0,135     | 0     | tn    | **    | 0,0003 | 0,02        |
| 0,145     |       | 0     | *     |        |             |
| 0,162     |       |       | 0     |        |             |
| Notasi    | a     | ab    | b     |        |             |
| Perlakuan | M1    | M2    | M3    |        |             |

### 2.9 Zona Hambat Terhadap *S.aureus*

Tabel Data

| PERLAKUAN | ULANGAN |       |       | TOTAL  | RERATA |
|-----------|---------|-------|-------|--------|--------|
|           | I       | II    | III   |        |        |
| P1M1      | 7,00    | 7,50  | 7,00  | 21,50  | 7,17   |
| P1M2      | 7,00    | 9,00  | 8,00  | 24,00  | 8,00   |
| P1M3      | 8,00    | 10,00 | 9,00  | 27,00  | 9,00   |
| P2M1      | 8,00    | 7,00  | 7,00  | 22,00  | 7,33   |
| P2M2      | 8,00    | 7,00  | 7,50  | 22,50  | 7,50   |
| P2M3      | 7,00    | 8,00  | 8,00  | 23,00  | 7,67   |
| P3M1      | 7,00    | 8,00  | 7,00  | 22,00  | 7,33   |
| P3M2      | 7,00    | 8,00  | 8,00  | 23,00  | 7,67   |
| P3M3      | 8,00    | 9,00  | 9,00  | 26,00  | 8,67   |
| TOTAL     | 67,00   | 73,50 | 70,50 | 211,00 |        |
| RERATA    | 7,44    | 8,17  | 7,83  |        | 7,81   |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN | M1     | M2     | M3     | TOTAL   | RERATA |
|-----------|--------|--------|--------|---------|--------|
| P1        | 21,500 | 24,000 | 27,000 | 72,500  | 8,056  |
| P2        | 22,000 | 22,500 | 23,000 | 67,500  | 7,500  |
| P3        | 22,000 | 23,000 | 26,000 | 71,000  | 7,889  |
| TOTAL     | 65,500 | 69,500 | 76,000 | 211,000 |        |
| RERATA    | 7,278  | 7,722  | 8,444  |         | 7,815  |

### Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB     | JK     | KT    | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|--------|--------|-------|----------|---------|--------|
|                |        |        |       |          | 5%      |        |
| Kelompok       | 2,000  | 2,352  | 1,176 | 3,331    | 3,63    | tn     |
| Perlakuan      | 8,000  | 9,574  | 1,197 | 3,390    | 2,59    | *      |
| P              | 2,000  | 1,463  | 0,731 | 2,072    | 3,63    | tn     |
| M              | 2,000  | 6,241  | 3,120 | 8,839    | 3,63    | *      |
| PM             | 4,000  | 1,870  | 0,468 | 1,325    | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16,000 | 5,648  | 0,353 |          |         |        |
| Total          | 26,000 | 17,574 |       |          |         |        |

## Uji BNT Faktor M

|                  |      |      |      |            |                     |
|------------------|------|------|------|------------|---------------------|
|                  | 7,28 | 7,72 | 8,44 | <b>KTG</b> | <b>BNT<br/>0,05</b> |
| 7,28             | 0    | tn   | **   | 0,353      | 0,59                |
| 7,72             |      | 0    | **   |            |                     |
| 8,44             |      |      | 0    |            |                     |
| <b>Notasi</b>    | a    | a    | b    |            |                     |
| <b>Perlakuan</b> | M1   | M2   | M3   |            |                     |

## 2.10 Zona Hambat Terhadap *E.coli*

Tabel Data

| PERLAKUAN     | ULANGAN |       |       | TOTAL  | RERATA |
|---------------|---------|-------|-------|--------|--------|
|               | I       | II    | III   |        |        |
| P1M1          | 7,00    | 7,50  | 7,00  | 21,50  | 7,17   |
| P1M2          | 7,00    | 8,00  | 9,00  | 24,00  | 8,00   |
| P1M3          | 8,00    | 9,00  | 10,00 | 27,00  | 9,00   |
| P2M1          | 7,00    | 7,50  | 8,00  | 22,50  | 7,50   |
| P2M2          | 7,50    | 10,00 | 9,00  | 26,50  | 8,83   |
| P2M3          | 8,50    | 10,00 | 9,50  | 28,00  | 9,33   |
| P3M1          | 8,00    | 8,00  | 7,50  | 23,50  | 7,83   |
| P3M2          | 8,00    | 9,00  | 8,00  | 25,00  | 8,33   |
| P3M3          | 8,00    | 10,00 | 9,00  | 27,00  | 9,00   |
| <b>TOTAL</b>  | 69,00   | 79,00 | 77,00 | 225,00 |        |
| <b>RERATA</b> | 7,67    | 8,78  | 8,56  |        | 8,33   |

Tabel Dua Arah

| PERLAKUAN     | M1     | M2     | M3     | TOTAL   | RERATA |
|---------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| P1            | 21,500 | 24,000 | 27,000 | 72,500  | 8,056  |
| P2            | 22,500 | 26,500 | 28,000 | 77,000  | 8,556  |
| P3            | 23,500 | 25,000 | 27,000 | 75,500  | 8,389  |
| <b>TOTAL</b>  | 67,500 | 75,500 | 82,000 | 225,000 |        |
| <b>RERATA</b> | 7,500  | 8,389  | 9,111  |         | 8,333  |

## Analisa Ragam

| SUMBER VARIASI | dB | JK     | KT    | F Hitung | F Tabel | Notasi |
|----------------|----|--------|-------|----------|---------|--------|
|                |    |        |       |          | 5%      |        |
| Kelompok       | 2  | 6,222  | 3,111 | 8,871    | 3,63    | *      |
| Perlakuan      | 8  | 13,667 | 1,708 | 4,871    | 2,59    | *      |
| P              | 2  | 1,167  | 0,583 | 1,663    | 3,63    | tn     |
| M              | 2  | 11,722 | 5,861 | 16,713   | 3,63    | *      |
| PM             | 4  | 0,778  | 0,194 | 0,554    | 3,01    | tn     |
| Galat          | 16 | 5,611  | 0,351 |          |         |        |
| Total          | 26 | 25,500 |       |          |         |        |



Uji BNT Faktor M

|                  | 7,50 | 8,39 | 9,11 | KTG   | BNT<br>0,05 |
|------------------|------|------|------|-------|-------------|
| 7,50             | 0    | *    | **   | 0,351 | 0,59        |
| 8,39             |      | 0    | **   |       |             |
| 9,11             |      |      | 0    |       |             |
| <b>Notasi</b>    | a    | b    | c    |       |             |
| <b>Perlakuan</b> | M1   | M2   | M3   |       |             |



**Lampiran 2.11** Pemilihan perlakuan terbaik menggunakan metode zeleny

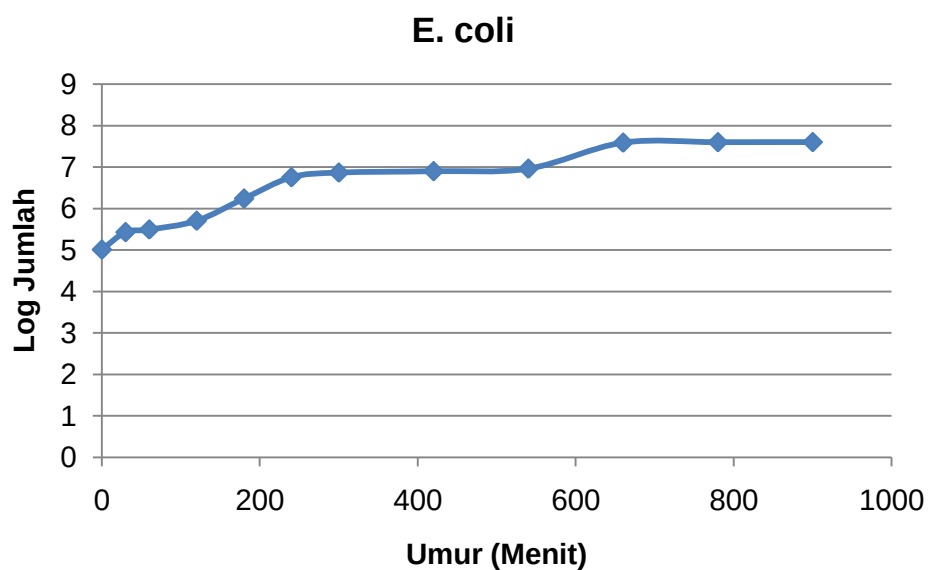
| Parameter               | Alternatif |        |         |         |         |         |                |         |         |
|-------------------------|------------|--------|---------|---------|---------|---------|----------------|---------|---------|
|                         | P1M1       | P1M2   | P1M3    | P2M1    | P2M2    | P2M3    | P3M1           | P3M2    | P3M3    |
| Kadar Air               | 13,17      | 11,80  | 13,00   | 12,85   | 12,58   | 13,28   | 13,68          | 13,95   | 14,31   |
| Tensile Strength        | 3,84       | 3,07   | 2,88    | 6,41    | 5,43    | 4,46    | 7,51           | 7,62    | 10,18   |
| Elongasi                | 13,33      | 21,13  | 16,63   | 23,33   | 27,77   | 25,57   | 30,00          | 30,03   | 31,10   |
| Transmisi Uap Air       | 0,74       | 0,72   | 0,69    | 0,71    | 0,71    | 0,68    | 0,67           | 0,63    | 0,64    |
| Kecerahan (L)           | 65,21      | 60,01  | 56,36   | 65,57   | 59,84   | 56,31   | 64,24          | 59,69   | 54,35   |
| Kemerahan (a)           | 21,23      | 20,09  | 21,50   | 17,16   | 17,84   | 19,26   | 21,32          | 18,92   | 25,18   |
| Kekuningan (b)          | 7,71       | 26,44  | 36,03   | 10,16   | 29,47   | 38,88   | 8,64           | 27,41   | 36,34   |
| Daya Hambat E.coli      | 7,00       | 8,00   | 9,00    | 7,50    | 8,83    | 9,33    | 7,83           | 8,33    | 9,00    |
| Daya Hambat S.aureus    | 7,17       | 8,00   | 9,00    | 7,33    | 7,50    | 7,67    | 7,33           | 7,67    | 8,67    |
| dk Kadar air            | 0,896      | 1      | 0,908   | 0,919   | 0,938   | 0,889   | 0,863          | 0,846   | 0,825   |
| dk Tensile Strength     | 0,378      | 0,301  | 0,283   | 0,630   | 0,534   | 0,438   | 0,738          | 0,749   | 1       |
| dk Elongasi             | 0,429      | 0,680  | 0,535   | 0,750   | 0,893   | 0,822   | 0,965          | 0,966   | 1       |
| dk Transmisi            | 0,850      | 0,876  | 0,907   | 0,881   | 0,886   | 0,919   | 0,933          | 1       | 0,975   |
| dk Kecerahan (L)        | 0,995      | 0,915  | 0,860   | 1       | 0,913   | 0,859   | 0,980          | 0,910   | 0,829   |
| dk Kemerahan (a)        | 0,808      | 0,854  | 0,798   | 1       | 0,962   | 0,891   | 0,805          | 0,907   | 0,681   |
| dk Kekuningan (b)       | 1          | 0,292  | 0,214   | 0,759   | 0,262   | 0,198   | 0,892          | 0,281   | 0,212   |
| dk daya hambat E.coli   | 0,750      | 0,857  | 0,964   | 0,804   | 0,946   | 1       | 0,839          | 0,893   | 0,964   |
| dk daya hambat S.aureus | 0,796      | 0,889  | 1       | 0,815   | 0,833   | 0,852   | 0,815          | 0,852   | 0,963   |
| $\lambda$               | 0,111      | 0,111  | 0,111   | 0,111   | 0,111   | 0,111   | 0,111          | 0,111   | 0,111   |
| L1                      | 0,233      | 0,260  | 0,281   | 0,160   | 0,204   | 0,237   | 0,130          | 0,177   | 0,172   |
| L2                      | 0,01096    | 0,1444 | 0,01763 | 0,00433 | 0,01025 | 0,01313 | 0,00251        | 0,00808 | 0,00970 |
| L max                   | 0,233      | 0,260  | 0,281   | 0,160   | 0,204   | 0,237   | 0,130          | 0,177   | 0,172   |
| Perlakuan Terbaik       | 0,477      | 0,534  | 0,580   | 0,325   | 0,418   | 0,487   | <b>* 0,263</b> | 0,363   | 0,354   |

Keterangan: \* = perlakuan terbaik

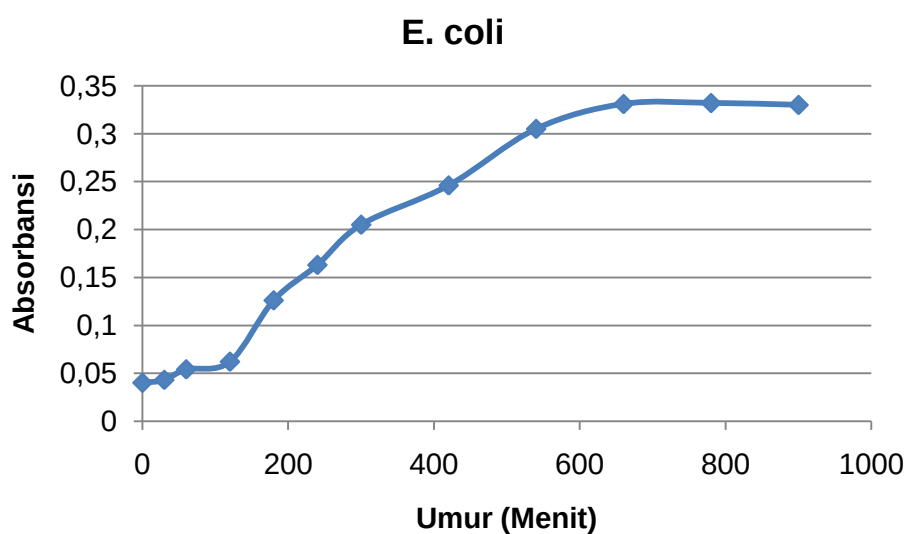


### Lampiran 3. Kurva Pertumbuhan

#### A. Kurva Pertumbuhan *Eschericia coli* ATCC 25922



Grafik Log Jumlah Sel *E. coli*



### Grafik Absorbansi *E. coli*

Penghitungan umur *E. coli* berjumlah  $10^7$

$$\text{Persamaan : } y = 0,0028 x + 5,5337$$

$$x = (7 - 5,5337) / 0,0028$$

$$= 523,68 \text{ menit} \sim 8,73 \text{ jam}$$

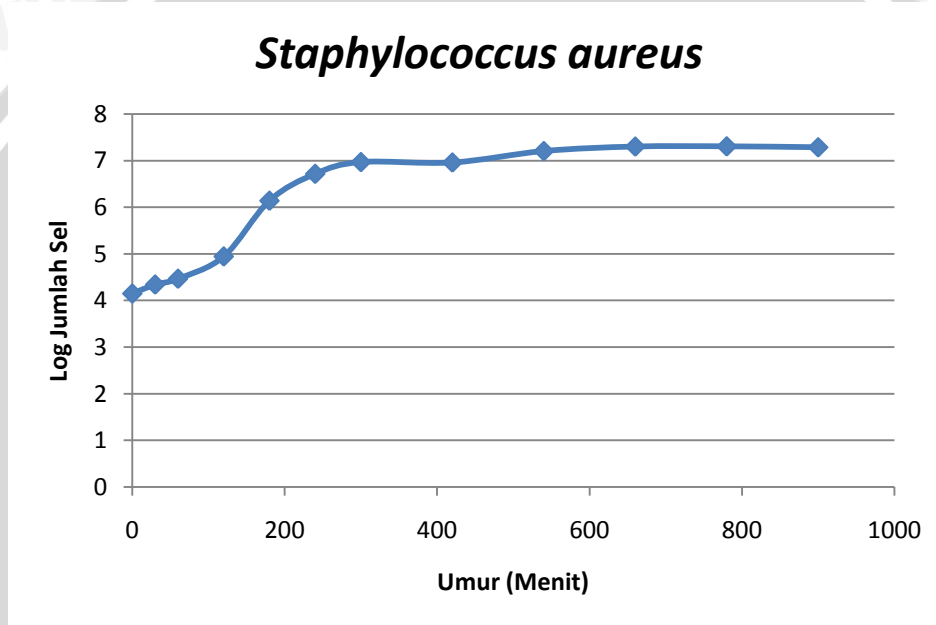
Penghitungan Absorbansi

$$\text{Persamaan : } y = 0,0004 x + 0,0532$$

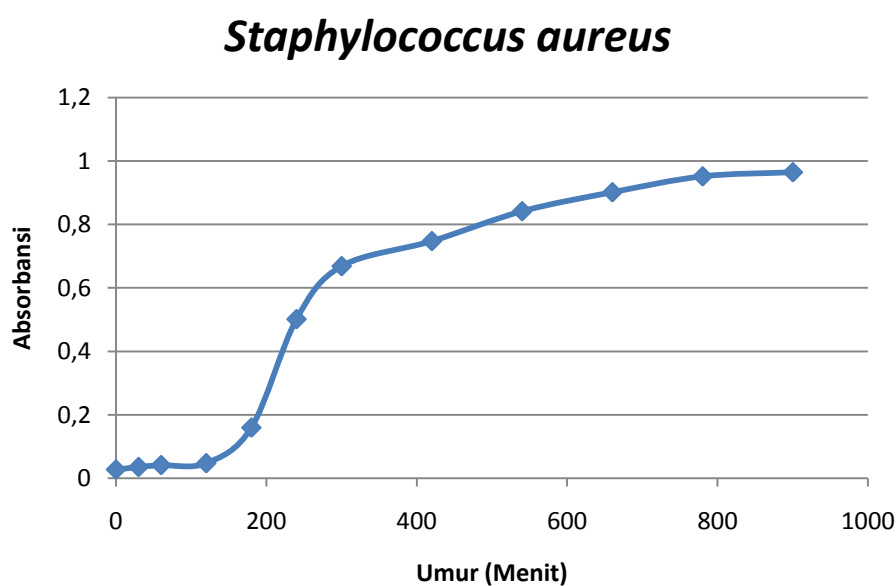
$$y = (0,0004 \times 523,68) + 0,0532$$

$$y = 0,263$$

### B. Kurva Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* ATCC 29213



Grafik Log Jumlah Sel *Staphylococcus aureus*





**Grafik Absorbansi *Staphylococcus aureus***

Penghitungan umur *Staphylococcus aureus* berjumlah  $10^7$

$$\text{Persamaan : } y = 0,0036 x + 4,8897$$

$$x = (7 - 4,8897) / 0,0036$$

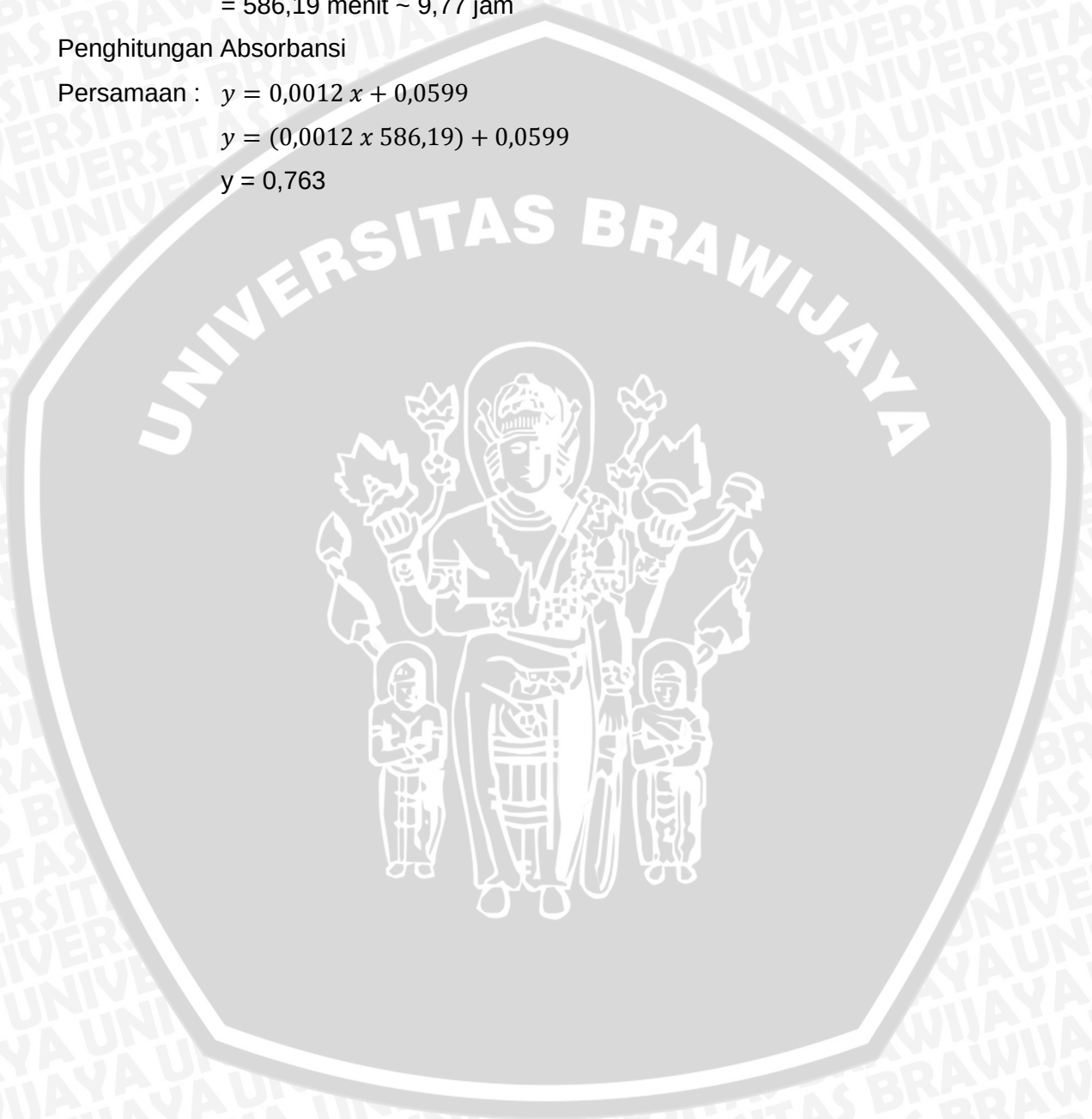
$$= 586,19 \text{ menit} \sim 9,77 \text{ jam}$$

Penghitungan Absorbansi

$$\text{Persamaan : } y = 0,0012 x + 0,0599$$

$$y = (0,0012 \times 586,19) + 0,0599$$

$$y = 0,763$$



#### Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



**Gambar 1.** Pembuatan agar cawan



**Gambar 2.** Pengambilan Kultur dari agar Broth



**Gambar 3.** Transfer kultur ke agar cawan



**Gambar 4.** Meratakan kultur pada agar

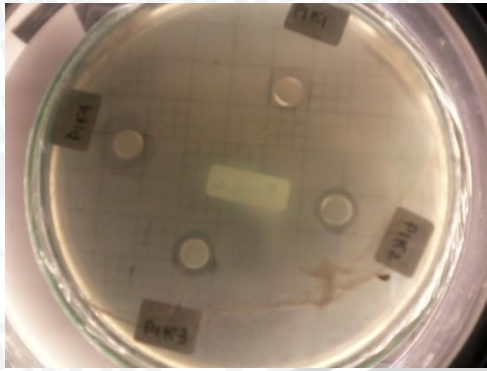


**Gambar 5.** Penempelan *Edible film* pada permukaan agar

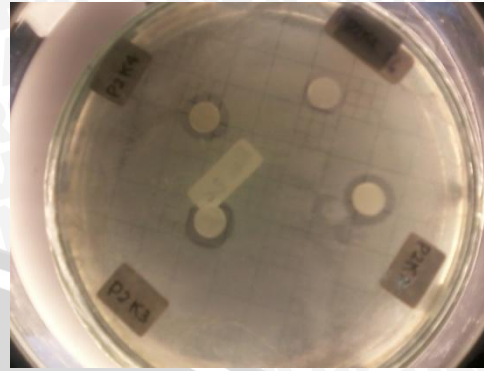


**Gambar 6.** Kultur *S.aureus* dan *E.coli*





**Gambar 7.** Zona hambat terhadap *E.coli*



**Gambar 8.** Zona hambat terhadap *S.aureus*



**Gambar 9.** *Edible film* perlakuan terbaik P3M1