

**PRA RANCANGAN PABRIK**

**PEMBUATAN *LINEAR ALKYL*BENZENE SULFONATE (LAS) DARI *LINEAR ALKYL*BENZENE (LAB) DENGAN PROSES SULFONASI KAPASITAS  
15.000 TON/TAHUN**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai salah satu Persyaratan  
Menyelesaikan Program Diploma IV Teknologi Kimia Industri  
Sekolah Tinggi Manajemen Industri**

Oleh :

**ADITIA HIMAWAN      1511015**

**EDUARD                1511046**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI**

**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**

**JAKARTA**

**2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN *LINEAR ALKYL*BENZENE SULFONATE (LAS)  
DARI *LINEAR ALKYL*BENZENE (LAB) DENGAN PROSES SULFONASI KAPASITAS 85.000  
TON/TAHUN**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**ADITIA HIMAWAN      1511015**  
**EDUARD                      1511046**

**Telah Diperiksa/Disetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**(Dr.Eng Irvan, MSi)**

**(Ir. Renita Manurung, MT)**

**NIP.19680820199501 1 001**

**NIP. 196812141999792 2 002**

**Mengetahui**

**Koordinator Tugas Akhir**

**(Dr.Eng. Irvan, Msi)**

**NIP.19680820199501 1 001**

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kepada Allah Yang Maha Kuasa karena atas kehendak dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pra-Rancangan Pabrik Pembuatan *Linier Alkyl Benzen Sulfonat (LAS)* dari *Linier Alkylbenzen (LAB)* Dengan Proses Sulfonasi Kapasitas 15.000 Ton/Tahun”**. Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat mengikuti ujian Diploma IV pada jurusan Teknologi Kimia Industri, Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada yang teristimewa yaitu ayahanda dan ibunda, serta keluarga tercinta yang merupakan bagian hidup penulis yang senantiasa mendukung dan mendoakan dari sejak penulis lahir hingga sekarang.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis banyak menerima bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, keluarga, dan para sahabat penyusun tercinta yang tanpa henti selalu memberikan doa, motivasi dan bimbingan secara intensif.
2. Bapak Drs. Achmad Zawawi, MA, MM. selaku Ketua Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kemenperin RI.
3. Bapak Dr. Ir. Gatot Ibnusantosa, DEA selaku Ketua Jurusan Teknologi Kimia Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI.
4. Bapak Ir. Roosmariharso selaku pembimbing di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI.
5. Seluruh teman-teman seperjuangan mahasiswa Teknologi Kimia Industri STMI angkatan 2011 yang telah banyak membantu memberikan saran kepada penyusun.
6. Teman-teman STMI angkatan 2008

Seperti pepatah yang mengatakan bahwa *Tak Ada Gading Yang Tak Retak*, begitu pula dengan laporan Penelitian ini yang masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penyusun harapkan untuk penyempurnaan Laporan Penelitian ini.

Jakarta, Juli 2015

Penyusun

### **Abstrak**

Linier Alkilbenzen Sulfonat (LAS) diperoleh melalui reaksi sulfonasi antara Alkilbenzen sulfonat dengan Oleum pada suhu 46 °C dan tekanan 1 atm dan dinetralsasi dengan larutan NaOH dalam reaktor *mixed flow*. Pabrik LAS ini direncanakan akan memproduksi dengan kapasitas 85.000 ton/tahun atau setara dengan 10.732,3275 kg/jam produk LAS dan direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun. Pabrik ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap produk impor.

Lokasi pabrik direncanakan di daerah Asahan, Provinsi Sumatera Utara dengan luas areal 11.560 m<sup>2</sup>, tenaga kerja yang dibutuhkan berjumlah 206 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur utama dengan struktur organisasi sistem garis dan staf.

Hasil analisa ekonomi Pabrik LAS adalah :

- Total Modal Investasi : Rp 1.804.711.828.878,83,-
- Total Biaya Produksi : Rp 3.135.838.935.519,14,-

- Hasil Penjualan : Rp. 3.759.958.630.806.-
- Laba Bersih : Rp 436.901.286.700,-
- *Profit Margin* (PM) : 16,60 %
- *Break Even Point* (BEP) : 46,18 %
- *Return on Investment* (ROI) : 24,21 %
- *Pay Out Time* (POT) : 4,13 tahun
- *Internal Rate of Return* (IRR) : 35,68 %

Dari hasil analisa aspek ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik pembuatan LAS layak untuk didirikan.

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
INTISARI .....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I      PENDAHULUAN .....	I-1
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Perumusan Masalah .....	I-2
1.3 Tujuan Rancangan .....	I-3
1.4 Manfaat Perancangan .....	I-3
BAB II    TINJUAN PUSTAKA .....	II-1
2.1 Surfaktan .....	II-1
2.2 Konsumsi Surfaktan Dunia .....	II-2
2.3 Surfaktan Anionik.....	II-3
2.3.1 Linier Alkil Benzen Sulfonat .....	II-3
2.3.2 Oleum.....	II-4
2.3.3 Asam Sulfat .....	II-5
2.4 Sifat- sifat Bahan Baku .....	II-5
2.4.1 Sifat-Sifat Alkil Benzen .....	II-5

2.4.2 Sifat-Sifat Oleum 20% .....	II-6
2.4.3 Sifat-Sifat Natrium Hidsoksida .....	II-6
2.4.4 Sifat-Sifat Air.....	II-7
2.4.5 Sifat-Sifat Linier Alkilbenzen Sulfonat .....	II-8
2.5 Dasar – dasar Pemilihan Proses.....	II.8
2.6 Deskripsi Proses.....	II.9
2.6.1 Proses Sulfonasi.....	II.9
2.6.2 Proses Pemisahan.....	II.9
2.6.3 Proses Netralisasi .....	II-10
2.6.4 Proses Pengeringan .....	II-10
BAB III NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV NERACA PANAS .....	IV-1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN .....	V-1
BAB VI INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	VI-1
6.1 Instrumentasi .....	VI-1
6.2 Keselamatan Kerja .....	VI-10
6.2.1 Keselamatan Kerja pada Pabrik Pembuatan LAS.....	VI-11
6.2.2 Pencegahan Dan Penaggulangan Bahaya Kebakaran dan Ledakan	VI-14
BAB VII UTILITAS.....	VII-1
7.1 Kebutuhan Uap ( <i>Steam</i> ) .....	VII-1
7.2 Kebutuhan Air.....	VII-2
7.2.1 Screening .....	VII-5
7.2.2 Klarifikasi .....	VII-5
7.2.3 Filtrasi .....	VII-6

7.2.4 Demineralisasi.....	VII-6
7.2.5 Dearator .....	VII-9
7.3 Kebutuhan Bahan Kimia .....	VII-9
7.4 Kebutuhan Listrik.....	VII-10
7.5 Keperluan Bahan Bakar .....	VII-10
7.6 Unit Pengolahan Limbah .....	VII-11
7.7 Spesifikasi Peralatan Utilitas .....	VII-15
7.7.1 Screening .....	VII-16
7.7.2 Bak Sedimentasi .....	VII-17
7.7.3 Clarifier .....	VII-17
7.7.4 Tangki Filtrasi.....	VII-18
7.7.5 Tangki Utilitas TU-01 .....	VII-18
7.7.6 Penukar Kation .....	VII-18
7.7.7 Penukar Anion .....	VII-19
7.7.8 Tangki Pelarutan Alum .....	VII-19
7.7.9 Tangki Pelarutan Soda Abu.....	VII-20
7.7.10 Tangki Pelarutan NaCl .....	VII-20
7.7.11 Tangki Pelarutan NaOH .....	VII-20
7.7.12 Tangki Pelarutan Kaporit .....	VII-21
7.7.13 Tangki Utilitas TU-02 .....	VII-21
7.7.14 Dearator .....	VII-22
7.7.15 Ketel Uap .....	VII-22
7.7.16 Pompa Screening.....	VII-22
7.7.17 Pompa Sedimentasi.....	VII-23
7.7.18 Pompa Clarifier .....	VII-23
7.7.19 Pompa Filtrasi.....	VII-23

	7.7.20 Pompa Utilitas TU-01.....	VII-23
	7.7.21 Pompa NaCl .....	VII-24
	7.7.22 Pompa Kation .....	VII-24
	7.7.23 Pompa Anion .....	VII-24
	7.7.24 Pompa Utilitas (PU-10).....	VII-24
	7.7.25 Pompa Utilitas (PU-11).....	VII-25
	7.7.26 Pompa Utilitas (PU-12).....	VII-25
	7.7.27 Pompa Refrigerator .....	VII-25
	7.7.28 Pompa Dearator .....	VII-25
	7.7.29 Pompa Kaporit.....	VII-26
	7.7.30 Pompa Alum .....	VII-26
	7.7.31 Pompa Soda Abu .....	VII-26
<b>BAB VIII</b>	<b>LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK .....</b>	<b>VIII-1</b>
	8.1 Lokasi Pabrik.....	VIII-1
	8.1.1 Faktor Utama.....	VIII-1
	8.1.2 Faktor Khusus .....	VIII-2
	8.2 Tata Letak Pabrik.....	VIII-6
	8.3 Perincian Luas Tanah.....	VIII-8
<b>BAB IX</b>	<b>ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN .....</b>	<b>IX-1</b>
	9.1 Organisasi Perusahaan .....	IX-1
	9.1.1 Bentuk Organisasi Garis.....	IX-1
	9.1.2 Bentuk Organisasi Fungsional .....	IX-2
	9.1.3 Bentuk Organisasi Garis dan Staf .....	IX-3
	9.1.4 Bentuk Organisasi Fungsional dan Staf .....	IX-3
	9.2 Manajemen Perusahaan .....	IX-3
	9.3 Bentuk Hukum Badan Usaha.....	IX-4

9.4 Uraian Tugas, Wewenang dan Tanggung Jawab .....	IX-6
9.4.1 Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).....	IX-6
9.4.2 Dewan Komisaris.....	IX-6
9.4.3 Direktur .....	IX-6
9.4.4 Staf Ahli .....	IX-7
9.4.5 Sekretaris.....	IX-7
9.4.6 Manajer Pemasaran .....	IX-7
9.4.7 Manajer Keuangan .....	IX-7
9.4.8 Manajer Umum dan Personalia .....	IX-7
9.4.9 Manajer Teknik.....	IX-7
9.4.10 Manajer Produksi.....	IX-8
9.4.11 Kepala Bagian Pemasaran.....	IX-8
9.4.12 Kepala Bagian Keuangan.....	IX-8
9.4.13 Kepala Bagian Personalia .....	IX-8
9.4.14 Kepala Bagian Umum.....	IX-8
9.4.15 Kepala Bagian Mesin .....	IX-8
9.4.16 Kepala Bagian Listrik .....	IX-9
9.4.17 Kepala Bagian Proses .....	IX-9
9.4.18 Kepala Bagian Utilitas .....	IX-9
9.4.19 Kepala Bagian Administrasi.....	IX-9
9.5 Sistem Kerja.....	IX-9
9.6 Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan.....	IX-12
9.7 Sistem Penggajian .....	IX-13
9.8 Fasilitas Tenaga Kerja .....	IX-14
<b>BAB X</b> ANALISA EKONOMI.....	X-1
10.1 Modal Investasi .....	X-1

10.1.1	Modal Investasi Tetap / <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI) .....	X-1
10.1.2	Modal Kerja / <i>Working Capital</i> (WC).....	X-3
10.2	Biaya Produksi Total (BPT)/ <i>Total Cost</i> (TC).....	X-3
10.2.1	Biaya Tetap/ <i>Fixed Cost</i> (FC) .....	X-4
10.2.2	Biaya Variabel(BV)/ <i>Variable Cost</i> (VC) .....	X-4
10.3	Total Penjualan ( <i>Total Sales</i> ).....	X-5
10.4	Perkiraan Rugi/Laba Usaha.....	X-5
10.5	Analisa Aspek Ekonomi.....	X-5
10.5.1	Profit Margin (PM) .....	X-5
10.5.2	Break Even Point (BEP) .....	X-5
10.5.3	Return of Investment (ROI).....	X-6
10.5.4	Pay Out Time (POT).....	X-6
10.5.5	Unternal Rate of Return (IRR) .....	X-7
BAB XI	KESIMPULAN .....	XI-1
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA .....		
		LA-1
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS .....		
		LB-1
LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT .....		
		LC-1
LAMPIRAN D PERHITUNGAN PERALATAN UTILITAS .....		
		LD-1
LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI .....		
		LE-1

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan kemasan plastik sintetik tidak bisa lepas dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini dikarenakan plastik sintetik memiliki keunggulan seperti ringan tetapi kuat, transparan, tahan air serta harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat (Latief, 2001). Secara umum plastik sintetik digunakan sebagai pembungkus makanan dan kebanyakan yang beredar dipasaran saat ini merupakan polimer sintetik yang diproduksi dari minyak bumi, sehingga sulit untuk terurai di alam. Proses degradasi plastik sintetik di alam membutuhkan waktu sekitar 50 tahun. Untuk mengurangi dampak tersebut beberapa penelitian telah dilakukan, antara lain dengan cara sintesis polimer yang mudah terdegradasi oleh alam atau modifikasi polimer sintetik dengan polimer alam (Chan, 1994). Plastik yang mudah terdegradasi oleh alam (*biodegradable*) disebut dengan plastik yang ramah lingkungan.

Indonesia sebagai Negara yang kaya akan sumber daya alam potensial menghasilkan berbagai bahan polimer sehingga teknologi kemasan plastik *Biofilm* memiliki prospek yang baik (Darni, dkk., 2008). Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat *Biofilm* adalah senyawa-senyawa yang terdapat pada tanaman atau hewan. Salah satunya adalah polimer kitosan yang tidak beracun dan memiliki sifat larut dalam suatu larutan asam organik yaitu asam asetat (Robert, 1992).

Berdasarkan berbagai penelitian plastik *film* kemasan saat ini, penggunaan kitosan sebagai bahan dasar *film* kemasan merupakan bentuk penelitian yang paling banyak dilakukan. Suyatma *et al.* (2004) misalnya, menyatakan bahwa untuk meningkatkan ketahanan laju udara pada *chitosan film* perlu dilakukan pencampuran dengan polimer komersial *poly(lactic acid)* (PLA). Kamel *et al.* (2004) mendapatkan hasil bahwa perlakuan dengan 1% larutan polivinil alkohol (PVA) atau 0,3% larutan kitosan memberikan karakteristik fisik maksimum pada kertas. Apriyanto (2007) telah mengembangkan *biofilm* berbahan dasar PVA dan kitosan, dimana kombinasi PVA 80% (v/v) dengan kitosan 20% (v/v) mampu

meningkatkan ketebalan, kuat tarik, dan persentase pemanjangan pada *biofilm* secara nyata. Permana (2008) menegaskan bahwa kombinasi kitosan 10% (b/v) dan PVA 26% (b/v) meningkatkan kuat tarik dan persen pemanjangan komposit *biofiber*. Adanya kemiripan struktur kimia antara kitosan dengan selulosa dijelaskan oleh Ban *et al.* (2005), dimana penambahan kitosan sebanyak 33% memiliki kualitas *film* biopolimer yang mirip dengan penambahan 22% selulosa.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik atau mekanik campuran antara polivinil alkohol dan kitosan sebagai plastik *biofilm* dan pengaruh penambahan aditif gliserol pada formulasi campuran *biofilm* dari polivinil alkohol dan kitosan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk memberikan pengetahuan tentang *biofilm* dari polivinil alkohol dan kitosan serta penambahan gliserol sebagai aditif sehingga dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku plastik yang ramah lingkungan dan dapat mengatasi sampah plastik yang sulit terdegradasi. Berdasarkan latar belakang diatas maka kami lakukan penelitian dengan judul “Studi Pendahuluan Pembuatan dan Karakterisasi *biofilm* dari Polivinil Alkohol dan Kitosan”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat disusun dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembuatan *biofilm* menggunakan formulasi campuran polivinil alkohol dan kitosan?
2. Bagaimanakah pengaruh formulasi campuran antara polivinil alkohol dan kitosan terhadap sifat fisik/mekanik dan barrier *biofilm*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan aditif gliserol terhadap sifat fisik/mekanik dan barrier *biofilm*?

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Metode atau cara pembuatan *biofilm* menggunakan bahan baku polivinil alkohol dan kitosan.
2. Formulasi campuran antara polivinil alkohol dan kitosan.

3. Penambahan aditif gliserol pada larutan kitosan pada proses pembuatan *biofilm*.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui proses pembuatan *biofilm* menggunakan bahan campuran antara polivinil alkohol dan kitosan
2. Mengetahui formulasi campuran yang dapat mempengaruhi tingkat ketebalan, kuat tarik, persentase pemanjangan, dan permeabilitas uap air *biofilm*.
3. Mengetahui pengaruh penambahan aditif gliserol pada proses pembuatan *biofilm* dari polivinil alkohol dan kitosan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan pengetahuan tentang proses pembuatan *biofilm* dari bahan baku polivinil alkohol dan kitosan.
2. Memberikan informasi ilmiah tentang formulasi campuran antara polivinil alkohol dan kitosan agar karakteristik sifat fisik/mekanik dan barrier dari *biofilm* menjadi lebih baik.
3. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh penambahan aditif gliserol pada *biofilm* terhadap sifat fisik/mekanik dan barrier dari *biofilm* tersebut.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Di dalamnya terdapat lima bab yang masing-masing berkaitan erat. Adapun susunan kelima bab tersebut sebagai berikut :

##### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

## **Bab II Tinjauan Pustaka**

Memuat dasar teori *biofilm*, kitosan, polivinil alkohol, gliserol, *polymer blend*, kuat tarik, elongasi, dan WVTR

## **Bab III Metode Penelitian**

Bab ini berisi uraian tentang materi penelitian, yaitu menyangkut, persiapan penelitian, bahan dan alat yang digunakan, prosedur pelaksanaan penelitian (penetapan variabel, tempat pelaksanaan penelitian dan bagan alir penelitian).

## **Bab IV Hasil dan Pembahasan**

Bab ini berisi tentang hasil pengamatan yang berupa data-data.

## **Bab V Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan untuk membuktikan hipotesis atau menjawab 4 permasalahan. Saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis yang ditujukan kepada para peneliti dalam bidang sejenis yang ingin melanjutkan, mengembangkan atau menerapkan penelitian yang sudah dihasilkan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Plastik**

Plastik mempunyai peranan penting dalam kehidupan sehari-hari yang biasanya digunakan sebagai bahan pengemas makanan, minuman, dan bahan lain karena sifatnya yang kuat, fleksibel, dan praktis. Menurut definisi Apriyanto (2007) dan Aryanti (2013) plastik sebagai material polimer atau bahan pengemas yang dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dan mengeras setelah didinginkan atau pelarutnya diuapkan. Polimer adalah molekul yang besar yang telah mengambil peranan penting dalam teknologi karena mudah dibentuk dari satu bentuk ke bentuk lain dan mempunyai sifat, struktur yang rumit. Hal ini disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya lebih rendah. Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur yang tersusun secara berulang dan diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat yang disebut gaya ikatan kovalen (Steven, 2007), sebagaimana dikutip (Darni, Y dan Herti, 2007) .

Berdasarkan uraian diatas plastik dibedakan atas dua tipe yaitu plastik yang bersifat termoplas dan termestet. Termoplas adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang (*recycling*) dengan adanya panas, plastik jenis ini dicirikan oleh volume yang tinggi dan harganya murah. Contohnya adalah polietilena (PE), polipropilena (PP), dan nilon (Mujiarto, 2005). Termestet adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi (pemanasan dan pendinginan). Plastik jenis ini memiliki volume rendah dan harganya lebih mahal. Contohnya adalah poliuretan (PU), melamin formaldehid (MF), dan poliester.

#### **2.2 Plastik *Biodegradable***

Secara umum kemasan plastik *biodegradable* diartikan sebagai film kemasan yang dapat didaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Griffin (1994) sebagaimana dikutip (Firdaus, dkk. 2004), plastik *biodegradable* adalah suatu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam

struktur kimianya, yang mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya oleh pengaruh mikroorganisme (bakteri, jamur, *algae*). Sedangkan kemasan plastik *biodegradable* adalah suatu material polimer yang berubah kedalam senyawa berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami.

### 2.3 Biofilm

Bahan pengemas yang umumnya digunakan saat ini adalah plastik konvensional atau plastik sintetis terbuat dari minyak bumi. Plastik berbahan minyak bumi bersifat *non-biodegradable* dan mempunyai kestabilan fisiko-kimia yang sangat kuat sehingga plastik tidak dapat terdegradasi secara alami dan dianggap tidak ramah lingkungan (Tegar, 2009) sebagaimana dikutip (Apriyanto, J. 2007).

Alternatif solusi dalam penanggulangan masalah tersebut adalah dengan mengembangkan kemasan plastik *biodegradable* atau *biofilm* yang ramah lingkungan. *Biofilm* adalah lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi makanan dan bermanfaat untuk bahan pengemas yang berfungsi sebagai penahan terhadap transfer massa seperti kadar air, oksigen, lemak, dan cahaya (Gandhiasari, 2000), sebagaimana dikutip (Apriyanto, J. 2007). Dalam kondisi dan waktu tertentu *biofilm* dapat mengalami perubahan struktur kimia karena terdegradasi secara alami oleh mikroorganisme seperti bakteri, alga, dan jamur. Hal ini disebabkan adanya serangan kimia oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut sehingga dapat memutuskan rantai polimer pada *biofilm*.

Berdasarkan proses pembuatannya *biofilm* atau plastik *biodegradable* dibedakan atas 3 tipe, yaitu:

1. Plastik yang dihasilkan dari suatu bahan akibat kerja dari suatu jenis mikroorganisme.
2. Plastik yang dibuat berdasarkan hasil rekayasa kimia dari bahan polimer alami seperti serat selulosa dan pati (amilase).
3. Plastik dengan bahan baku polimer sintetis sebagai hasil dari sintesis minyak bumi seperti poliester kopolimer.

*Biofilm* alami berasal dari sumberdaya alam yang terbaharukan seperti pati dan kitosan. Senyawa hasil biodegradasi *biofilm* selain menghasilkan karbondioksida dan air juga menghasilkan senyawa organik dan aldehid sehingga plastik ini aman bagi lingkungan. Sebagai perbandingan, plastik tradisional membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi oleh alam. *Biofilm* dapat terdekomposisi selama 10 hingga 20 kali lebih cepat. Hasil degradasi plastik ini dapat digunakan sebagai makanan ternak atau sebagai pupuk kompos. *Biofilm* yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya (Huda dan Feris, 2007).

Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradabilitas plastik adalah hidrofobitas, bahan aditif, proses produksi, struktur polimer, morfologi, dan berat molekul bahan plastik (Widyaningsih, dkk., 2012). Makin besar bobot molekul suatu bahan maka semakin rendah biodegradabilitasnya. Bentuk *film* memiliki tingkat biodegradabilitas paling rendah. Reaksi degradasi kimia dalam polimer linier menyebabkan turunnya berat molekul atau pemendekan panjang rantai.

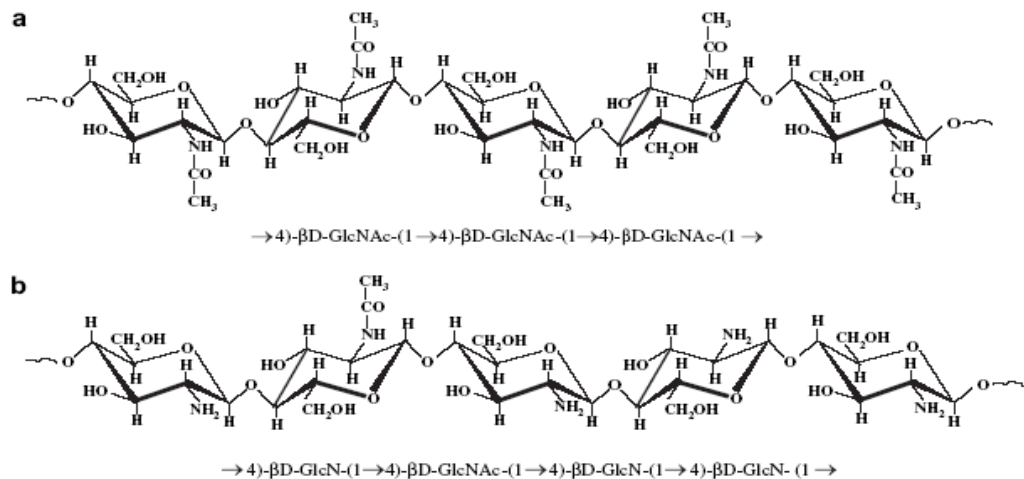
Tingkat biodegradasi polimer *biodegradable* dalam tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah seperti suhu, kadar air (ukuran konsentrasi air), tingkat aerasi (ukuran konsentrasi oksigen), keasaman (ukuran konsentrasi asam), dan konsentrasi mikroorganisme itu sendiri (Rochmadi, 2006), sebagaimana dikutip (Nurminah, M. 2006).

## **2.4 Kitosan**

Kitosan merupakan produk dari proses deasetilasi *chitin* yang merupakan komponen utama eksoskeleton dari kelas krustacea. Kitosan adalah kopolimer linier yang tersusun oleh 2000-3000 monomer D-glukosamin (GlcN) dalam ikatan $\beta$  (1-4) yang terdiri dari 2-asetil-2-deoksi-D-glukopiranosida dan 2-amino-2-deoksi- $\beta$ -D-glukopiranosida (Prashanth dan Tharanathan 2007), sebagaimana dikutip (Kumar, A, dkk. 2011). Berat molekul kitosan sebesar 1,24 x 10<sup>6</sup> Dalton sedangkan derajat deasetilasinya adalah sekitar 80 %-85 % (Krajewska 2004), sebagaimana dikutip Kumar, A, dkk. 2011). Berat molekul ini tergantung dari derajat deasetilasi yang dihasilkan pada saat ekstraksi. Semakin

banyak gugus asetil yang hilang pada kitosan, maka semakin kuat interaksi antar ion dan ikatan hidrogen dari kitosan (Graham *et al.* 1979), sebagaimana dikutip (Dinata, M. 2012). Kitosan merupakan polielektrolit netral pada PH asam. Bahan-bahan seperti protein, anion polisakarida, dan asam nukleat yang bermuatan negatif akan berinteraksi kuat dengan kitosan membentuk ion netral.

Kitosan mempunyai gugus amino bebas polikationik, pengkelat, dan pembentuk dispersi dalam larutan asam asetat. Bila kitosan dilarutkan dalam asam maka kitosan akan menjadi polimer kationik dengan struktur linear sehingga dapat digunakan dalam proses flokulasi, pembentuk film atau imobilisasi dalam berbagai reagen biologi termasuk enzim (Rinaudo 2006) sebagaimana dikutip (Dinata, M. 2012), sebagaimana dikutip (Giovani, A. 2013). Proses kationisasi mengarah kepada pembentukan grup yang fungsional (OH dan NH). Kitosan yang larut dalam asam memiliki keunikan yakni mampu membentuk gel yang stabil dan membentuk muatan dwi kutub, yaitu muatan positif pada gugus NH dan muatan negatif pada gugus karboksilat. Struktur *chitin* dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Struktur kimia (a) *chitin* dan (b) kitosan (Prashanth dan Tharanathan2007)**

Kitosan secara kimia dapat digunakan sebagai pengganti selulosa, dimana dalam gugus hidroksil kitosan pada C2 telah diganti oleh gugus amina. Kemiripan

struktur kimia antara kitosan dengan selulosa juga dijelaskan oleh Ban *et al.* (2005), dimana penambahan kitosan sebanyak 33% memiliki kualitas *film* biopolimer yang mirip dengan penambahan 22% selulosa.

Sifat dari kitosan adalah tidak larut dalam air, memiliki ketahanan kimia cukup baik, larut dalam larutan asam tetapi tidak larut dalam basa dan ikatan silang kitosan memiliki sifat tidak larut dalam media campuran asam dan basa, memiliki reaktivitas kimia yang tinggi karena mengandung gugus OH dan gugus NH<sub>2</sub> (Muzzarelli, 1997). Tetapi menurut (Kumar *et al.*, 2000) kitosan mempunyai sifat yang lebih spesifik yaitu dengan adanya sifat bioaktif, biokomposit, pengkelat, antibakteria dan dapat terdegradasi.

Sandford dan Hutchins sebagaimana dikutip Meiratna (2008) menyatakan sifat kationik, biologi, dan sifat kimia kitosan adalah sebagai berikut :

1. Sifat kationik

Jumlah muatan positif tinggi : suatu muatan per unit gugus glukosamin, jika banyak material bermuatan negatif (seperti protein) maka muatan positif kitosan berinteraksi kuat dengan muatan negatif lain (polimer), flokulan yang baik: gugus NH<sub>3</sub><sup>+</sup> berinteraksi dengan muatan negatif dari polimer lain.

2. Sifat biologi

Dapat terdegradasi secara alami, polimer alami, non toksik.

3. Sifat kimia

Linier poliamin (poli D-glukosamin) yang memiliki gugus amino yang baik untuk reaksi kimia dan pembentukan garam dengan asam, gugus amino yang reaktif, gugus hidroksil yang reaktif (CH<sub>3</sub>-OH, C<sub>6</sub>-OH) yang dapat membentuk senyawa turunannya.

Karakteristik kitosan dapat dilihat pada tabel 1. berikut.

**Tabel 1. Karakteristik Kitosan**

No.	Karakteristik	Ukuran
1.	Bentuk partikel	Serpihan Bubuk
2.	Massa air	< 10%

3.	Massa abu	< 2%
4.	Persen deasetilasi	> 70%
5.	Warna larutan	Jernih
6.	Viskositas:	
	Rendah	< 200
	Medium	200-799
	Tinggi	800-2000
	Ekstra tinggi	> 2000
7.	Berat molekul	< 10 <sup>6</sup>

---

(Robert dalam Meiratna, 2008)

Proses deasetilasi menggunakan kombinasi perlakuan secara kimiawi dan enzimatis seperti penelitian yang dilakukan oleh Emmawati (2004) dan Rochima (2005) merupakan alternatif proses yang baik. Deasetilasi kitin akan menghilangkan gugus asetil dan menyisakan gugus amino yang bermuatan positif, sehingga kitosan bersifat polikationik. Rumus umum kitosan adalah  $(C_6H_{11}NO_4)_n$  atau disebut sebagai (1,4)-2- Amino-2-Deoksi-beta-D-Glukosa.

Hossain *et al.* (2005) melaporkan persiapan *chitin* dari kulit udang dan prosedur umum untuk mengisolasi *chitin* dari kulit udang melibatkan demineralisasi, deproteinisasi dan penghilangan warna. Kitosan dalam bidang industri biasanya disiapkan oleh alkali asetilasi de-N-chitin (Hirano 1996) sebagaimana dikutip (Muzzarelli, 1997). Produksi khas kitosan dari cangkang *crustacea* umumnya terdiri dari empat langkah dasar, yaitu demineralisasi, deproteinisasi, penghilangan warna dan deasetilasi. Menurut No *et al.* (2003) proses deproteinisasi dilakukan dengan ekstraksi menggunakan larutan natrium hidroksida encer (1-10%) pada suhu tinggi (65-100 °C) selama 1-6 jam. Proses demineralisasi dilakukan dengan penambahan larutan asam hidroklorida 4% pada suhu tinggi (65-100 °C) untuk menghilangkan mineral yang terdapat pada cangkang *crustacea*. Konversi *chitin* menjadi kitosan dicapai dengan proses deasetilasi menggunakan larutan natrium hidroksida pekat (40-50%) pada 100 °C atau lebih tinggi, untuk menghilangkan beberapa atau semua gugus asetil dari polimer.

Pelarut yang umum digunakan untuk melarutkan kitosan adalah asam asetat dengan konsentrasi 1–2% (Knorr, 1982 sebagaimana dikutip Apriyanto, 2007). Asam asetat adalah cairan tidak berwarna dengan karakteristik bau yang tajam, berasa asam, serta larut dalam air, alkohol, dan gliserol. Rumus empirik asam asetat adalah  $C_2H_4O_2$  dan rumus strukturnya  $CH_3COOH$ . Asam asetat mempunyai berat molekul 60, titik didih  $118^{\circ}C$ , titik beku  $16,7^{\circ}C$ , dan dapat digunakan sebagai penambahan rasa (Dillon, 1992 sebagaimana dikutip Astuti, 2008).

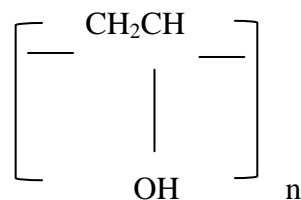
Sifat fungsional kitosan dilaporkan bergantung pada berat molekul atau viskositasnya (No & Lee 1995). Menurut Khan *et al.* (2002), derajat deasetilasi kitosan yang dihasilkan mempengaruhi kualitas dan aplikasi kitosan di berbagai bidang. Johns & Nakason (2011) menyatakan bahwa kitosan merupakan polimer yang memiliki dwi kutub (dipol) disebabkan adanya muatan positif dari gugus amina dan muatan negatif dari gugus karboksil. Keberadaan gugus ini menyebabkan polaritas pada kitosan *film* dan menggolongkan kitosan sebagai material dielektrik (Begum *et al.* 2011).

Keunggulan sifat kitosan *film* yang *biodegradable* telah dibuktikan Makarios-Laham dan Lee (1995). Di dalam tanah, PE-kitosan *film* memiliki tingkat degradasi lebih tinggi dibandingkan *film* komersial dengan bahan dasar tepung kanji. Untuk meningkatkan ketahanan laju udara pada kitosan *film*, Suyatma *et al.* (2004) mencampurnya dengan polimer komersial *poly(lactic acid)* (PLA). Ban *et al.* (2005) membuktikan bahwa kitosan dengan konsentrasi 28% mampu memberi kekuatan tarik 10 kali lipat pada *film* dari tepung kanji komersial. Kamel *et al.* (2004) mendapatkan hasil bahwa perlakuan dengan 1% larutan PVA atau 0,3% larutan kitosan memberikan karakteristik fisik maksimum pada kertas. Chen *et al.* (2007) yang meneliti karakteristik ikatan yang terjadi pada kitosan *film* dan PVA menemukan bahwa interaksi ikatan hidrogen antara kitosan dan PVA membuat struktur kimia *film* yang dihasilkan sangat kokoh Apriyanto (2007) telah mengembangkan biofilm berbahan dasar PVA dan kitosan dengan penambahan sorbitol.

## 2.5 Polivinil Alkohol (PVA)

Polivinil alkohol merupakan suatu material yang dibuat melalui proses alkoholisis dari polivinil asetat (PVAc). Polivinil alkohol memiliki sifat tidak berwarna, padatan termoplastik yang tidak larut pada sebagian besar pelarut organik dan minyak, tetapi larut dalam air bila jumlah dari gugus hidroksil dari polimer tersebut cukup tinggi (Harper & Petrie 2003). Polivinil alkohol memiliki permeabilitas uap air terendah dari semua polimer komersial tetapi sensitivitas airnya telah membatasi penggunaannya (Beswick & Dunn 2002) sebagaimana dikutip (Darni, 2009).

Wujud polivinil alkohol adalah *powder* atau serbuk yang berwarna putih dan dapat larut dalam air pada suhu 80°C serta memiliki densitas sebesar 1,20-1,3020 g/cm<sup>3</sup> (Sheftel 2000) sebagaimana dikutip (Darni, 2008). Polivinil alkohol dapat digunakan sebagai bahan pembuatan kemasan plastik *film*. Polivinil alkohol memiliki kuat sobek sebesar 147-834 N.mm<sup>-1</sup>, kuat tarik sebesar 44-64 MN.m<sup>-2</sup> serta persen pemanjangan sebesar 150-400 %. Dengan karakteristik tersebut dan sifatnya yang mudah larut dalam air, polivinil alkohol dapat dibentuk menjadi kemasan plastik *film* yang *biodegradable* (Hodgkinson and Taylor 2000) sebagaimana dikutip (Darni, 2010). Bentuk struktur dari polivinil alkohol dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Struktur monomer polivinil alkohol (Sheftel 2000)**

Pembentukan polivinil alkohol dilakukan melalui proses hidrolisis (saponifikasi) dari polivinil asetat. Etilen direaksikan dengan asam asetat akan membentuk vinil asetat. Reaksi ini dapat berjalan dengan adanya katalis yaitu garam palladium (II) klorida (Schonberger *et al.* 1997). Polivinil alkohol merupakan polimer sintetik yang mudah diuraikan secara biologi (*biodegradable*) dan suatu material non toksik. Pada perkembangannya, polivinil alkohol telah

diaplikasikan dalam bidang kesehatan (*biomedical*), pelapis bahan, bahan pembuat deterjen, lem, serta pengemulsi (Hodgkinson and Taylor 2000).

Secara komersial, polivinil alkohol adalah plastik yang paling penting dalam pembuatan film yang dapat larut dalam air. Hal ini ditandai dengan kemampuannya dalam pembentukan film, pengemulsi, dan sifat adesifnya. Polivinil alkohol memiliki kekuatan tarik yang tinggi, fleksibilitas yang baik, dan sifat penghalang oksigen yang baik (Ogur 2005). Aplikasi dari polivinil alkohol sudah meliputi banyak bidang. Hodgkins & Taylor (2000) melaporkan polivinil alkohol banyak diaplikasikan dalam bidang kesehatan (*biomedical*), bahan pembuat deterjen, lem, dan *film*. Lin & Ku (2008) melaporkan polivinil alkohol banyak digunakan dalam pengolahan tekstil pada pembuatan nilon dan dalam pembuatan serat sebagai bahan baku untuk produksi serat polivinil alkohol sebagaimana dikutip (Munthoub, 2011).

Polivinil alkohol juga diaplikasikan sebagai bahan sekali pakai. Salah satu pemanfaatannya sebagai bahan sekali pakai adalah aplikasi polivinil alkohol pada kantong kotoran hewan yang akan terurai setelah dibuang. Selain itu, polivinil alkohol juga dapat diaplikasikan pada bola golf, sehingga pegolf tidak perlu mencari bolanya setelah dipukul karena bola tersebut akan terurai di alam. Polivinil alkohol dalam industri pangan digunakan sebagai bahan pelapis karena sifatnya kedap terhadap uap air. Polivinil alkohol mampu menjaga komponen aktif dan bahan lainnya yang terkandung di dalam bahan dari kontak dengan oksigen (Ogur 2005) sebagaimana dikutip (Munthoub, 2011). Karakter fisik dari polivinil alkohol dapat dilihat pada tabel 2. berikut.

**Tabel 2. Karakteristik fisik polivinil alkohol**

No.	Karakteristik	Nilai
1.	Densitas ( $\text{g/cm}^2$ )	1,19-1,31
2.	Titik leleh ( $^{\circ}\text{C}$ )	180-240
3.	Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	228
4.	Suhu penguraian ( $^{\circ}\text{C}$ )	180

## 2.6 Gliserol

Gliserol ialah suatu trihidroksi alkohol yang terdiri atas 3 atom karbon. Jadi tiap atom karbon mempunyai gugus –OH. Satu molekul gliserol dapat mengikat satu, dua, tiga molekul asam lemak dalam bentuk ester, yang disebut monogliserida, digliserida dan trigliserida.

Sifat fisik dari gliserol :

- Merupakan cairan tidak berwarna
- Tidak berbau
- Cairan kental dengan rasa yang manis
- Densitas 1,261
- Titik lebur 18,2°C
- Titik didih 290 °C

Gliserol juga digunakan sebagai penghalus pada krim cukur, sabun, dalam obat batuk dan sirup atau untuk pelembab.

Gliserol ialah suatu trihidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon. Jadi tiap karbon mempunyai gugus –OH. Gliserol dapat diperoleh dengan jalan penguapan hati-hati, kemudian dimurnikan dengan distilasi pada tekanan rendah. Pada umumnya lemak apabila dibiarkan lama di udara akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak enak. Hal ini disebabkan oleh proses hidrolisis yang menghasilkan asam lemak bebas. Di samping itu dapat pula terjadi proses oksidasi terhadap asam lemak tidak jenuh yang hasilnya akan menambah bau dan rasa yang tidak enak. Oksidasi asam lemak tidak jenuh akan menghasilkan peroksida dan selanjutnya akan terbentuk aldehida. Inilah yang menyebabkan terjadinya bau dan rasa yang tidak enak atau tengik. Gliserol yang diperoleh dari hasil penyabunan lemak atau minyak adalah suatu zat cair yang tidak berwarna dan mempunyai rasa yang agak manis. Gliserol larut baik dalam air dan tidak larut dalam eter. Gliserol digunakan dalam industri farmasi dan kosmetika sebagai bahan dalam preparat yang dihasilkan. Di samping itu gliserol berguna bagi kita untuk sintesis lemak di dalam tubuh.

Gliserol yang diperoleh dari hasil penyabunan lemak atau minyak adalah suatu zat cair yang tidak berwarna dan mempunyai rasa yang agak manis,

larut dalam air dan tidak larut dalam eter (Poedjiadi, 2006) sebagaimana dikutip (Giovani, 2013).

## 2.7 Poliblen

Poliblen merupakan polimer yang terbentuk dari dua atau lebih polimer. Prosesnya disebut *blending*. Poliblen tersebut akan memiliki karakteristik kombinasi dari sifat komponen-komponen penyusunnya. Oleh karena itu, teknik *blending* dapat menjadi solusi untuk memperoleh material-material baru yang mempunyai sifat yang sulit didapat hanya dengan satu polimer.

Proses pencampuran polimer dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu secara fisik dan kimia. Pencampuran fisik terjadi antara dua atau lebih polimer yang berbeda dan tidak membentuk ikatan kovalen antara komponen-komponen penyusunnya yang disebut dengan poliblen. Pencampuran kimia terjadi antara polimer-polimer penyusunnya sehingga menghasilkan kopolimer. Kompatibilitas poliblen menggambarkan kekuatan antaraksi yang terjadi antara rantai polimer sehingga membentuk campuran homogen atau mendekati homogen.

Poliblen dapat dibentuk melalui beberapa teknik preparasi yaitu:

**Tabel 3. Teknik preparasi poliblen**

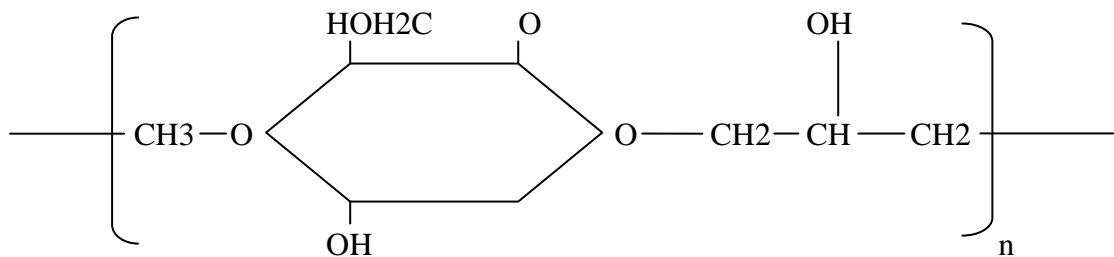
Teknik preparasi	Deskripsi
<i>Mechanical blends</i>	Polimer/kopolimer dicampur pada suhu diatas $T_g$ atau $T_m$ masing-masing polimer yang bersifat <i>amorf</i> dan semikristalin.
<i>Mechanochemical blends</i>	Polimer/kopolimer dicampur dengan laju geser yang cukup tinggi sehingga polimer mengalami degradasi. Radikal-radikal bebas yang terbentuk berkombinasi menghasilkan campuran kompleks yang mengandung kopolimer blok ata cangkang.
<i>Solution cast blends</i>	Polimer/kopolimer dicampur dengan melarutkannya ke dalam pelarut tertentu hingga homogeny, kemudian pelarut dihilangkan melalui penguapan sehingga dapat membentuk <i>film</i> polimer.

<i>Latex blends</i>	Dispersi-dispersi halus dari polimer dalam air (lateks) dicampur lalu polimer-polimer yang bercampur tersebut dikoagulasi.
---------------------	--

Poliblen homogen dapat membentuk film yang transparan dengan transisi kaca ( $T_g$ ) dan titik leleh tunggal, sedangkan poliblen heterogen membentuk campuran keruh dan tidak transparan serta mempunyai  $T_g$  majemuk, dan mempunyai beberapa suhu titik leleh. Poliblen komersial dapat dibentuk dari polimer sintetik-polimer sintetik, polimer sintetik-polimer alam, atau polimer alam-polimer alam. Kelebihan poliblen adalah dapat memanfaatkan formulasi yang telah ada dari material dengan sifat khusus sehingga poliblen akan mempunyai ciri unggul komponen-komponen penyusunnya dan menghasilkan produk baru yang lebih menguntungkan.

Poliblen bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat material yang diinginkan dan disesuaikan dengan keperluan. Selain itu juga, bertujuan meningkatkan kompatibilitas dan degradabilitas yang lebih baik. Polimer yang dicampur harus memiliki sifat fisik dan mekanis yang lebih baik.

Adapun rantai kimia yang terbentuk dalam proses pembuatan *biofilm* dari polivinil alkohol dan kitosan adalah sebagai berikut:



## 2.8 Karakterisasi Mekanik *Biofilm*

Karakterisasi mekanik dari *biofilm* dapat dipelajari berdasarkan dari tiga parameter yaitu: kuat tarik (*tensile strength*), modulus Young dan presentase pemanjangan (elongasi) (Skurtys et. al., 2010) sebagaimana dikutip (Apriyanto, 2007). Parameter-parameter tersebut dapat menjelaskan bagaimana karakteristik mekanik dari bahan *biofilm* yang berkaitan dengan struktur kimianya dan juga mengindikasikan integrasi *biofilm* pada kondisi tekanan (*stress*) yang terjadi selama proses pembentukan *biofilm* tersebut.

Kuat tarik (*tensile strength*) didefinisikan sebagai kekuatan maksimum bahan yang diberikan gaya tarik/tegangan (*stress*) hingga bahan tersebut mengalami perubahan bentuk (deformasi). Selama di bawah pengaruh tegangan, spesimen mengalami perubahan bentuk (deformasi) maka secara praktis kuat tarik diartikan sebagai besarnya beban maksimum yang dibutuhkan untuk memutuskan spesimen bahan dibagi dengan luas penampang semula (Anonim<sup>b</sup>, 2010).

Tegangan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang diberikan pada polimer hingga terjadi perubahan bentuk dengan luas area dimana gaya tersebut diberikan. Tegangan secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan (Mpa, psi)

F = Gaya yang diberikan pada bahan (N, lb)

A = Luas area (cm<sup>2</sup>, in<sup>2</sup>)

Kuat tarik selain dipengaruhi oleh tegangan (*stress*) juga dipengaruhi oleh regangan/pemanjangan (*strain*). Regangan didefinisikan sebagai rasio antara perubahan pemanjangan dengan panjang awal dari bahan yang mengalami perubahan bentuk. Pemanjangan dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \times 100\%$$

Dimana:

$\varepsilon$  = Regangan/pemanjangan (%)

$\Delta l$  = Perubahan pemanjangan (cm)

l = Panjang awal (cm)

Jika suatu beban dikenakan gaya tarikan dengan kecepatan tetap, semula kenaikan tegangan yang diterima bahan berbanding lurus dengan perpanjangan spesimen sampai dengan titik elastis bilamana tegangan dilepaskan maka hanya sebagian yang akan kembali ke keadaan aslinya dan menjadi bentuk permanen, tetapi jika tegangan dinaikkan sedikit saja akan terjadi perpanjangan yang besar.

Tingkat kekakuan dari suatu material dapat diketahui dengan pengukuran terhadap modulus elastisitas (modulus Young) dari material tersebut. Modulus elastisitas diperoleh dari rasio antara tegangan dan renggangan. Modulus elastisitas secara matematik dituliskan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (Mpa, psi)

$\sigma$  = Tegangan (Mpa, psi)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

Hukum Hooke tentang modulus elastisitas diterapkan pada daerah linier elastis. Kemiringan kurva pada keadaan ini disebut modulus atau kekakuan, sedang besarnya tegangan dan perpanjangan mencapai titik elastis ini masing-masing disebut tegangan *yield*. Di atas titik elastisitas ini molekul-molekul polimer berorientasi searah dengan tarikan dan hanya memerlukan sedikit tegangan untuk menaikkan perpanjangan.

Bila semua rantai polimer telah tersusun teratur membentuk struktur kristalin dan menjadi lebih liat maka diperlukan tegangan yang lebih besar untuk menaikkan perpanjangan. Akhirnya bahan akan terputus bila tegangan telah melampaui gaya interaksi total antar segmen. Perpanjangan dan tegangan pada saat bahan akan terputus ini masing-masing disebut dengan kemuluran dan kuat tarik.

## **2.9 Laju Transmisi Uap Air/*Water Vapor Transmission Rate (WVTR)***

Transmisi uap air merupakan suatu pengukuran kemudahan suatu bahan untuk dilalui uap air tanpa memperhitungkan ketebalan bahan dan perbedaan tekanan udara di dalam dan luar bahan. Transmisi uap air juga didefinisikan sebagai uap air yang dapat melalui setiap satuan luas bahan pada jangka waktu tertentu. Nilai transmisi uap air disajikan dalam satuan  $\text{g}/100 \text{ in}^2/24 \text{ jam}$  atau  $\text{g}/\text{m}^2/24\text{jam}$  yang merupakan standar pengukuran *edible film* untuk mengetahui ketahanan menahan uap air. Nilai-nilai yang lebih rendah menunjukkan

kelembaban yang baik. Secara matematis, laju transmisi uap air dituliskan sebagai berikut:

$$WVTR = \frac{m}{A \times t}$$

Dimana:

m = massa uap air yang melewatibahan (g)

A = luas area bahan yang dilewati uap air (cm<sup>2</sup>)

T = waktu (jam)

Beberapa penelitian mengenai laju transmisi uap air, terkadang mengikutsertakan ketebalan bahan penghitungnya. Persamaan matematik dari laju transmisi uap air yang mengikutsertakan ketebalan adalah:

$$WVTR = \frac{m \times \Delta x}{A \times t}$$

Dimana  $\Delta x$  merupakan ketebalan bahan.

Nilai laju transmisi uap air (WVTR) suatu *edible film* berkisar antara 2,369 (g/mm<sup>2</sup>/jam). Secara teoritis, semakin banyak penambahan komponen lemak dan terdistribusi merata pada seluruh bagian *edible film* maka hidrofibilitasnya akan meningkat sehingga transmisi uap air melalui *edible film* dapat diperkecil atau dihambat (Layuk, Djagal dan Hariyadi, 2001). Formula *edible film* yang memberikan nilai laju transmisi uap air (WVTR) kecil selanjutnya digunakan untuk mempertahankan susut berat dan menghambat reaksi pencokelatan pada bahan pangan dengan cara melapisi (*coating*) atau pembungkusan (*wrapping*).

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Balai Besar Kimia dan Kemasan (BBKK), Kalisari, Jakarta Timur. Waktu penelitian dimulai pada tanggal 2 Maret 2015 sampai 31 Mei 2015.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Beker glass*
2. Kaca arloji
3. Spatula
4. Neraca analitik
5. Labu semprot
6. *Hot plate*
7. *Magnetic stirrer*
8. Batang pengaduk
9. Pipet ukur
10. Alumunium *foil*
11. *Flexi glass*
12. Termometer
13. Kertas saring

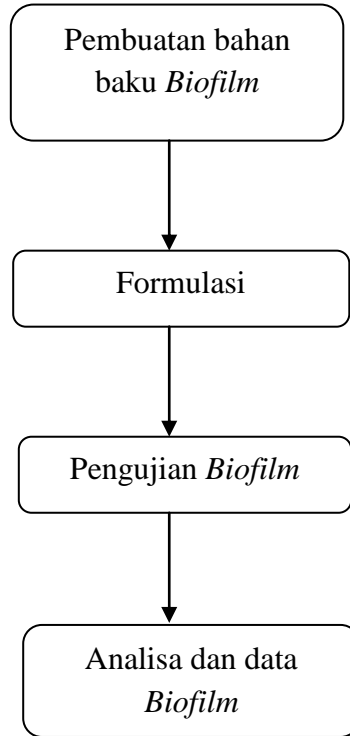
#### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Polivinil alkohol
2. Kitosan
3. Asam asetat
4. *Aquadest*
5. Gliserol

### 3.3 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian pembuatan *biofilm* dapat dilihat pada gambar 3.



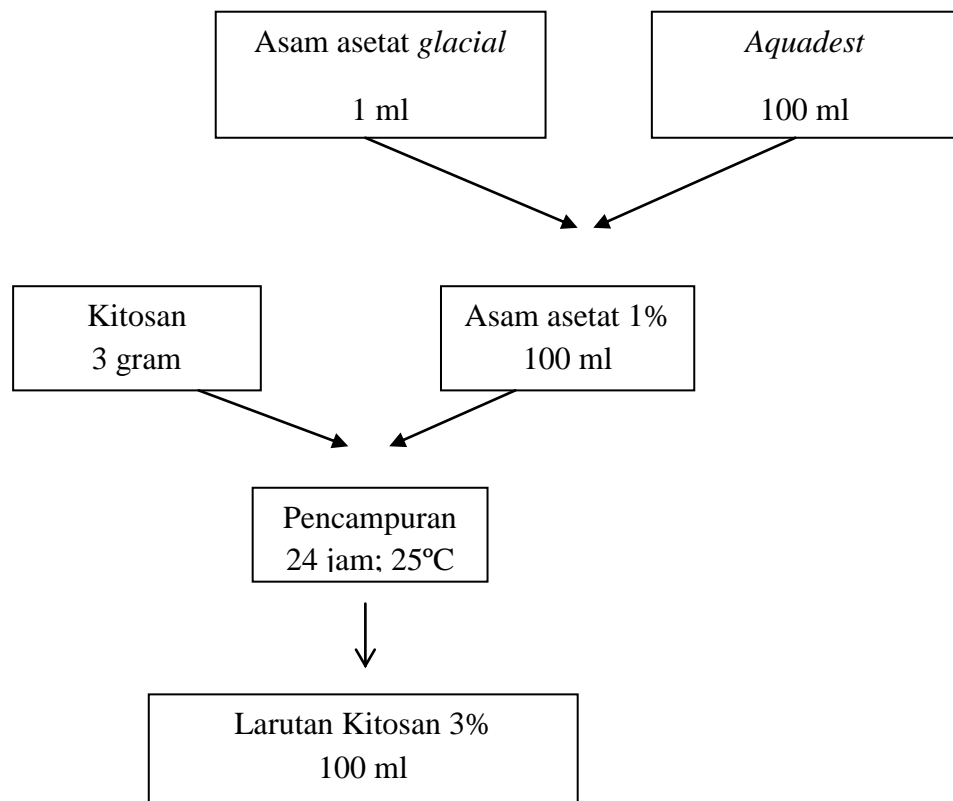
**Gambar 3. Metodologi penelitian**

#### 3.3.1 Pembuatan Bahan Baku *Biofilm*

Penelitian pendahuluan ini dilakukan untuk membuat larutan kitosan dan larutan polivinil alkohol yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *biofilm*

##### 3.3.1.1 Pembuatan Larutan Kitosan

Tahap pertama dalam penelitian pendahuluan adalah proses pembuatan larutan kitosan 3% (b/v) dengan melarutkan 3 gram kitosan ke dalam 100 ml asam asetat 1%. Diagram alir proses pembuatan larutan kitosan 3% dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4. Diagram alir proses pembuatan larutan kitosan 3%**

#### **Prosedur pembuatan**

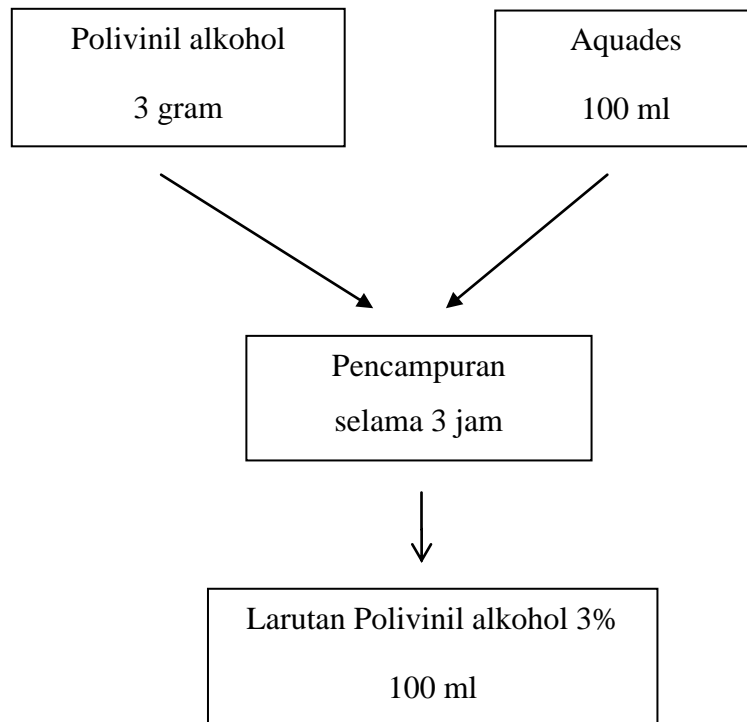
Proses pembuatan larutan kitosan dilakukan dengan cara melarutkan kitosan sebanyak 3 gram ke dalam larutan asam asetat 1%. Kemudian proses pencampuran dilakukan selama 24 jam pada suhu ruangan (24<sup>0</sup>C).

Prosedur pembuatan larutan kitosan 3% adalah sebagai berikut:

1. Larutkan 1 ml asam asetat *glacial* ke dalam 100 ml *aquadest* menggunakan Erlenmeyer 100 ml.
2. Timbang kitosan sebanyak 3 gram menggunakan neraca analitik.
3. Larutkan kitosan dengan 100 ml asam asetat 1% menggunakan *bekerglass* 300 ml kemudian tutup menggunakan *aluminium foil* untuk mencegah penguapan.
4. Aduk menggunakan stirrer selama 24 jam (1 hari)

### 3.3.1.2 pembuatan larutan polivinil alkohol

Kemudian proses pembuatan poly-vinil alkohol 3% (b/v) dengan melarutkan 3 gram polivinil alkohol dengan 100 ml aquades. Diagram alir proses pembuatan larutan polivinil alkohol dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5. Diagram alir proses pembuatan larutan polivinil alkohol 3%**

#### **Prosedur pembuatan**

Proses pembuatan larutan polivinil alkohol dilakukan dengan melarutkan 3 gram *pellet* polivinil alkohol menggunakan *aquadest* sebanyak 100 ml. Kemudian aduk selama 3 jam pada suhu  $(70-80)^{\circ}\text{C}$ .

Prosedur pembuatan polivinil alkohol adalah sebagai berikut:

1. Timbang *pellet* polivinil alkohol sebanyak 3 gram menggunakan neraca analitik.
2. Larutkan *pellet* polivinil alkohol ke dalam 100 ml *aquadest* menggunakan *bekerglass* 300 ml.
3. Tutup menggunakan aluminium *foil* untuk mencegah penguapan.
4. Gantung termometer pada statif kemudian celupkan sedikit ke dalam larutan untuk mengontrol suhu selama proses pelarutan.

5. Aduk selama 3 jam menggunakan *hot plate* dan *stirrer*.
6. Suhu dijaga antara 70<sup>0</sup>C-80<sup>0</sup>C.

### 3.3.2 Formulasi

Formulasi merupakan penelitian utama dalam pembuatan biofilm. Tahap pertama dalam penelitian utama adalah pencampuran antara larutan polivinil alkohol, larutan kitosan, dan gliserol dengan beberapa variasi komposisi campuran antara larutan polivinil alkohol dan larutan kitosan yang telah ditetapkan pada penelitian pendahuluan.

Pada tahapan ini terdapat variabel tetap dan variabel berubah yang merupakan hal utama dalam penelitian untuk mencari titik puncak atau titik tertinggi formulasi yang paling baik.

#### 3.3.2.1 Variabel Penelitian

##### variabel tetap

variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Adapun variabel tetap pada penelitian ini adalah:

1. konsentrasi larutan :
  - Kitosan = 3%
  - PVA = 3%
  - Asam asetat = 1%
2. Volume gliserol = 5 ml
3. Suhu :
  - Suhu pelarutan PVA = (70-80)<sup>0</sup>C
  - Suhu pelarutan kitosan = 25<sup>0</sup>C
  - Suhu pengeringan = 25<sup>0</sup>C
4. Waktu :
  - Pelarutan kitosan = 24 jam
  - Pelarutan PVA = 3 jam
  - Pengeringan = 3 hari (72 jam)

**variabel berubah**

variabel berubah merupakan variabel yang divariasikan selama penelitian berlangsung untuk mencari titik optimasi pada setiap penelitian. Adapun variabel berubah yang di gunakan pada penelitian ini yaitu:

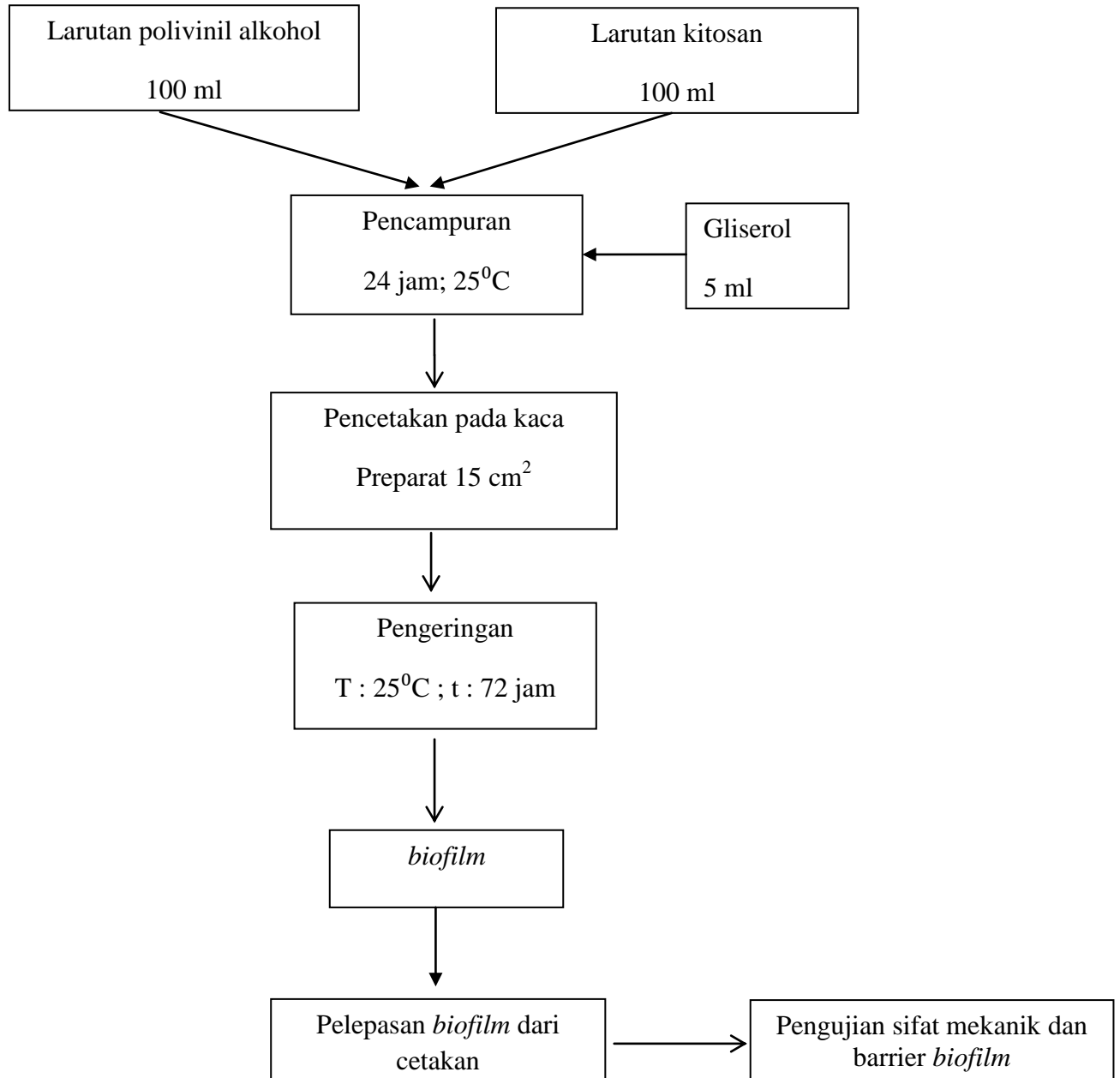
**1. perbandingan (PVA-kitosan-gliserol)**

Komposisi campuran antara polivinil alkohol-kitosan-gliserol dapat dilihat pada tabel 4. berikut ini.

No.	PVA (b/v)	KITOSAN (b/v)	GLISEROL (v)
1	100 ml	100 ml	-
2	100 ml	100 ml	5 ml
3	100 ml	200 ml	-
4	100 ml	200 ml	5 ml
5	200 ml	100 ml	-
6	200 ml	100 ml	5 ml
7	100 ml	300 ml	-
8	100 ml	300 ml	5 ml
9	300 ml	100 ml	-
10	300 ml	100 ml	5 ml

**Tabel 4. Formulasi campuran PVA-Kitosan-Gliserol**

Proses pembuatan formulasi antara polivinil alkohol-kitosan-gliserol dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Proses pembuatan *biofilm*

### **Prosedur pembuatan *biofilm***

1. Campurkan larutan polivinil alkohol 3 % dengan larutan kitosan 3 % sesuai dengan variabel komposisi yang telah ditetapkan pada tabel 3.1 dalam beker glass 500 ml.
2. Tambahkan gliserol sebanyak 5 ml pada larutan tersebut.
3. Aduk menggunakan stirrer selama 24 jam pada suhu 25<sup>0</sup> C.
4. Cetak larutan tersebut pada *flexi glass* ukuran 15 cm<sup>2</sup>.
5. Simpan pada suhu 25<sup>0</sup> C selama 72 jam (3 hari)
6. Lepaskan *biofilm* dari cetakan kemudian simpan dengan pembungkus dari alumunium *foil*.

### **3.4 Pengujian *Biofilm***

Sampel *biofilm* yang telah dibuat akan diuji untuk mengetahui sifat fisik/mekanik dan barriernya. Adapun uji yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kuat tarik, elongasi, dan permeabilitas terhadap uap air dari sampel *biofilm* tersebut.

#### **3.4.1 Uji Kuat Tarik dan Elongasi**

Dalam penelitian ini *biofilm* akan diuji kuat tarik dan persen pemanjangannya untuk mengetahui komposisi campuran yang memiliki ketahanan paling baik. Standar yang digunakan adalah ASTM (*American Standard Testing Method*) D882. Alat yang digunakan adalah *Tensile Strength and Elongation Stograph*-MI Toyoseiki dengan kapasitas 50 kgf, gambar alat terdapat pada lampiran B. Kuat tarik ditentukan berdasarkan beban maksimum pada saat *film* putus dan presentase pemanjangan berdasarkan pada penambahan panjang *film* pada saat putus.

*Biofilm* yang dihasilkan diukur ketebalannya menggunakan alat ukur ketebalan sebelum di uji kuat tarik. Alat ukur ketebalan yang digunakan yaitu *Microcal Meshmer* dengan ketelitian 0,0001. Gambar alat dapat dilihat pada lampiran B. Ketebalan sampel *biofilm* berpengaruh terhadap pengujian kuat tarik. Uji ketebalan bertujuan

menentukan nilai kuat tarik yang dapat dihitung untuk menghasilkan satuan kgf/cm<sup>2</sup>. Dari hasil uji kuat tarik diperoleh nilai *elongation at break*. Diharapkan dalam penelitian ini didapatkan hasil kuat tarik yang baik sehingga dapat diaplikasikan pada kemasan.

Nilai kekuatan tarik dan elongasi diukur berdasarkan rumus:

$$\text{kuat tarik} = \frac{F}{A}$$

Dimana : F = gaya kuat tarik (kgf)

A = luas alas sampel (cm<sup>2</sup>)

Sedangkan elongasi atau persen pemanjangan dapat dihitung dengan rumus:

$$\% \text{elongasi} = \frac{\text{panjang setelah putus} - \text{panjang awal}}{\text{panjang awal}} \times 100\%$$

### **Prosedur pengujian**

1. Sampel *biofilm* dipotong dengan panjang 15 cm dan lebar 1,5 cm sebanyak tujuh buah untuk masing-masing sampel. Gambar potongan dapat dilihat pada lampiran B.
2. Lakukan uji ketebalan sebanyak 4 titik untuk masing-masing potongan.
3. Catat hasil uji ketebalan kemudian hitung rata-ratanya.
4. Contoh uji dijepit dengan penjepit sepanjang  $\pm 5$  cm antar penjepit atas dan bawah.
5. Catat panjang awal, penunjukkan pada grafik posisi 0.
6. Hidupkan knop *start*, maka alat akan bergerak untuk menarik contoh uji sampai putus.
7. Tekan *stop* saat sampel sudah terputus.
8. Catat panjang setelah putus dan catat pada bagian *recorder* atau grafik.
9. Sampel dikeluarkan dengan cara membuka penjepit.
10. Kembalikan penjepit ke posisi semula dengan menekan tombol *reverse*.
11. Ulangi pengujian seperti prosedur diatas sebanyak 7 kali untuk masing-masing sampel.

### 3.4.2 Uji Laju Transmisi Uap Air (*Water Vapor Transmission Rate/WVTR*)

Laju transmisi uap air terhadap *biofilm* diukur dengan menggunakan metode gravitasi. Bahan penyerap uap air (desikan)/*silica gel* diletakkan dalam mangkuk aluminium, kemudian sampel diletakkan diatas mangkuk tersebut sehingga menutupi mangkuk tersebut, gambar mangkuk dapat dilihat pada lampiran B. Berikan sedikit *Vaseline* untuk menutupi bagian antara wadah dengan sampel sehingga tidak ada udara masuk.

#### Prosedur pengujian

1. Potong sampel dengan bentuk lingkaran menggunakan cetakan yang ada dengan diameter 8 cm. Gambar potongan sampel dapat dilihat pada lampiran B.
2. Siapkan 4 buah potongan untuk masing-masing sampel.
3. Letakkan *silica gel* dalam setiap cawan sedemikian rupa sehingga permukaannya rata.
4. Letakkan tutup cawan lalu letakkan cincin logam pada tutup cawan.
5. Letakkan sampel ke dalam tutup kemudian letakkan cincin karet dan tutup.
6. Sekrupkan tutup pada cawan.
7. Timbang setiap cawan menggunakan neraca analitik dan catat hasilnya.
8. Letakkan cawan di dalam *humidity chamber*, masukkan Rh meter kemudian tutup dan jalankan kipas di dalam *chamber*.
9. Setelah 1 jam ambil cawan kemudian timbang menggunakan neraca analitik.
10. Catat hasil penimbangan.
11. Ulangi prosedur diatas hingga 4 kali, catat setiap penimbangan.

Perhitungan nilai transmisi laju uap air atau WVTR (*Water Vapor Permeability Rate*) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$WVTR = \frac{(240 \times m_2)}{s \times t}$$

Dimana:  $m_2$  = pertambahan massa, dalam satuan milligram  
dalam waktu  $t$  jam

$t$  = waktu dalam satuan jam antara dua  
penimbangan terakhir

$s$  = luas permukaan bahan uji, dalam satuan  $\text{cm}^2$   
yang dalam ketentuannya pada alat uji yang  
digunakan sebesar  $0,005024 \text{ m}^2$ .

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan di laboratorium kemasan Balai Besar Kimia dan Kemasan, maka hasil penelitian didapatkan data karakterisasi *biofilm* yang meliputi kuat tarik, elongasi, dan laju transmisi uap air (*Water Vapor Transmission Rate/WVTR*).

#### 4.1.1 Pembuatan *Biofilm*

*Biofilm* yang dihasilkan dari campuran polivinil alkohol-kitosan-gliserol berbentuk lembaran bening kekuningan, transparan, dan elastis. Hasil *biofilm* dari campuran polivinil alkohol-kitosan-gliserol dapat dilihat pada lampiran B.

#### 4.1.2 Hasil Uji Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (%elongasi)

##### 4.1.2.1 Data ketebalan *biofilm*

Uji ketebalan dilakukan dengan menguji sebanyak 7 sampel untuk masing-masing formulasi. Dari hasil uji ketebalan didapatkan data yang dapat dilihat pada tabel 5. berikut

No.	Volume PVA (ml)	Volume Kitosan (ml)	Volume Gliserol (ml)	Tebal ( $\times 10^{-4}$ cm)							Rata-rata ( $\times 10^{-4}$ cm)
				A	B	C	D	E	F	G	
1	100	100	0	34.33	40.67	52.33	111	35.33	35.33	61	52.85
2	100	100	5	66.3	68.7	52	58	50.3	53	59	58.18
3	100	200	0	27.67	43.33	104.7	39	58.33	58.67	49	54.38
4	100	200	5	49.25	45.75	48	51.5	64.5	45.75	64.5	52.75
5	200	100	0	49.33	55	50.33	53.33	69	57.33	58	56.04
6	200	100	5	32.25	42	112.5	33.75	67.25	57.5	45.25	55.78
7	100	300	0	59.75	60.75	65.75	69	76.25	84.5	68.75	69.25

8	100	300	5	114.5	119	106.5	107.3	106.25	114.25	111.75	111.35
9	300	100	0	63.25	63.25	62.25	56	58.5	57.5	60.75	60.21
10	300	100	5	57.5	59.75	73.5	63.5	57.75	57	58.5	61.07

**Tabel 5. Data hasil uji ketebalan *biofilm***

Setelah dilakukan uji ketebalan maka didapatkan hasil rata-rata dari masing-masing formulasi. Hasil ketebalan rata-rata ini yang digunakan dalam perhitungan kuat tarik dari masing-masing formulasi. Perhitungan dapat dilihat pada lampiran A.

#### 4.1.2.2 Data hasil uji kuat tarik dan elongasi

Uji kuat tarik dan elongasi dilakukan setelah sampel di uji ketebalannya. Hasil uji ketebalan dari masing-masing sampel akan digunakan untuk melakukan perhitungan kuat tarik pada *biofilm*. Perhitungan kuat tarik dapat dilihat pada lampiran A.

Dari pengujian dan perhitungan kuat tarik dan elongasi, didapatkan data-data yang terlampir pada tabel 6.

No.	Volume PVA (ml)	Volume Kitosan (ml)	Volume Gliserol (ml)	Kuat tarik (kgf/cm <sup>2</sup> )	Elongasi (%)
1	100	100	0	677.07	7,7
2	100	100	5	78.13	61,1
3	100	200	0	585.38	6,7
4	100	200	5	47.41	40,8
5	200	100	0	489.49	5,4
6	200	100	5	183.62	89
7	100	300	0	397.78	10,2
8	100	300	5	60.63	49,7
9	300	100	0	417.50	56,8
10	300	100	5	160.11	100

**Tabel 6. Data pengujian kuat tarik dan elongasi**

#### 4.1.3 Hasil Uji Laju Transmisi Uap Air (*Water Vapor Transmission Rate/WVTR*)

Salah satu karakterisasi yang dilakukan pada penelitian *biofilm* adalah karakterisasi sifat *barrier* dari *biofilm* itu sendiri. Karakterisasi *barrier* dilakukang dengan analisis laju transmisi uap air atau sering disebut *Water Vapor Transmission Rate/WVTR*.

Data diperoleh setelah melakukan penimbangan setiap 1 jam selama 4 jam. Data yang diperoleh setelah melakukan pengujian WVTR dapat dilihat pada tabel 7. berikut.

No	PVA (ml)	Kitosan (ml)	Gliserol (ml)	Hasil Penimbangan (gram)					Slope
				Waktu (jam)					
				0	1	2	3	4	
1.A	100	100	0	168,4047	168,4437	168,4675	168,4912	168,5123	0,02295
1.B	100	100	0	170,1043	170,1407	170,1681	170,1958	170,1159	0,02662
1.C	100	100	0	167,1193	167,1518	167,1767	167,2015	167,2233	0,02393
1.D	100	100	0	167,0237	167,0559	167,0799	167,1036	167,1243	0,02289
2.A	100	100	5	168,0906	168,2186	168,3460	168,4738	168,5947	0,12561
2.B	100	100	5	169,4012	169,5304	169,6592	169,7905	169,9131	0,12794
2.C	100	100	5	168,4140	168,5265	168,6369	168,7446	168,8530	0,10872
2.D	100	100	5	167,5578	167,6743	168,7884	168,9030	168,0123	0,11286
3.A	100	200	0	166,3550	166,4124	166,4600	166,5048	166,5481	0,04519
3.B	100	200	0	168,4135	168,4586	168,4970	168,5311	168,5651	0,03536
3.C	100	200	0	170,2015	170,2426	170,2787	170,3091	170,3406	0,03244
3.D	100	200	0	167,4593	167,5064	167,5485	167,5860	167,6260	0,03963
4.A	100	200	5	168,8991	169,0453	169,1783	169,3089	169,4309	0,12874
4.B	100	200	5	167,8190	167,9827	168,1272	168,2679	168,3985	0,13881
4.C	100	200	5	169,9363	170,0502	170,1624	170,1707	170,3719	0,10734
4.D	100	200	5	169,2136	169,3224	169,4306	169,5335	169,6312	0,10293
5.A	200	100	0	167,8008	167,8505	167,8739	167,8951	167,9153	0,0456
5.B	200	100	0	167,6987	167,7436	167,7631	167,7818	167,7989	0,01846

5.C	200	100	0	169,9272	169,9726	169,9968	170,0174	170,0377	0,02159
5.D	200	100	0	167,5196	167,5632	167,5848	167,6039	167,6234	0,01997
6.A	200	100	5	166,7978	166,9092	167,0114	167,1060	167,1762	17,8264
6.B	200	100	5	167,3506	167,4538	167,5495	167,6413	167,7079	17,0004
6.C	200	100	5	168,3232	168,4165	168,5041	168,5863	168,6451	15,2866
6.D	200	100	5	169,4688	169,5535	169,6340	169,7112	169,7679	14,3392
7.A	100	300	0	167,7097	167,7685	167,8192	167,8575	167,8972	0,04244
7.B	100	300	0	167,1363	167,1892	167,2346	167,2690	167,3045	0,03803
7.C	100	300	0	168,8272	168,8750	168,9150	168,9452	168,9765	0,03347
7.D	100	300	0	168,0464	168,1122	168,1559	168,1885	168,2228	0,03650
8.A	100	300	5	170,2859	170,5128	170,6728	170,8140	170,9405	0,14207
8.B	100	300	5	166,2812	166,4688	166,6005	166,7258	166,8405	0,12404
8.C	100	300	5	168,8599	169,0426	169,1740	169,2909	169,3955	0,11756
8.D	100	300	5	167,6436	167,8111	167,9334	168,0421	168,1407	0,10975
9.A	300	100	0	166,9504	166,9784	166,9937	167,0089	167,0233	0,01499
9.B	300	100	0	169,5920	169,6205	169,6355	169,6500	169,6636	0,01438
9.C	300	100	0	170,8025	170,8293	170,8446	170,8592	170,8738	0,0148
9.D	300	100	0	169,5920	169,6205	169,6355	169,6500	169,6636	0,01438
10A	300	100	5	168,4859	168,5843	168,6605	168,7541	168,8210	0,08037
10B	300	100	5	168,1184	168,2127	168,2830	168,3682	168,4271	0,07284
10C	300	100	5	168,7847	168,8672	168,9315	168,0099	168,0662	0,06754
10D	300	100	5	165,8812	165,9645	166,0283	166,1049	166,1606	0,06649

**Tabel 7. Data hasil uji WVTR**

Dari data penimbangan diatas didapatkan *slope* dh/dt yang akan digunakan dalam perhitungan laju transmisi uap air. Setelah melakukan perhitungan didapatkan hasil pengujian laju transmisi uap air dari *biofilm*, perhitungan dapat dilihat pada lampiran A. Data hasil pengujian WVTR disajikan dalam tabel 8.

No.	Volume PVA (ml)	Volume Kitosan (ml)	Volume Gliserol (ml)	WVTR (g/m <sup>2</sup> /jam)
1	100	100	0	4,7716
2	100	100	5	23,6430
3	100	200	0	7,5945
4	100	200	5	23,7768
5	200	100	0	4,0595
6	200	100	5	16,1131
7	100	300	0	7,3687
8	100	300	5	24,5531
9	300	100	0	2,9140
10	300	100	5	14,2934

**Tabel 8. Data hasil analisis WVTR**

Data analisis laju transmisi uap air diperoleh setelah menghitung hasil pengamatan yang dilakukan dalam waktu 4 jam, pencatatan dilakukan setiap 1 jam. Data yang diperoleh kemudian dihitung untuk mencari laju transmisi uap air sampel *biofilm* yang diujikan. Perhitungan WVTR dapat dilihat pada lampiran A.

## **4.2 Pembahasan Hasil Penelitian**

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan data-data mengenai karakterisasi mekanik/fisik dan *barrier biofilm* yang menunjukkan perbedaan nilai kuat tarik, elongasi, dan laju transmisi uap air (*Water Vapor Transmission Rate/WVTR*).

### **4.2.1 Sifat fisik/mekanik *biofilm***

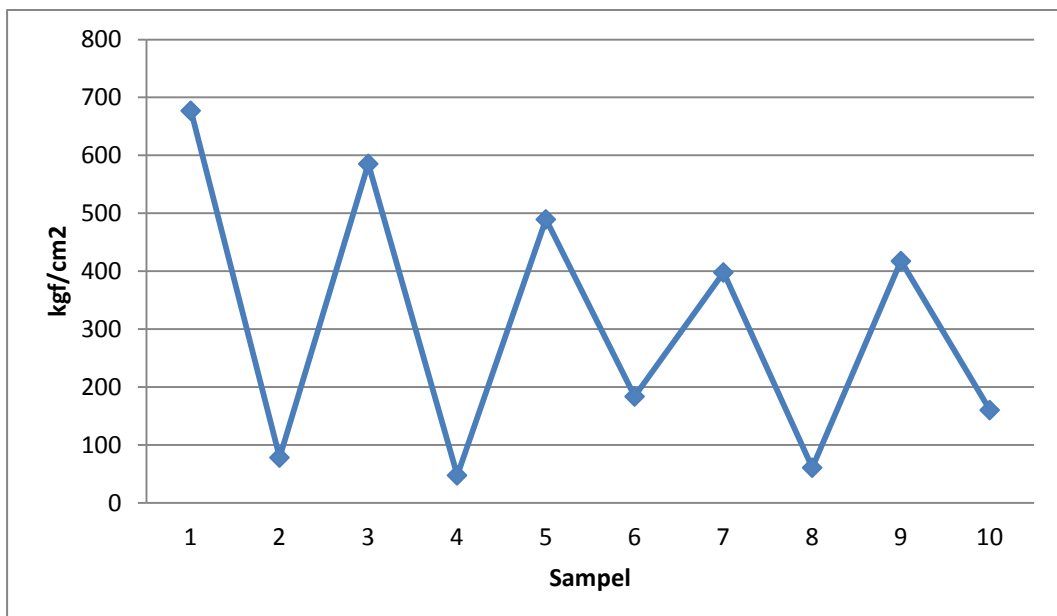
#### **4.2.1.1 Kuat tarik**

Dalam penelitian ini didapatkan karakterisasi fisik/mekanik *biofilm*. Salah satunya adalah hasil kuat tarik dari masing-masing formulasi. Kuat tarik berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Wafiroh, dkk. 2010) bahwa *biofilm* yang mempunyai sifat mekanik tinggi maka akan ditunjukkan

kemampuan dan kekuatan *biofilm* dalam menjaga kualitas produk yang dikemasnya. Uji kuat tarik dipengaruhi oleh komponen penyusun atau formulasi bahan yang digunakan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu polivinil alkohol, kitosan, dan gliserol.

Analisis data pada pengujian kuat tarik menunjukkan bahwa rata-rata pemanjangan sampel yaitu sebesar 308,712 kgf/cm<sup>2</sup>. Uji kuat tarik tertinggi sampel adalah campuran polivinil alkohol 100 ml, kitosan 100 ml, tanpa menggunakan gliserol. Uji kuat tarik tertinggi sampel yaitu sebesar 667,07 kgf/cm<sup>2</sup> atau sebesar 21,6% dari total seluruh hasil uji kuat tarik sampel. Sedangkan uji kuat tarik terendah sampel yaitu campuran polivinil alkohol 100 ml, kitosan 200 ml, gliserol 5 ml. Uji kuat tarik terendah sampel yaitu sebesar 47,41 kgf/cm<sup>2</sup> atau sebesar 1,5% dari jumlah total pemanjangan sampel.

Hasil analisis data pengujian kuat tarik *biofilm* dapat dilihat pada gambar 7.

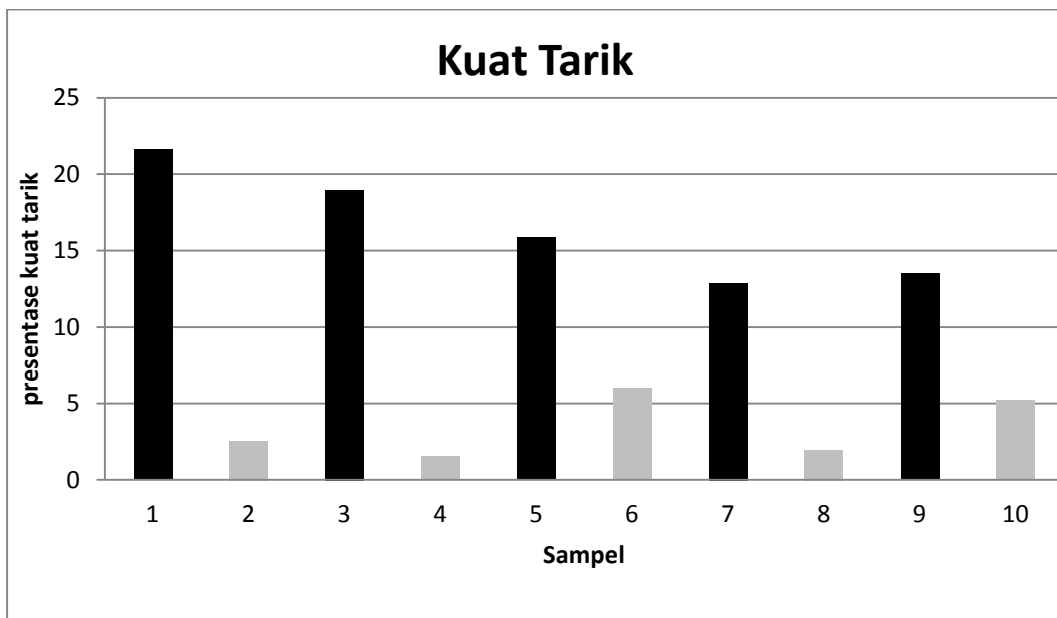


**Gambar 7. Grafik hasil uji kuat tarik**

Berdasarkan grafik uji kuat tarik dapat dilihat bahwa formulasi yang memiliki kuat tarik tertinggi yaitu sampel 1 dengan formulasi polivinil alkohol-kitosan (1:1) (v/v) tanpa tambahan gliserol. Sedangkan formulasi dengan kuat tarik terendah yaitu formulasi campuran polivinil alkohol-kitosan (1;2) (v/v) dengan penambahan gliserol sebanyak 5 ml.

Sedangkan jika di presentasikan dari seluruh total hasil uji kuat tarik, maka dapat dilihat pengaruh penambahan aditif gliserol terhadap kualitas kuat tarik *biofilm*.

Presentase data kuat tarik dapat dilihat pada gambar 8.



**Gambar 8. Diagram presentase kuat tarik**

keterangan:

- 1 = PVA 100 ml + kitosan 100 ml
- 2 = PVA 100 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml
- 3 = PVA 100 ml + kitosan 200 ml
- 4 = PVA 100 ml + kitosan 200 ml + gliserol 5 ml
- 5 = PVA 200 ml + kitosan 100 ml
- 6 = PVA 200 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml
- 7 = PVA 100 ml + kitosan 300 ml

8 = PVA 100 ml + kitosan 300 ml + gliserol 5 ml

9 = PVA 300 ml + kitosan 100 ml

10 = PVA 300 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

■ = formulasi tanpa gliserol

□ = formulasi dengan gliserol

Penambahan gliserol pada *biofilm* dari campuran polivinil alkohol dan kitosan sangatlah berpengaruh pada karakter sifat fisik/mekanik dari *biofilm* tersebut. Salah satunya adalah kuat tarik *biofilm*. Berdasarkan presentase uji kuat tarik yang dapat dilihat pada gambar 7., menunjukkan bahwa penambahan gliserol pada setiap formulasi campuran polivinil alkohol dan kitosan memiliki hasil uji kuat tarik yang lebih rendah daripada formulasi campuran polivinil alkohol dan kitosan tanpa menggunakan tambahan gliserol. Maka dari itu penambahan gliserol pada formulasi campuran berpengaruh terhadap penurunan nilai kuat tarik dari *biofilm*.

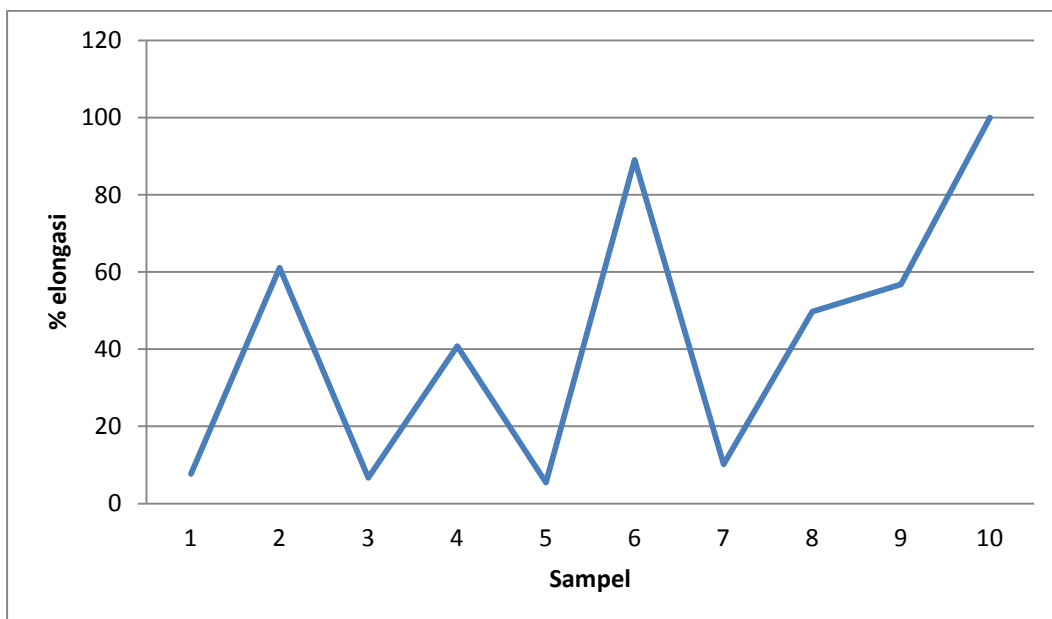
#### 4.2.1.2 Persen pemanjangan atau Elongasi

Uji presentase pemanjangan atau elongasi dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tarik *biofilm*. Presentase pemanjangan dipengaruhi oleh komponen-komponen penyusun *biofilm*. Presentase pemanjangan menentukan keelastisan *biofilm*. Semakin tinggi nilai presentase pemanjangan maka *film* tersebut semakin elastis.

Presentase pemanjangan *biofilm* tertinggi adalah sebesar 100 % atau 23,39 % dari jumlah keseluruhan pemanjangan dengan perbandingan formulasi *biofilm* dari polivinil alkohol-kitosan (3:1) (v/v) dengan tambahan gliserol 5 ml. uji presentasi pemanjangan terbesar yang didapatkan yaitu

campuran antara polivinil alkohol sebanyak 300 ml, kitosan 100 ml, dan penambahan gliserol 5 ml.

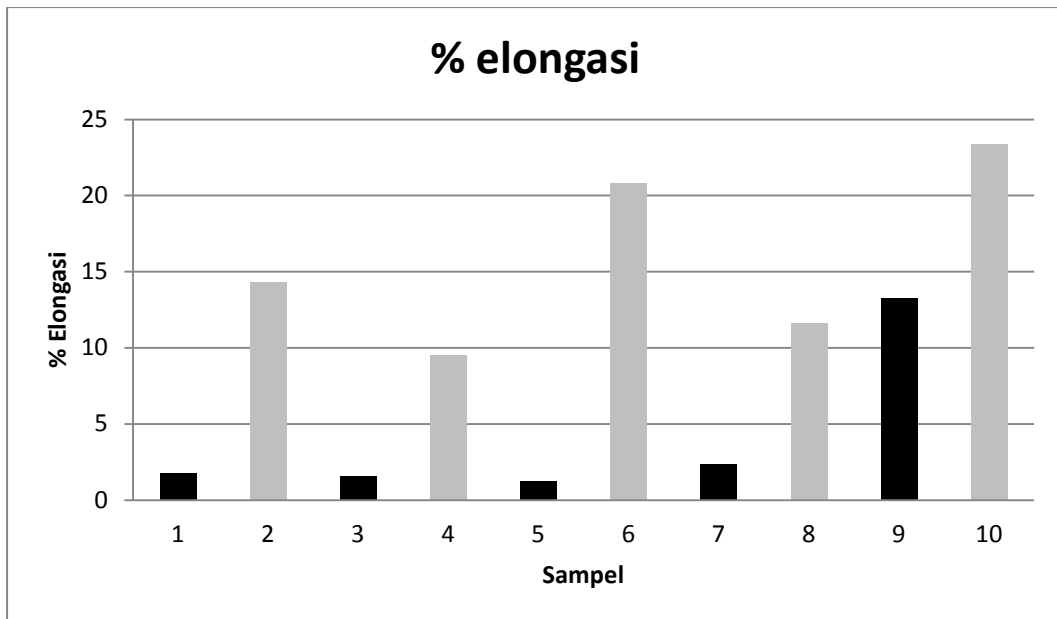
Sedangkan presentase pemanjangan terrendah adalah formulasi *biofilm* dari polivinil alkohol-kitosan (2:1) (v/v) tanpa penambahan gliserol dengan persen pemanjangan 5,4 % atau 1,26 % dari jumlah keseluruhan pemanjangan. Hasil analisis data pengujian elongasi *Biofilm* dapat dilihat pada gambar 9.



**Gambar 9. Grafik hasil uji elongasi**

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa titik tertinggi uji elongasi adalah *biofilm* dengan komposisi 300 ml polivinil alkohol dan 100 ml kitosan yang ditambahkan aditif gliserol 5 ml.

Jika dipresentasikan dari jumlah total hasil uji elongasi, maka dapat dilihat pengaruh penambahan aditif gliserol terhadap uji elongasi *Biofilm*. Presentase pemanjangan dapat dilihat pada gambar 10.



**Gambar 10. Persen pemanjangan berdasarkan total elongasi**

keterangan:

1 = PVA 100 ml + kitosan 100 ml

2 = PVA 100 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

3 = PVA 100 ml + kitosan 200 ml

4 = PVA 100 ml + kitosan 200 ml + gliserol 5 ml

5 = PVA 200 ml + kitosan 100 ml

6 = PVA 200 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

7 = PVA 100 ml + kitosan 300 ml

8 = PVA 100 ml + kitosan 300 ml + gliserol 5 ml

9 = PVA 300 ml + kitosan 100 ml

10 = PVA 300 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

■ = formulasi tanpa gliserol

□ = formulasi dengan gliserol

Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa formulasi *biofilm* dari campuran polivinil alkohol dan kitosan yang ditambahkan gliserol sebanyak 5 ml dapat meningkatkan persen pemanjangan atau elongasi dari *biofilm*. Hal ini disebabkan karena dengan adanya gliserol maka akan menurunkan kekuatan gaya antar molekul sehingga mobilitas antar rantai

molekul meningkat dan presentase pemanjangan *biofilm* semakin meningkat.

Gliserol dalam fungsinya sebagai *plasticizer* dapat menurunkan ikatan kohesi mekanik antara polimer dan dapat merubah sifat regiditasnya sehingga *biofilm* yang terbentuk lebih elastis. Penambahan gliserol menyebabkan *biofilm* menjadi lebih elastis dibandingkan dengan tanpa penambahan gliserol.

#### **4.2.2 Sifat *Barrier Biofilm***

##### **4.2.2.1 Laju Transmisi Uap Air (*Water Vapor Transmission Rate/WVTR*)**

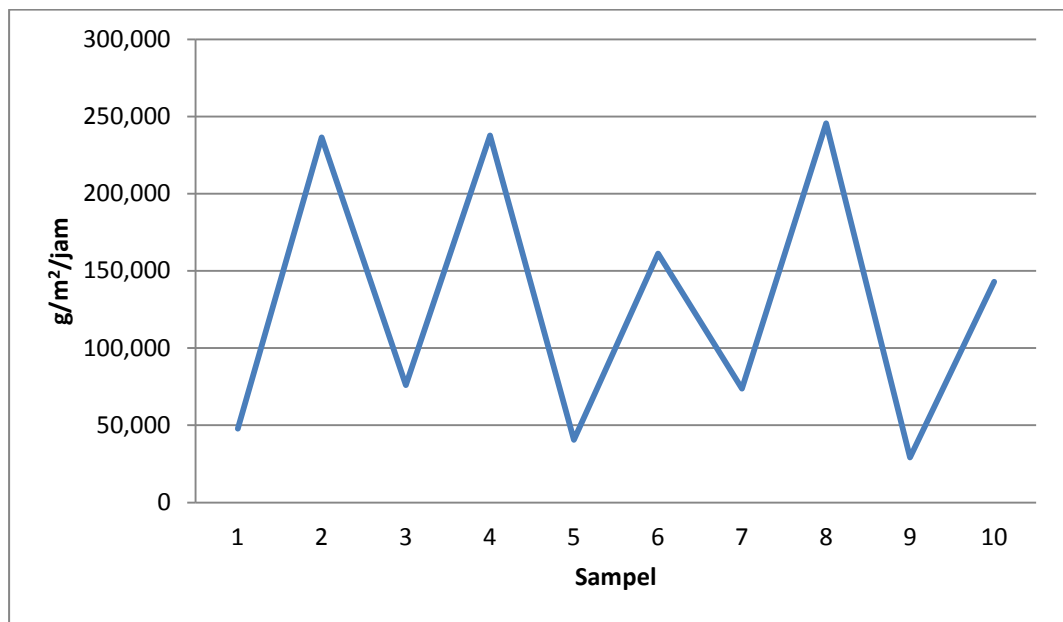
Laju transmisi uap air atau *water vapor transmission rate* (WVTR) merupakan salah satu sifat paling penting pada *biofilm*. Nilai WVTR dapat digunakan untuk mengetahui nilai permeabilitas suatu bahan terhadap uap air.

Permeabilitas uap air adalah ukuran suatu bahan karena dapat dilalui (ditembus/diresapi) oleh uap air.

Transmisi uap air sangat dipengaruhi oleh RH (*Relative Humidity*), suhu, ketebalan *film*, jenis dan konsentrasi *plasticizer*, serta sifat bahan dasar pembentuk *biofilm*. Penelitian kali ini RH nya sebesar 68 % dan suhunya 22<sup>0</sup>C.

Setelah dilakukan uji WVTR sampel *biofilm*, didapatkan rata-rata transmisi uap air dari seluruh sampel dan formulasi yaitu sebesar 12,9087 g/m<sup>2</sup>/jam. Hasil tertinggi yang didapat adalah sampel dengan formulasi *biofilm* dari campuran polivinil alkohol dan kitosan dengan perbandingan (1:3) (v/v) yang ditambahkan gliserol sebanyak 5 ml. hasil tertinggi dari

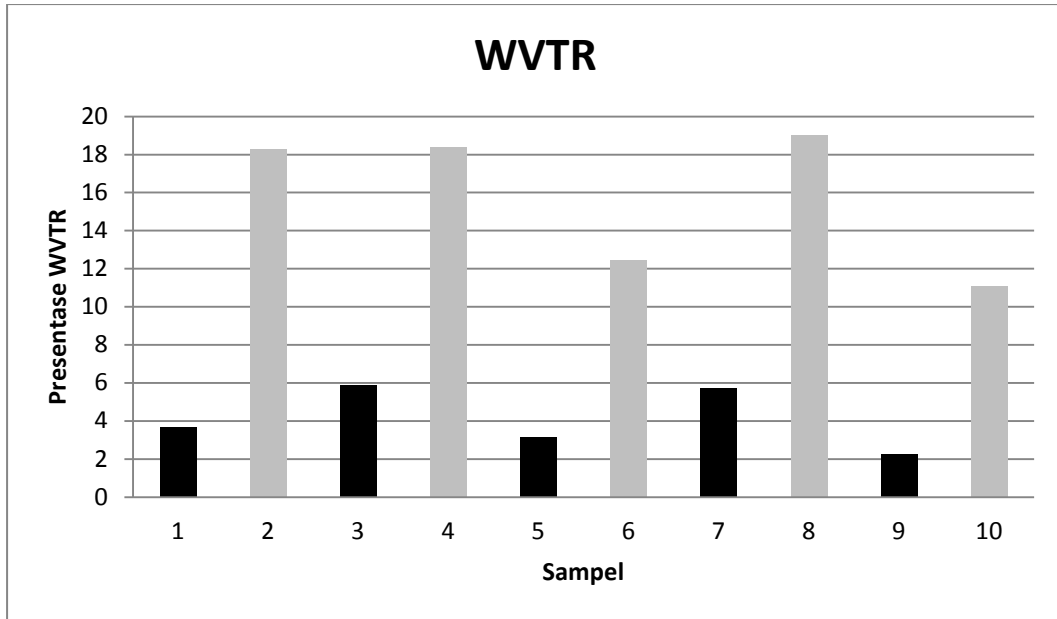
formulasi tersebut adalah 24, 5531  $\text{g/m}^2/\text{jam}$ . Sedangkan nilai terendah laju transmisi uap air yang didapat adalah 2,9140  $\text{g/m}^2/\text{jam}$ , hasil ini diperoleh setelah melakukan pengujian pada sampel *biofilm* dengan formulasi polivinil alkohol dan kitosan (3:1) (v/v) tanpa ditambahkan gliserol. Hasil analisis data pengujian laju transmisi uap air (WVTR) dapat dilihat pada gambar 11.



**Gambar11. Grafik hasil uji WVTR**

Dari gambar grafik uji WVTR diatas dapat dilihat bahwa titik maksimum sampel *Biofilm* adalah sampel dengan formulasi campuran 100 ml polivinil alkohol dan 300 ml kitosan yang telah ditambahkan aditif gliserol 5 ml.

Sedangkan untuk melihat pengaruh penambahan gliserol terhadap hasil uji WVTR pada *Biofilm*, maka dilakukan perhitungan berdasarkan presentase keseluruhan hasil uji WVTR. Hasil presentase uji WVTR dapat dilihat pada gambar12.



**Gambar 12. Diagram presentase nilai uji WVTR**

keterangan:

- 1 = PVA 100 ml + kitosan 100 ml
  - 2 = PVA 100 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml
  - 3 = PVA 100 ml + kitosan 200 ml
  - 4 = PVA 100 ml + kitosan 200 ml + gliserol 5 ml
  - 5 = PVA 200 ml + kitosan 100 ml
  - 6 = PVA 200 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml
  - 7 = PVA 100 ml + kitosan 300 ml
  - 8 = PVA 100 ml + kitosan 300 ml + gliserol 5 ml
  - 9 = PVA 300 ml + kitosan 100 ml
  - 10 = PVA 300 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml
- = formulasi tanpa gliserol  
 = formulasi dengan gliserol

Dari pengujian WVTR dapat dilihat bahwa penambahan gliserol pada formulasi *biofilm* dari polivinil alkohol dan kitosan mampu meningkatkan laju transmisi uap air pada *biofilm*.

Peningkatan laju transmisi uap air dapat dilihat pada gambar 12. dimana campuran polivinil alkohol dan kitosan

yang ditambahkan gliserol memiliki nilai transmisi uap air yang lebih besar dibandingkan campuran polivinil alkohol dan kitosan tanpa tambahan gliserol.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses pembuatan *biofilm* ternyata dapat dilakukan dengan pencampuran antara polivinil alkohol dan kitosan
2. Formulasi PVA:kitosan (1:1) menghasilkan kuat tarik 667,07 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 7,7%, dan WVTR 4,7716 g/m<sup>2</sup>/jam. Formulasi PVA:kitosan (1:2) menghasilkan kuat tarik 585,38 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 6,7%, dan WVTR 7,5945 g/m<sup>2</sup>/jam. Formulasi PVA:kitosan (2:1) menghasilkan kuat tarik 489,49 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 5,4%, dan WVTR 4,0595 g/m<sup>2</sup>/jam. Formulasi PVA:kitosan (1:3) menghasilkan kuat tarik 397,78 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 10,2%, dan WVTR 7,3687 g/m<sup>2</sup>/jam. Formulasi PVA:kitosan (3:1) menghasilkan kuat tarik 417,50 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 56,8%, dan WVTR 2,9140 g/m<sup>2</sup>/jam. Sehubungan dengan hal diatas menyatakan bahwa formulasi PVA:kitosan menghasilkan *biofilm* dengan karakteristik memiliki kekuatan tarik yang tinggi, namun elongasi dan WVTR rendah.
3. Penambahan aditif gliserol pada keseluruhan formulasi menghasilkan:  
Formulasi PVA:kitosan (1:1) menghasilkan kuat tarik 78,13 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 61,1%, dan WVTR 23,6430 g/m<sup>2</sup>/jam. Formulasi PVA:kitosan (1:2) menghasilkan kuat tarik 47,41 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 40,8%, dan WVTR 23,7768 g/m<sup>2</sup>/jam. Formulasi PVA:kitosan (2:1) menghasilkan kuat tarik 183,62 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 89%, dan WVTR 16,1131 g/m<sup>2</sup>/jam. Formulasi PVA:kitosan (1:3) menghasilkan kuat tarik 60,63 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 49,7%, dan WVTR 24,5531 g/m<sup>2</sup>/jam. Formulasi PVA:kitosan (3:1) menghasilkan kuat tarik 160,11 kgf/cm<sup>2</sup>, elongasi 100%, dan WVTR 14,2934 g/m<sup>2</sup>/jam. Sehubungan dengan hal diatas, menyatakan bahwa formulasi PVA:kitosan yang ditambahkan gliserol akan menghasilkan *biofilm* dengan karakteristik elongasi dan WVTR yang tinggi, namun kekuatannya rendah.

## 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi komposisi gliserol yang lebih banyak lagi agar memperoleh karakteristik sifat fisik/mekanik dan *barrier* dari *biofilm* yang lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanto, J. 2007. *Karakteristik Biofilm dari Bahan Dasar Polivinil Alkohol (PVOH) dan Kitosan*. Skripsi. Bogor. IPB
- Aryanti, N. 2013. Biopolimer sebagai Plastik Ramah Lingkungan. Semarang. Universitas Diponegoro. *Buletin Teknologi Terapan Populer 1*
- Astuti, B. C. 2008. *Pengembangan Edible Film Kitosan dengan Penambahan Asam Lemak dan Essensial Oil: Upaya Perbaikan Sifat Barrier dan Aktivitas Antimikroba*. Bogor. Institute Pertanian Bogor
- Darni, Y., Ismiyati, S., dan Cici. 2008. *Sintesa Bioplastik dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II. Universitas Lampung.
- Darni, Y dan Herti. U. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*
- Darni, Y., Herti U. dan Siti N.A. 2009. Peningkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik Plastik Biodegradabel Pati Tapioka dengan Penambahan Selulosa Residu Rumpun Laut *Euchema spinosum*. *Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Lampung: Universitas Lampung
- Dinata, M. 2012. *Sintesis Kitosan Bead Terikat Silang Asam Sulfat untuk Menurunkan Kadar Zat Warna Yellow IRK*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Emmawati, A. 2004. *Produksi Kiroosan dengan Perlakuan Kimiawi dan Enzimatis Menggunakan NaOH dan Kitin Deasetilase*. Tesis. Bogor. IPB
- Firdaus, F. dan C. Anwar. 2004. Potensi Limbah Padat-cair Industri Tepung Tapioka sebagai Bahan Baku Film Plastik *Biodegradable*. *Jurnal Logika*
- Giovani, A., Yusuf. H., dan Nur. R. 2013. Pengaruh Konsentrasi Serta Penambahan Gliserol Terhadap Karakteristik Film Alginat dan Kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*
- Hartati, S., dan T.K. Prana. 2003. Analisis Kadar Pati dan Serat Kasar Tepung Beberapa Kultivar Talas (*Colocasia Esculenta L. Schott*). *Jurnal Natur Indonesia*

- Huda, T., dan Feris. F. 2007. Karakteristik Fisiokimia Film Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Singkong Ubi Jalar. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*. Universitas Islam Indonesia
- Kumar, A. Ashwin, K. K. dan K.P. Arumugam. 2011. Biodegradable Polymers and Its Applications. *International Journal of Bioscience, Biochemistry, and Bioinformatics*
- Latief, R. (2001). *Teknologi Kemasan Kemasan Biodegradable, Makalah Falsafah Sains (PPs 702)*. Program Pascasarjana/S3. IPB. Bandung. [http://www.hayati-ipb.com/users/rudyct/indiv2001/rindam\\_latief.htm](http://www.hayati-ipb.com/users/rudyct/indiv2001/rindam_latief.htm)
- Meiratna. 2008. *Penggunaan Membran Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr ) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelaisan Logam*. Sekolah Pasca Sarjana. Universitas Sumatera Utara
- Mujiarto, I. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Jurnal Traksi*
- Munthoub, D.I dan Wan Aizan W.A.R. 2011. Tensile and Water Absorbtion Of Biodegradable Composites Derived From Cassava Skin/Polyvinyl Alcohol With Glycerol As Plasticizer. *Sains Malaysiana*
- Muzzarelli R A A. 1997. *Chittin, Faculty of Medicine*. Universitas Of Ancona. Pergamon. Press
- Nisa, K. 2005. *Karakteristik Fluks Membran Kitosan Termodifikasi Poli Vinil Alkohol dengan Variasi Polietilena Glikol Sebagai Porogen*. Skripsi Kimia. IPB
- Nurminah, M. 2002. *Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasanplastik dan Kertas Serta Pengaruhnya Terhadap Bahan Yang Dikemas*. Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian. USU
- Wafiroh, S., Tokok. A., dan Elok. T. A. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film dari Komposit Kitosan-Pati Garut (Maranta Arun Dinaceae L) dengan Pemplatis Asam Laurat*. Surabaya. Universitas Airlangga
- Wahyu, M. K. 2009. Pemanfaatan Pati Singkong Sebagai Bahan Baku Edible Film. *Karya Tulis Ilmiah*. Bandung. Universitas Padjadjaran

- Widyaningsih, S., Dwi. K., dan Yuni. T. N. 2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradable Film dari Pati Kulit Pisang. *Jurnal Molekul*
- Winarno, F.G. 2002. *Laporan Hasil Uji (Report of Analysis)*. M-BRIO Food Laboratory. Bogor

## Lampiran A

### PERHITUNGAN

#### 1. Perhitungan kuat tarik *biofilm*

##### 1.1 Data perhitungan ketebalan *biofilm*

No.	Volume PVA (ml)	Volume Kitosan (ml)	Volume Gliserol (ml)	Tebal ( $\times 10^{-4}$ cm)							Rata-rata ( $\times 10^{-4}$ cm)
				1	2	3	4	5	6	7	
1	100	100	0	34.33	40.67	52.33	111	35.33	35.33	61	52.85
2	100	100	5	66.3	68.7	52	58	50.3	53	59	58.18
3	100	200	0	27.67	43.33	104.7	39	58.33	58.67	49	54.38
4	100	200	5	49.25	45.75	48	51.5	64.5	45.75	64.5	52.75
5	200	100	0	49.33	55	50.33	53.33	69	57.33	58	56.04
6	200	100	5	32.25	42	112.5	33.75	67.25	57.5	45.25	55.78
7	100	300	0	59.75	60.75	65.75	69	76.25	84.5	68.75	69.25
8	100	300	5	114.5	119	106.5	107.3	106.25	114.25	111.75	111.35
9	300	100	0	63.25	63.25	62.25	56	58.5	57.5	60.75	60.21
10	300	100	5	57.5	59.75	73.5	63.5	57.75	57	58.5	61.07

**Tabel 9. Data hasil uji ketebalan**

#### Perhitungan kuat tarik *biofilm*

Persamaan yang digunakan

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana:  $\sigma$  = Tegangan ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

F = Gaya yang diberikan pada beban (kgf)

A = Luas area ( $\text{cm}^2$ )

##### 1. PVA 100 ml + Kitosan 100 ml

Luas area ( $\text{cm}^2$ )

$$1A = 34,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00515 \text{ cm}^2$$

$$1B = 40,67 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0061 \text{ cm}^2$$

$$1C = 52,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00785 \text{ cm}^2$$

$$1D = 111 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,01665 \text{ cm}^2$$

$$1E = 35,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0053 \text{ cm}^2$$

$$1F = 35,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0053 \text{ cm}^2$$

$$1G = 61 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00915 \text{ cm}^2$$

#### Gaya yang diberikan (kgf)

$$1A = 3,88$$

$$1B = 4,08$$

$$1C = 4,7$$

$$1D = 5,5$$

$$1E = 5,63$$

$$1F = 3,9$$

$$1G = 5,4$$

#### Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$1A = \frac{3,88}{0,00515} = 753,4 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$1B = \frac{4,08}{0,0061} = 668,8 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$1C = \frac{4,7}{0,00785} = 598,7 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$1D = \frac{5,5}{0,01665} = 330,3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$1E = \frac{5,63}{0,0053} = 1062,3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$1F = \frac{3,9}{0,0053} = 735 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$1G = \frac{5,4}{0,00195} = 590,2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

#### Kuat tarik rata-rata

$$\text{KT rata-rata} = \frac{1A+1B+1C+1D+1E+1F+1G}{7} = 677,07 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

2. PVA 100 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

#### Luas area (cm<sup>2</sup>)

$$2A = 66,3 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0099 \text{ cm}^2$$

$$2B = 68,7 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0103 \text{ cm}^2$$

$$2C = 52 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0078 \text{ cm}^2$$

$$2D = 58 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0087 \text{ cm}^2$$

$$2E = 50,3 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0075 \text{ cm}^2$$

$$2F = 53 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0079 \text{ cm}^2$$

$$2G = 59,3 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0089 \text{ cm}^2$$

#### Gaya yang diberikan (kgf)

$$2A = 0,69$$

$$2B = 0,52$$

$$2C = 0,65$$

$$2D = 0,67$$

$$2E = 0,70$$

$$2F = 0,72$$

$$2G = 0,73$$

#### Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$2A = \frac{0,69}{0,0099} = 69,7 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$2B = \frac{0,52}{0,0103} = 50,5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$2C = \frac{0,56}{0,0078} = 83,3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$2D = \frac{0,67}{0,0087} = 77,01 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$2E = \frac{0,70}{0,0075} = 93,3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$2F = \frac{0,72}{0,0079} = 91,14 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$2G = \frac{0,73}{0,0089} = 82,02 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

#### Kuat tarik rata-rata

$$\text{KT rata-rata} = \frac{2A+2B+2C+2D+2E+2F+2G}{7} = 78,13 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

3. PVA 100 ml + kitosan 200 ml

Luas area (cm<sup>2</sup>)

$$3A = 27,67 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00415 \text{ cm}^2$$

$$3B = 43,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0065 \text{ cm}^2$$

$$3C = 104,67 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0057 \text{ cm}^2$$

$$3D = 39 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00585 \text{ cm}^2$$

$$3E = 58,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0087 \text{ cm}^2$$

$$3F = 58,67 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0088 \text{ cm}^2$$

$$3G = 49 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00735 \text{ cm}^2$$

Gaya yang diberikan (kgf)

$$3A = 3,83$$

$$3B = 3,52$$

$$3C = 5,0$$

$$3D = 3,84$$

$$3E = 4,65$$

$$3F = 5,7$$

$$3G = 3,5$$

Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$3A = \frac{3,83}{0,00415} = 922,89 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$3B = \frac{3,52}{0,0065} = 541,54 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$3C = \frac{5,0}{0,00157} = 318,47 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$3D = \frac{3,84}{0,00585} = 656,41 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$3E = \frac{4,65}{0,0087} = 534,48 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$3F = \frac{5,7}{0,0088} = 647,73 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$3G = \frac{3,5}{0,00735} = 476,19 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Kuat tarik rata-rata

$$KT \text{ rata-rata} = \frac{3A+3B+3C+3D+3E+3F+3G}{7} = 585,38 \frac{kgf}{cm^2}$$

4. PVA 100 ml + kitosan 200 ml + gliserol 5 ml

Luas area (cm<sup>2</sup>)

$$4A = 49,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0074 \text{ cm}^2$$

$$4B = 45,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0069 \text{ cm}^2$$

$$4C = 48 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0072 \text{ cm}^2$$

$$4D = 51,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0077 \text{ cm}^2$$

$$4E = 64,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0097 \text{ cm}^2$$

$$4F = 45,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0069 \text{ cm}^2$$

$$4G = 64,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0097 \text{ cm}^2$$

Gaya yang diberikan (kgf)

$$4A = 0,30$$

$$4B = 0,32$$

$$4C = 0,45$$

$$4D = 0,54$$

$$4E = 0,32$$

$$4F = 0,32$$

$$4G = 0,32$$

Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$4A = \frac{0,3}{0,0074} = 40,54 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$4B = \frac{0,32}{0,0069} = 46,38 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$4C = \frac{0,45}{0,0072} = 62,50 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$4D = \frac{0,54}{0,0077} = 70,13 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$4E = \frac{0,32}{0,0097} = 32,99 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$4F = \frac{0,32}{0,0069} = 46,38 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$4G = \frac{0,32}{0,0097} = 32,99 \frac{kgf}{cm^2}$$

Kuat tarik rata-rata

$$KT \text{ rata-rata} = \frac{4A+4B+4C+4D+4E+4F+4G}{7} = 47,41 \frac{kgf}{cm^2}$$

5. PVA 200 ml + kitosan 100 ml

Luas area (cm<sup>2</sup>)

$$5A = 49,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0074 \text{ cm}^2$$

$$5B = 55 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00825 \text{ cm}^2$$

$$5C = 50,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0075 \text{ cm}^2$$

$$5D = 53,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0080 \text{ cm}^2$$

$$5E = 69 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0035 \text{ cm}^2$$

$$5F = 57,33 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0086 \text{ cm}^2$$

$$5G = 58 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0087 \text{ cm}^2$$

Gaya yang diberikan (kgf)

$$5A = 3$$

$$5B = 3,6$$

$$5C = 4,1$$

$$5D = 3,32$$

$$5E = 5,4$$

$$5F = 4,4$$

$$5G = 5,13$$

Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$5A = \frac{3}{0,0074} = 405,41 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$5B = \frac{3,6}{0,00825} = 436,36 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$5C = \frac{4,1}{0,0075} = 546,67 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$5D = \frac{3,2}{0,0080} = 415 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$5E = \frac{5,4}{0,0035} = 521,74 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$5F = \frac{4,4}{0,0086} = 511,63 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$5G = \frac{5,13}{0,0087} = 589,66 \frac{kgf}{cm^2}$$

Kuat tarik rata-rata

$$KT \text{ rata-rata} = \frac{5A+5B+5C+5D+5E+5F+5G}{7} = 585,38 \frac{kgf}{cm^2}$$

6. PVA 200 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

Luas area (cm<sup>2</sup>)

$$6A = 32,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00484 \text{ cm}^2$$

$$6B = 42 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0063 \text{ cm}^2$$

$$6C = 112,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0169 \text{ cm}^2$$

$$6D = 33,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,005063 \text{ cm}^2$$

$$6E = 67,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,01009 \text{ cm}^2$$

$$6F = 57,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0086 \text{ cm}^2$$

$$6G = 45,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00679 \text{ cm}^2$$

Gaya yang diberikan (kgf)

$$6A = 1$$

$$6B = 1,3$$

$$6C = 1,87$$

$$6D = 1,2$$

$$6E = 1,6$$

$$6F = 1,3$$

$$6G = 1,46$$

Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$6A = \frac{1}{0,00484} = 206,61 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$6B = \frac{1,3}{0,0063} = 206,35 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$6C = \frac{1,87}{0,0169} = 110,65 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$6D = \frac{1,2}{0,005063} = 237,01 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$6E = \frac{1,6}{0,01009} = 158,57 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$6F = \frac{1,3}{0,0086} = 151,16 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$6G = \frac{1,46}{0,00679} = 215,02 \frac{kgf}{cm^2}$$

Kuat tarik rata-rata

$$KT \text{ rata-rata} = \frac{6A+6B+6C+6D+6E+6F+6G}{7} = 183,62 \frac{kgf}{cm^2}$$

## 7. PVA 100 ml + kitosan 300 ml

Luas area (cm<sup>2</sup>)

$$7A = 59,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00896 \text{ cm}^2$$

$$7B = 60,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0091 \text{ cm}^2$$

$$7C = 65,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00986 \text{ cm}^2$$

$$7D = 69 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0104 \text{ cm}^2$$

$$7E = 76,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0114 \text{ cm}^2$$

$$7F = 84,50 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0127 \text{ cm}^2$$

$$7G = 68,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0103 \text{ cm}^2$$

Gaya yang diberikan (kgf)

$$7A = 3,2$$

$$7B = 3,8$$

$$7C = 4,15$$

$$7D = 4,5$$

$$7E = 5,1$$

$$7F = 4,44$$

$$7G = 3,7$$

Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$7A = \frac{3,2}{0,00896} = 357,14 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$7B = \frac{3,8}{0,0091} = 417,58 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$7C = \frac{4,15}{0,00986} = 420,89 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$7D = \frac{4,5}{0,0104} = 432,69 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$7E = \frac{5,1}{0,0114} = 447,37 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$7F = \frac{4,44}{0,0127} = 349,61 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$7G = \frac{3,7}{0,0103} = 359,22 \frac{kgf}{cm^2}$$

Kuat tarik rata-rata

$$KT \text{ rata-rata} = \frac{7A+7B+7C+7D+7E+7F+7G}{7} = 397,78 \frac{kgf}{cm^2}$$

8. PVA 100 ml + kitosan 300 ml + gliserol 5 ml

Luas area (cm<sup>2</sup>)

$$8A = 114,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0172 \text{ cm}^2$$

$$8B = 119 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0178 \text{ cm}^2$$

$$8C = 106,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0160 \text{ cm}^2$$

$$8D = 107,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0161 \text{ cm}^2$$

$$8E = 106,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0159 \text{ cm}^2$$

$$8F = 114,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0171 \text{ cm}^2$$

$$8G = 111,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0168 \text{ cm}^2$$

Gaya yang diberikan (kgf)

$$8A = 0,8$$

$$8B = 0,9$$

$$8C = 1,1$$

$$8D = 1,04$$

$$8E = 1$$

$$8F = 0,94$$

$$8G = 1,28$$

Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$8A = \frac{0,8}{0,0172} = 46,51 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$8B = \frac{0,9}{0,0178} = 50,56 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$8C = \frac{1,1}{0,0160} = 68,75 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$8D = \frac{1,04}{0,01161} = 64,60 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$8E = \frac{1}{0,0159} = 62,89 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$8F = \frac{0,94}{0,0171} = 54,97 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$8G = \frac{1,28}{0,0168} = 76,19 \frac{kgf}{cm^2}$$

Kuat tarik rata-rata

$$KT \text{ rata-rata} = \frac{8A+8B+8C+8D+8E+8F+8G}{7} = 60,63 \frac{kgf}{cm^2}$$

9. PVA 300 ml + kitosan 100 ml

Luas area (cm<sup>2</sup>)

$$9A = 63,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0095 \text{ cm}^2$$

$$9B = 63,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0095 \text{ cm}^2$$

$$9C = 62,25 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0093 \text{ cm}^2$$

$$9D = 56 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0084 \text{ cm}^2$$

$$9E = 58,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0088 \text{ cm}^2$$

$$9F = 57,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0086 \text{ cm}^2$$

$$9G = 60,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0091 \text{ cm}^2$$

Gaya yang diberikan (kgf)

$$9A = 3,96$$

$$9B = 3,36$$

$$9C = 3,58$$

$$9D = 4,1$$

$$9E = 3,27$$

$$9F = 3,8$$

$$9G = 4,6$$

Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$9A = \frac{3,96}{0,0095} = 416,84 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$9B = \frac{3,36}{0,0095} = 353,68 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$9C = \frac{3,58}{0,0093} = 384,95 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$9D = \frac{4,1}{0,0084} = 488,10 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$9E = \frac{3,27}{0,0088} = 371,59 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$9F = \frac{3,8}{0,0086} = 441,86 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$9G = \frac{4,6}{0,0091} = 505,49 \frac{kgf}{cm^2}$$

Kuat tarik rata-rata

$$KT \text{ rata-rata} = \frac{9A+9B+9C+9D+9E+9F+9G}{7} = 417,50 \frac{kgf}{cm^2}$$

**10. PVA 300 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml**

Luas area (cm<sup>2</sup>)

$$10A = 57,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0086 \text{ cm}^2$$

$$10B = 59,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00896 \text{ cm}^2$$

$$10C = 73,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00110 \text{ cm}^2$$

$$10D = 63,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0095 \text{ cm}^2$$

$$10E = 57,75 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0087 \text{ cm}^2$$

$$10F = 57 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,00855 \text{ cm}^2$$

$$10G = 58,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 0,0088 \text{ cm}^2$$

Gaya yang diberikan (kgf)

$$10A = 1,8$$

$$10B = 1,3$$

$$10C = 1,5$$

$$10D = 1,66$$

$$10E = 1,5$$

$$10F = 1,35$$

$$10G = 1,1$$

Kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$10A = \frac{1,8}{0,0086} = 209,30 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$10B = \frac{1,3}{0,00896} = 145,09 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$10C = \frac{1,5}{0,0110} = 136,36 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$10D = \frac{1,66}{0,0095} = 174,74 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$10E = \frac{1,5}{0,0087} = 172,41 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$10F = \frac{1,35}{0,00855} = 157,89 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$10G = \frac{1,1}{0,0088} = 125 \frac{kgf}{cm^2}$$

Kuat tarik rata-rata

$$KT \text{ rata-rata} = \frac{10A+10B+10C+10D+10E+10F+10G}{7} = 160,11 \frac{kgf}{cm^2}$$

## 2. Perhitungan elongasi

### 2.1 Data dan perhitungan elongasi

Persamaan yang digunakan:

$$\% E = \frac{l - l_0}{l_0}$$

Dimana:

% E = persen pemanjangan

$l_0$  = panjang awal

$l$  = panjang akhir

#### 1. PVA 100 ml + kitosan 100 ml

$$l_0 = 5 \text{ cm}$$

$$1A = \frac{5,35-5}{5} \times 100\% = 7\%$$

$$1B = \frac{5,3-5}{5} \times 100\% = 6\%$$

$$1C = \frac{5,3-5}{5} \times 100\% = 6\%$$

$$1D = \frac{5,5-5}{5} \times 100\% = 10\%$$

$$1E = \frac{5,4-5}{5} \times 100\% = 8\%$$

$$1F = \frac{5,5-5}{5} \times 100\% = 10\%$$

$$1G = \frac{5,35-5}{5} \times 100\% = 7\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{1A+1B+1C+1D+1E+1F+1G}{7} = 7,7\%$$

2. PVA 100 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

$$l_0 = 5 \text{ cm}$$

$$2A = \frac{8-5}{5} \times 100\% = 60\%$$

$$2B = \frac{7,5-5}{5} \times 100\% = 50\%$$

$$2C = \frac{8,3-5}{5} \times 100\% = 66\%$$

$$2D = \frac{7,9-5}{5} \times 100\% = 58\%$$

$$2E = \frac{7,8-5}{5} \times 100\% = 56\%$$

$$2F = \frac{8,5-5}{5} \times 100\% = 70\%$$

$$2G = \frac{8,4-5}{5} \times 100\% = 68\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{2A+2B+2C+2D+2E+2F+2G}{7} = 61,1\%$$

3. PVA 100 ml + kitosan 200 ml

$$l_0 = 5 \text{ cm}$$

$$1A = \frac{5,35-5}{5} \times 100\% = 6\%$$

$$1B = \frac{5,3-5}{5} \times 100\% = 4\%$$

$$1C = \frac{5,3-5}{5} \times 100\% = 7\%$$

$$1D = \frac{5,5-5}{5} \times 100\% = 6\%$$

$$1E = \frac{5,4-5}{5} \times 100\% = 8\%$$

$$1F = \frac{5,5-5}{5} \times 100\% = 10\%$$

$$1G = \frac{5,35-5}{5} \times 100\% = 6\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{3A+3B+3C+3D+3E+3F+3G}{7} = 6,7\%$$

4. PVA 100 ml + kitosan 200 ml + gliserol 5 ml

$$l_0 = 5 \text{ cm}$$

$$4A = \frac{7-5}{5} \times 100\% = 40\%$$

$$4B = \frac{7-5}{5} \times 100\% = 40\%$$

$$4C = \frac{7,2-5}{5} \times 100\% = 44\%$$

$$4D = \frac{7,5-5}{5} \times 100\% = 50\%$$

$$4E = \frac{6,8-5}{5} \times 100\% = 36\%$$

$$4F = \frac{7-5}{5} \times 100\% = 40\%$$

$$4G = \frac{6,8-5}{5} \times 100\% = 36\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{4A+4B+4C+4D+4E+4F+4G}{7} = 40,8\%$$

5. PVA 200 ml + kitosan 100 ml

$$l_0 = 5 \text{ cm}$$

$$5A = \frac{5,25-5}{5} \times 100\% = 5\%$$

$$5B = \frac{5,25-5}{5} \times 100\% = 5\%$$

$$5C = \frac{5,3-5}{5} \times 100\% = 6\%$$

$$5D = \frac{5,2-5}{5} \times 100\% = 4\%$$

$$5E = \frac{5,3-5}{5} \times 100\% = 6\%$$

$$5F = \frac{5,3-5}{5} \times 100\% = 6\%$$

$$5G = \frac{5,3-5}{5} \times 100\% = 6\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{5A+5B+5C+5D+5E+5F+5G}{7} = 5,4\%$$

**6.** PVA 200 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

$$l_0 = 10 \text{ cm}$$

$$6A = \frac{18,8-10}{10} \times 100\% = 88\%$$

$$6B = \frac{19,9-10}{10} \times 100\% = 99\%$$

$$6C = \frac{18,6-10}{10} \times 100\% = 86\%$$

$$6D = \frac{18,2-10}{10} \times 100\% = 82\%$$

$$6E = \frac{17,1-10}{10} \times 100\% = 71\%$$

$$6F = \frac{19,2-10}{10} \times 100\% = 92\%$$

$$6G = \frac{20,5-10}{10} \times 100\% = 105\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{6A+6B+6C+6D+6E+6F+6G}{7} = 89\%$$

**7.** PVA 100 ml + kitosan 300 ml

$$l_0 = 10 \text{ cm}$$

$$7A = \frac{11,3-10}{10} \times 100\% = 13\%$$

$$7B = \frac{11-10}{10} \times 100\% = 10\%$$

$$7C = \frac{10,5-10}{10} \times 100\% = 5\%$$

$$7D = \frac{11-10}{10} \times 100\% = 10\%$$

$$7E = \frac{11,8-10}{10} \times 100\% = 18\%$$

$$7F = \frac{11,2-10}{10} \times 100\% = 12\%$$

$$7G = \frac{10,4-10}{10} \times 100\% = 4\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{7A+7B+7C+7D+7E+7F+7G}{7} = 10,2\%$$

**8.** PVA 100 ml + kitosan 300 ml + gliserol 5 ml

$$l_0 = 10 \text{ cm}$$

$$8A = \frac{14,5-10}{10} \times 100\% = 45\%$$

$$8B = \frac{14,6-10}{10} \times 100\% = 46\%$$

$$8C = \frac{14,6-10}{10} \times 100\% = 46\%$$

$$8D = \frac{15,5-10}{10} \times 100\% = 55\%$$

$$8E = \frac{15,5-10}{10} \times 100\% = 55\%$$

$$8F = \frac{115,1-10}{10} \times 100\% = 51\%$$

$$8G = \frac{15-10}{10} \times 100\% = 50\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{8A+8B+8C+8D+8E+8F+8G}{7} = 49,7\%$$

**9.** PVA 300 ml + kitosan 100 ml

$$l_0 = 10 \text{ cm}$$

$$9A = \frac{16,4-10}{10} \times 100\% = 64\%$$

$$9B = \frac{15,2-10}{10} \times 100\% = 52\%$$

$$9C = \frac{15,1-10}{10} \times 100\% = 51\%$$

$$9D = \frac{16,5-10}{10} \times 100\% = 65\%$$

$$9E = \frac{14,2-10}{10} \times 100\% = 42\%$$

$$9F = \frac{15,5-10}{10} \times 100\% = 55\%$$

$$9G = \frac{16,9-10}{10} \times 100\% = 69\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{9A+9B+9C+9D+9E+9F+9G}{7} = 56,8\%$$

### 10. PVA 300 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

$$l_0 = 10 \text{ cm}$$

$$6A = \frac{22,4-10}{10} \times 100\% = 124\%$$

$$6B = \frac{18,6-10}{10} \times 100\% = 86\%$$

$$6C = \frac{21,4-10}{10} \times 100\% = 114\%$$

$$6D = \frac{19,7-10}{10} \times 100\% = 97\%$$

$$6E = \frac{21-10}{10} \times 100\% = 110\%$$

$$6F = \frac{19,5-10}{10} \times 100\% = 95\%$$

$$6G = \frac{17,4-10}{10} \times 100\% = 74\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{10A+10B+10C+10D+10E+10F+10G}{7} = 100\%$$

## 3. Perhitungan WVTR

### 3.1 Data WVTR

Dari hasil penelitian didapatkan slope yang tertera pada tabel 10. berikut

No	PVA (ml)	Kitosan (ml)	Gliserol (ml)	Hasil Penimbangan (gram)					Slope
				Waktu (jam)					
				0	1	2	3	4	
1.A	100	100	0	168,4047	168,4437	168,4675	168,4912	168,5123	0,02295
1.B	100	100	0	170,1043	170,1407	170,1681	170,1958	170,1159	0,02662

1.C	100	100	0	167,1193	167,1518	167,1767	167,2015	167,2233	0,02393
1.D	100	100	0	167,0237	167,0559	167,0799	167,1036	167,1243	0,02289
2.A	100	100	5	168,0906	168,2186	168,3460	168,4738	168,5947	0,12561
2.B	100	100	5	169,4012	169,5304	169,6592	169,7905	169,9131	0,12794
2.C	100	100	5	168,4140	168,5265	168,6369	168,7446	168,8530	0,10872
2.D	100	100	5	167,5578	167,6743	168,7884	168,9030	168,0123	0,11286
3.A	100	200	0	166,3550	166,4124	166,4600	166,5048	166,5481	0,04519
3.B	100	200	0	168,4135	168,4586	168,4970	168,5311	168,5651	0,03536
3.C	100	200	0	170,2015	170,2426	170,2787	170,3091	170,3406	0,03244
3.D	100	200	0	167,4593	167,5064	167,5485	167,5860	167,6260	0,03963
4.A	100	200	5	168,8991	169,0453	169,1783	169,3089	169,4309	0,12874
4.B	100	200	5	167,8190	167,9827	168,1272	168,2679	168,3985	0,13881
4.C	100	200	5	169,9363	170,0502	170,1624	170,1707	170,3719	0,10734
4.D	100	200	5	169,2136	169,3224	169,4306	169,5335	169,6312	0,10293
5.A	200	100	0	167,8008	167,8505	167,8739	167,8951	167,9153	0,0456
5.B	200	100	0	167,6987	167,7436	167,7631	167,7818	167,7989	0,01846
5.C	200	100	0	169,9272	169,9726	169,9968	170,0174	170,0377	0,02159
5.D	200	100	0	167,5196	167,5632	167,5848	167,6039	167,6234	0,01997
6.A	200	100	5	166,7978	166,9092	167,0114	167,1060	167,1762	17,8264
6.B	200	100	5	167,3506	167,4538	167,5495	167,6413	167,7079	17,0004
6.C	200	100	5	168,3232	168,4165	168,5041	168,5863	168,6451	15,2866
6.D	200	100	5	169,4688	169,5535	169,6340	169,7112	169,7679	14,3392
7.A	100	300	0	167,7097	167,7685	167,8192	167,8575	167,8972	0,04244
7.B	100	300	0	167,1363	167,1892	167,2346	167,2690	167,3045	0,03803
7.C	100	300	0	168,8272	168,8750	168,9150	168,9452	168,9765	0,03347
7.D	100	300	0	168,0464	168,1122	168,1559	168,1885	168,2228	0,03650
8.A	100	300	5	170,2859	170,5128	170,6728	170,8140	170,9405	0,14207
8.B	100	300	5	166,2812	166,4688	166,6005	166,7258	166,8405	0,12404
8.C	100	300	5	168,8599	169,0426	169,1740	169,2909	169,3955	0,11756
8.D	100	300	5	167,6436	167,8111	167,9334	168,0421	168,1407	0,10975
9.A	300	100	0	166,9504	166,9784	166,9937	167,0089	167,0233	0,01499

9.B	300	100	0	169,5920	169,6205	169,6355	169,6500	169,6636	0,01438
9.C	300	100	0	170,8025	170,8293	170,8446	170,8592	170,8738	0,0148
9.D	300	100	0	169,5920	169,6205	169,6355	169,6500	169,6636	0,01438
10A	300	100	5	168,4859	168,5843	168,6605	168,7541	168,8210	0,08037
10B	300	100	5	168,1184	168,2127	168,2830	168,3682	168,4271	0,07284
10C	300	100	5	168,7847	168,8672	168,9315	168,0099	168,0662	0,06754
10D	300	100	5	165,8812	165,9645	166,0283	166,1049	166,1606	0,06649

**Tabel 10. Data hasil uji WVTR**

### 3.2 Perhitungan WVTR

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan slope. Rumusnya adalah:

$$WVTR = \frac{\text{slope}}{\text{luas area}}$$

Dimana:

Slope (dh/dt) (kg/jam)

Luas area (m<sup>2</sup>)

#### Luas area

Karena cetakan atau hasil pemotongan yang sama pada setiap sampel maka hasil perhitungan luas area berlaku untuk semua sampel.

$$\text{luas area} = \pi \times r \times r = 3,14 \times 4 \times 4 = 50,24 \text{ cm}^2 = 0,005024 \text{ m}^2$$

Sedangkan WVTR memiliki satuan g/m<sup>2</sup>/jam

#### 1. PVA 100 ml + kitosan 100 ml

$$1A = \frac{0,02295}{0,005024} = 4,4686$$

$$1B = \frac{0,02662}{0,005024} = 5,2986$$

$$1C = \frac{0,02393}{0,005024} = 4,7631$$

$$1D = \frac{0,02289}{0,005024} = 4,5561$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{1A+1B+1C+1D}{4} = 4,7716$$

2. PVA 100 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

$$2A = \frac{0,12561}{0,005024} = 25,0020$$

$$2B = \frac{0,12794}{0,005024} = 25,4658$$

$$2C = \frac{0,10872}{0,005024} = 21,6401$$

$$2D = \frac{0,11286}{0,005024} = 22,4642$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{2A+2B+2C+2D}{4} = 23,6430$$

3. PVA 100 ml + kitosan 200 ml

$$3A = \frac{0,05419}{0,005024} = 8,9948$$

$$3B = \frac{0,03536}{0,005024} = 7,0382$$

$$3C = \frac{0,03244}{0,005024} = 6,4570$$

$$3D = \frac{0,03963}{0,005024} = 7,8881$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{3A+3B+3C+3D}{4} = 7,5945$$

4. PVA 100 ml + kitosan 200 ml + gliserol 5ml

$$4A = \frac{0,12874}{0,005024} = 25,6250$$

$$4B = \frac{0,13881}{0,005024} = 27,6294$$

$$4C = \frac{0,10734}{0,005024} = 21,3654$$

$$4D = \frac{0,10293}{0,005024} = 20,4876$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{4A+4B+4C+4D}{4} = 23,7768$$

5. PVA 200 ml + kitosan 100 ml

$$5A = \frac{0,02156}{0,005024} = 4,2914$$

$$5B = \frac{0,01846}{0,005024} = 3,6744$$

$$5C = \frac{0,02159}{0,005024} = 4,2974$$

$$5D = \frac{0,01997}{0,005024} = 3,9749$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{5A+5B+5C+5D}{4} = 4,0595$$

6. PVA 200 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml

$$6A = \frac{0,08956}{0,005024} = 17,8264$$

$$6B = \frac{0,08541}{0,005024} = 17,0004$$

$$6C = \frac{0,0768}{0,005024} = 15,2866$$

$$6D = \frac{0,07204}{0,005024} = 14,3392$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{6A+6B+6C+6D}{4} = 16,1131$$

7. PVA 100 ml + kitosan 300 ml

$$7A = \frac{0,04244}{0,005024} = 8,4474$$

$$7B = \frac{0,03803}{0,005024} = 7,5697$$

$$7C = \frac{0,03347}{0,005024} = 6,1981$$

$$7D = \frac{0,03650}{0,005024} = 7,2598$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{7A+7B+7C+7D}{4} = 7,3687$$

**8. PVA 100 ml + kitosan 300 ml + gliserol 5 ml**

$$8A = \frac{0,14207}{0,005024} = 28,2783$$

$$8B = \frac{0,12404}{0,005024} = 24,6895$$

$$8C = \frac{0,11756}{0,005024} = 23,3997$$

$$8D = \frac{0,10975}{0,005024} = 21,8451$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{8A+8B+8C+8D}{4} = 24,5531$$

**9. PVA 300 ml + kitosan 100 ml**

$$9A = \frac{0,01499}{0,005024} = 2,9837$$

$$9B = \frac{0,01438}{0,005024} = 2,8623$$

$$9C = \frac{0,01481}{0,005024} = 2,9478$$

$$9D = \frac{0,01438}{0,005024} = 2,8623$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{9A+9B+9C+9D}{4} = 2,9140$$

**10. PVA 300 ml + kitosan 100 ml + gliserol 5 ml**

$$10A = \frac{0,06649}{0,005024} = 15,9973$$

$$10B = \frac{0,06754}{0,005024} = 14,4984$$

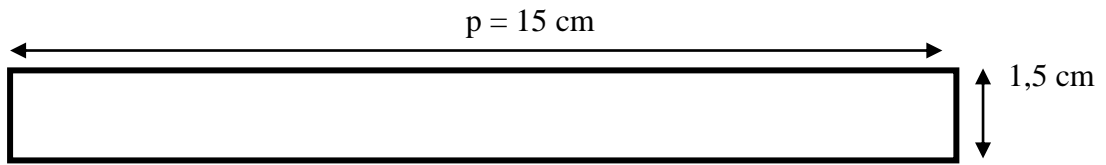
$$10C = \frac{0,07284}{0,005024} = 13,4435$$

$$10D = \frac{0,08037}{0,005024} = 13,2345$$

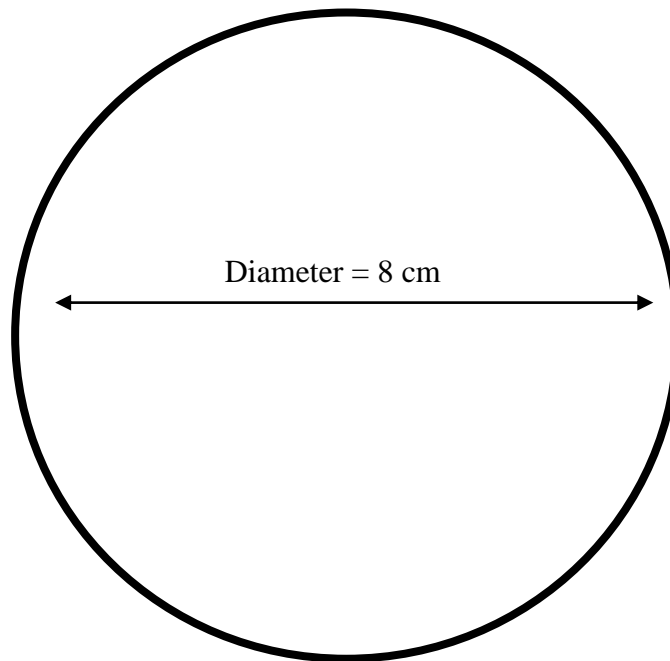
$$\text{Rata-rata} = \frac{10A+10B+10C+10D}{4} = 14,2934$$

**LAMPIRAN B**

**GAMBAR ALAT**



**Gambar 13. Ukuran potongan sampel untuk uji kuat tarik, elongasi, dan ketebalan**



**Gambar 14. Ukuran potongan sampel untuk uji WVTR**



**Gambar 15. Alat uji ketebalan**



**Gambar 16. Chamber untuk uji WVTR**



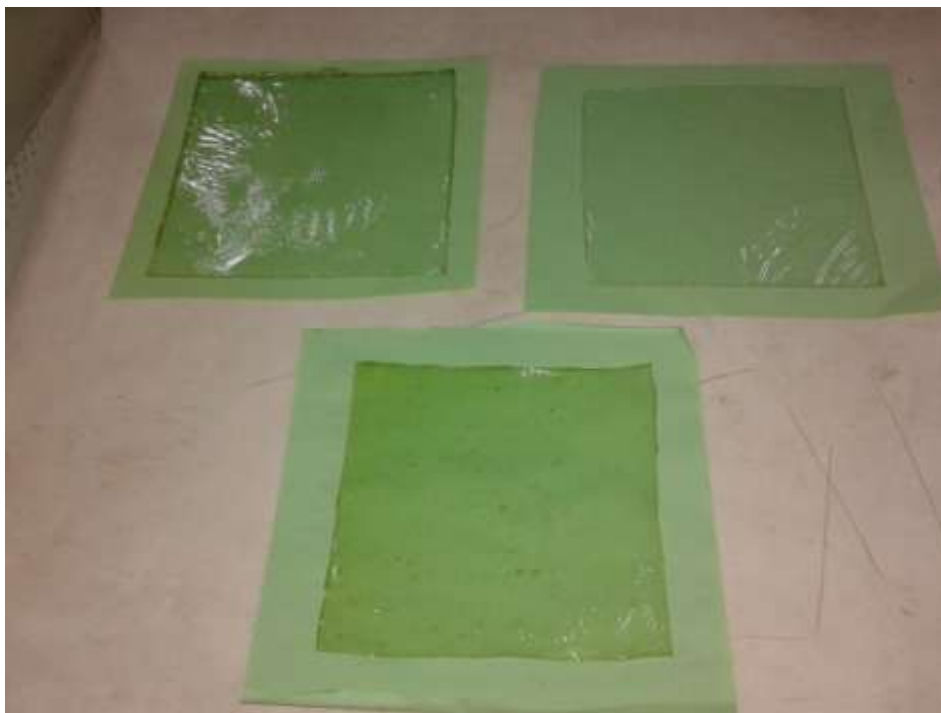
**Gambar 17. Alat uji kuat tarik dan elongasi**



**Gambar 18. Neraca analitik**



**Gambar 19. Cawan dan ring untuk pengujian WVTR**



**Gambar 20. Produk atau sampel**

## LAMPIRAN C

### DOKUMENTASI



**Gambar 21. Proses pembuatan PVA**



**Gambar 22. Proses pembuatan kitosan**



**Gambar 23. Proses pencetakan *biofilm***