



**Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap Karakteristik Membran Belimbing Wuluh untuk Pembuatan Komposit Belimbing Wuluh-Zeolit**

**SKRIPSI**

oleh:

**DEKRI ALDIO PRIMA**  
**135090200111030**



**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG,**

**2017**



**Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap  
Karakteristik Membran Belimbing Wuluh untuk  
Pembuatan Membran Komposit Belimbing Wuluh-Zeolit**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

oleh:

**DEKRI ALDIO PRIMA**

**135090200111030**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2017**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap Karakteristik Membran Belimbing Wuluh untuk Pembuatan Membran Komposit Belimbing Wuluh-Zeolit

oleh:

**DEKRI ALDIÓ PRIMA**

**135090200111030**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Pengujian pada tanggal .....

dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Uswatun Hasanah, M.Si.

Ellya Indahyanti, S.Si., M.Eng

NIP. 195510251986032002

NIP. 197311202003042001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia

Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Masrun, S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 197310202002121001

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dekri Aldio Prima

NIM : 135090200111030

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul :

Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap

Karakteristik Membran Belimbing Wuluh untuk Pembuatan

Membran Komposit Belimbing Wuluh-Zeolit

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari tugas akhir yang saya buat adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang tercantum di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam tugas akhir ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata tugas akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Agustus 2017

Yang menyatakan,

(Dekri Aldio Prima)

NIM. 135090200111030

Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap Karakteristik  
Membran Belimbing Wuluh Untuk Pembuatan Membran  
Komposit Belimbing Wuluh-Zeolit

**ABSTRAK**

Belimbing wuluh (BW) dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku membran karena pada dinding belimbing wuluh mengandung polimer selulosa, pektin dan hemiselulosa. Pemanfaatan belimbing wuluh menjadi membran memerlukan modifikasi untuk mengubah karakteristik belimbing wuluh. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh kalsium hidroksida terhadap karakteristik membran komposit BW-Z. Pembuatan membran BW dilakukan dengan merendam BW dalam larutan kalsium hidroksida dengan konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% selama 24 jam kemudian di *press* secara sintering dengan temperatur 50°C selama 5 menit, sampel dengan perlakuan yang sama ditambahkan zeolit 150 Mesh sebelum di *press* untuk membran komposit belimbing wuluh-zeolit (BW-Z). Karakterisasi membran meliputi kuat tarik, indeks swelling, densitas, ukuran pori dan identifikasi gugus fungsi menggunakan FT-IR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 3% memiliki tegangan yang paling besar yaitu 12,57 MPa dan regangan yang paling tinggi sebesar 25,00% adalah membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 5%. Porositas membran BW dan membran BW-Z yang paling besar secara berturut-turut adalah dengan perlakuan kalsium hidroksida 3% dan 4%. Ukuran pori membran BW semakin kecil dengan semakin bertambahnya konsentrasi kalsium hidroksida sedangkan ukuran pori membran BW-Z semakin membesar dibandingkan membran BW. Membran BW bersifat hidrofob dan membran komposit BW-Z lebih bersifat hidrofob. Identifikasi gugus fungsi menunjukkan membran BW terbentuknya serapan Ca-O pada bilangan gelombang 479,08-511,86  $\text{cm}^{-1}$  dan membran komposit BW-Z menunjukkan adanya serapan yang melebar pada bilangan gelombang 1057,68  $\text{cm}^{-1}$  dan 477,15  $\text{cm}^{-1}$ .

Kata kunci: belimbing wuluh, kalsium hidroksida, zeolit

The Influence of Calcium Hydroxide Concentration on  
Characteristics *Averrhoa bilimbi* Membrane For The Making of  
*Averrhoa bilimbi*-Zeolite Composite Membrane

**ABSTRACT**

*Averrhoa bilimbi* can be used as membrane raw material because in *Averrhoa bilimbi* wall contains cellulose, pectin and hemicellulose. Utilization of starfruit wuluh into modification needs to change the characteristic of starfruit wuluh. The purpose of this research were to investigate the influence of calcium hydroxide concentration and zeolite on mechanical and physical properties of starfruit wuluh-zeolite composite membrane. The membrane of BW-Z was made by immersing BW in calcium hydroxide solution with various 0%, 1%, 2%, 3%, 4% and 5% for 24 hours and then sintering at 50°C for 5 minutes. For sample of composite membrane *Averrhoa bilimbi*-zeolit, membrane added zeolite 150 Mesh before in press. Characterization of membrane included tensile strength, swelling index, density, maximum pore size, and identification of functional groups by using FTIR measurement. The result of the research showed that BW membrane with calcium hydroxide treatment 3% had the largest stress of 12,57 MPa and largest strain is BW membran with calcium hydroxide treatment 5% is 25,00%. The largest porosity for BW membrane and BW-Z membrane had by treatment of calcium hydroxide 3% and 4%, respectively. Pore size of BW membrane has decreased with increasing concentration of calcium hydroxide while the pore size of BW-Z membrane has increased than BW membrane. The membrane of BW has hydrophobic while BW-Z membran has more hydrophobic. The identification of functional group using FTIR showed an absorption of vibration specific BW membrane of Ca-O at 479,08-511,86  $\text{cm}^{-1}$  while BW-Z membrane showed widening absorption at 1057,68  $\text{cm}^{-1}$  dan 477,15  $\text{cm}^{-1}$ .

Keyword : *Averrhoa bilimbi*, calcium hydroxide, zeolite

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan rahmat-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi yang berjudul **Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap Karakteristik Membran Belimbing Wuluh untuk Pembuatan Membran Komposit Membran Belimbing Wuluh-Zeolit** disusun sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Keberhasilan penyusunan skripsi ini tak lepas dari bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Uswatun Hasanah, M.Si selaku dosen pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, dukungan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
2. Ellya Indahyanti, S.Si., M.Eng selaku dosen pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, dukungan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
3. Dr. Edi Priyo Utomo, MS selaku dosen pembimbing akademik atas segala bimbingan, arahan dan dukungan yang diberikan selama menajalani masa perkuliahan.
4. Masruri, S.Si., M.Si.,Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia, serta segenap staf pengajar Jurusan Kimia untuk semua bimbingan dan ilmu selama studi.
5. Syafrizal dan Elmajuita selaku orang tua penulis serta seluruh keluarga terima kasih atas doa, dukungan moril dan motivasi yang tiada hentinya.
6. Sahabat foto studio dan antipulangpulangclup atas persahabatan, semangat, bantuan dan dukungannya selama ini.
7. Teman-teman seperjuang di lab kimia fisik dan seluruh teman-teman kimia 2013.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran diharapkan dari pembaca. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita yang sedang belajar mengenai topik ini.

Malang, Agustus 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

|  |            |
|--|------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....         | <b>ii</b>  |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....                 | <b>iii</b> |
| <b>ABSTRAK</b> .....                           | <b>iv</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....                          | <b>v</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                    | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                        | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                     | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                      | <b>x</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                   | <b>xi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                 | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang.....                        | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                       | 3          |
| 1.3 Batasan Masalah.....                       | 3          |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                     | 3          |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                    | 3          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....           | <b>4</b>   |
| 2.1 Belimbing Wuluh.....                       | 4          |
| 2.2 Membran.....                               | 5          |
| 2.3 Membran Komposit.....                      | 6          |
| 2.4 Kandungan Dinding Belimbing Wuluh.....     | 7          |
| 2.5 Zeolit.....                                | 8          |
| 2.6 Larutan Kalsium Hidroksida.....            | 8          |
| 2.7 Karakterisasi.....                         | 9          |
| 2.7.1 Uji kuat tarik.....                      | 9          |
| 2.7.2 Indeks <i>swelling</i> .....             | 10         |
| 2.7.3 Densitas.....                            | 10         |
| 2.7.4 <i>Bubble point</i> .....                | 11         |
| 2.7.5 Spektrofotometer inframerah (FT-IR)..... | 11         |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....         | <b>12</b>  |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....           | 12         |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....             | 12         |



3.2.1 Alat penelitian.....12

3.2.2 Bahan penelitian.....12

3.3 Tahapan Penelitian.....12

3.4 Prosedur Kerja.....12

3.4.1 Preparasi larutan kalsium hidroksida.....12

3.4.2 Preparasi belimbing wuluh.....13

3.4.3 Pembuatan membran komposit.....13

3.4.4 Karakterisasi.....13

a. Uji Kuat tarik.....13

b. Uji indeks *swelling*.....14

c. Uji densitas.....14

d. Uji *bubble point*.....15

e. Analisa FT-IR.....15

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....17**

4.1 Pembuatan Membran.....17

4.2 Pengaruh konsentrasi kalsium hidroksida terhadap uji tarik membran.....18

4.3 Pengaruh konsentrasi kalsium hidroksida terhadap sifat hidrofobositas berdasarkan indeks *swelling*.....19

4.4 Pengaruh konsentrasi kalsium hidroksida porositas berdasarkan densitas.....23

4.5 Pengaruh konsentrasi kalsium hidroksida ukuran pori berdasarkan *bubble point*.....25

4.6 Pengaruh konsentrasi kalsium hidroksida serapan gugus fungsi berdasarkan FT-IR.....26

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....30**

5.1 Kesimpulan.....30

5.2 Saran.....30

**DAFTAR PUSTAKA.....31**

**LAMPIRAN.....36**

## DAFTAR GAMBAR

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Gambar 2.1 : | Buah Belimbing Wuluh   | 4  |
| Gambar 2.2 : | Struktur Selulosa  | 7  |
| Gambar 2.3 : | Struktur pektin  | 7  |
| Gambar 2.4 : | Struktur aluminosilikat pada zeolit  | 8  |
| Gambar 3.1 : | Ukuran membran uji kuat tarik  | 14 |
| Gambar 4.1 : | Struktur kompleks pektin   | 17 |
| Gambar 4.2 : | Uji kuat tarik membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida                  | 19 |
| Gambar 4.3 : | Indeks swelling membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida                 | 20 |
| Gambar 4.4 : | Indeks swelling membran komposit BW-Z pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida      | 22 |
| Gambar 4.5 : | Densitas membran pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida                           | 23 |
| Gambar 4.6 : | Ukuran pori membran pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida                        | 25 |
| Gambar 4.7 : | Spektrum IR pada produk membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida         | 26 |
| Gambar 4.8 : | Spektrum IR perbandingan membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 5% dan BW-Z 5% | 28 |

## DAFTAR TABEL

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Tabel 4.1   | Ketebalan dan persentase massa zeolit membran pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida                       | 18 |
| Tabel 4.2   | Waktu setimbang dan indeks swelling setimbang membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida            | 21 |
| Tabel 4.3   | Waktu setimbang dan indeks swelling setimbang membran komposit BW-Z pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida | 22 |
| Tabel 4.4   | Selisih densitas antara metode piknometer dengan metode dimensi pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida     | 25 |
| Tabel 4.5   | Interpretasi gugus fungsi membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida                                | 27 |
| Tabel B.1.1 | Pengukuran ketebalan membran BW   | 37 |
| Tabel B.1.2 | Ketebalan membran BW  | 38 |
| Tabel B.2.1 | Pengukuran persentase massa zeolit dalam membran komposit BW-Z  | 39 |
| Tabel B.2.2 | Persentase massa zeolit dalam membran komposit BW-Z   | 40 |
| Tabel B.3.1 | Pengukuran ketebalan membran komposit BW-Z  | 41 |
| Tabel B.3.2 | Ketebalan membran komposit BW-Z   | 42 |
| Tabel B.4.1 | Densitas membran dengan menggunakan piknometer  | 43 |
| Tabel B.4.2 | Densitas membran dengan metode dimensi  | 44 |
| Tabel B.5.1 | Indeks swelling membran BW  | 45 |
| Tabel B.5.2 | Indeks swelling membran komposit BW-Z   | 46 |
| Tabel B.6.1 | Persamaan polinomial membran BW   | 47 |
| Tabel B.6.2 | Persamaan polinomial membran komposit BW-Z  | 48 |
| Tabel B.7.1 | Ukuran pori membran BW  | 49 |
| Tabel B.7.2 | Ukuran pori membran komposit BW-Z   | 49 |
| Tabel B.8.1 | Perhitungan uji kuat tarik  | 50 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Lampiran | A. Skema Kerja Penelitian  | 36 |
| Lampiran | B. Perhitungan   | 37 |
|          | B.1 Perhitungan Ketebalan membran BW                                 | 37 |
|          | B.2 Perhitungan persentase massa zeolit dalam membran komposit BW-Z  | 38 |
|          | B.3 Perhitungan ketebalan membran komposit BW-Z                      | 40 |
|          | B.4 Perhitungan densitas membran                                     | 42 |
|          | B.5 Perhitungan indeks swelling membran                              | 44 |
|          | B.6 Perhitungan waktu kesetimbangan dan indeks swelling kesetimbang. | 47 |
|          | B.7 Perhitungan uji bubble point                                     | 48 |
|          | B.8 Perhitungan Uji kuat tarik                                       | 50 |
| Lampiran | C. Perhitungan berat CaO   | 51 |
| Lampiran | D. Gambar  | 52 |
|          | D.1 Proses pembuatan membran   | 52 |
|          | D.2 Karakterisasi membran  | 52 |



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi membran merupakan suatu teknik yang digunakan dalam proses pemisahan karena prosesnya yang sederhana, dapat dilakukan pada temperatur kamar, tidak menimbulkan degradasi dari zat yang dipisahkan, *clean technology*, pemisahan berlangsung secara berkesinambungan, dan tidak memerlukan banyak energi [1,2]. Selain itu teknologi membran juga bisa digunakan sebagai pemekatan dan pemurnian larutan [3].

Membran merupakan film lapisan tipis antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat yang bersifat sebagai penghalang terhadap satu spesi tertentu yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi transport dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan sifat kimianya [4]. Proses pemisahan dengan membran terjadi karena adanya perbedaan ukuran pori, bentuk, dan struktur kimianya [5], sehingga membran berfungsi untuk menahan komponen yang memiliki ukuran lebih besar daripada pori-pori membran dan melewati komponen yang memiliki ukuran yang kecil [4]. Tujuan dari pembuatan membran yaitu untuk proses pemisahan dengan cara memodifikasi bahan yang akan digunakan dengan proses yang tepat dan menghasilkan membran yang sesuai [6].

Salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai bahan baku membran adalah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*), karena dinding belimbing wuluh mengandung polimer selulosa, pekin dan hemiselulosa [7]. Namun, belimbing wuluh sangat mudah terjadi kerusakan dalam proses pengeringan sehingga diperlukan penanganan tertentu, salah satunya adalah dengan cara perendaman pada garam-garam kalsium, yang tujuannya untuk mengeraskan jaringan produk. Salah satu garam kalsium yang banyak digunakan adalah kalsium hidroksida [8]. Menurut Utami [9] penambahan larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang tinggi dapat mengurangi terjadinya kerusakan bahan pada pembuatan manisan tamarilo. Menurut Windyastari [8] konsentrasi larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang terbaik dalam perendaman manisan buah belimbing wuluh yaitu pada konsentrasi 1,8% (b/v).

Peningkatan karakteristik membran belimbing wuluh diperlukan modifikasi, yaitu dengan cara menambahkan bahan lain

sehingga dihasilkan membran dengan karakteristik yang lebih baik [10]. Modifikasi tersebut dikenal dengan membran komposit.

Membran komposit merupakan membran yang terdiri dari dua atau lebih polimer, dengan masing-masing polimernya memiliki sifat fisik dan sifat kimia yang berbeda. Tujuan dari membran komposit yaitu untuk meningkatkan kualitas membran sebagai bahan dasar [11]. Teknik pembuatan membran komposit yaitu melapisi suatu lapisan polimer dengan jenis lapisan polimer yang lain. Salah satu polimer digunakan sebagai bahan untuk membentuk membran berpori dan polimer yang lain digunakan sebagai lapisan atas yaitu lapisan aktif dengan ukuran porinya lebih rapat [5].

Zeolit adalah salah satu mineral yang dapat meningkatkan kinerja suatu membran [12]. Karena zeolit merupakan padatan kristal mikropori yang memiliki struktur yang teratur dan mengandung gugus  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  tetrahedral, sehingga zeolit dapat dimodifikasi sesuai keperluan yang diinginkan [13]. Zeolit banyak diaplikasikan untuk penukar ion, adsorben, dan katalisator [14]. Berdasarkan penelitian Ayuningtyas [13] membran komposit selulosa asetat-zeolit dengan penambahan *pluronic* F127, membran yang dihasilkan memiliki ukuran pori sebesar 0,20-0,95  $\mu\text{m}$  dan merupakan membran mikrofiltrasi. Sedangkan berdasarkan penelitian Ernawati [15] modifikasi membran selulosa asetat 20% dengan zeolit 5% menghasilkan selektivitas yang meningkat. Atas dasar tersebut, pada penelitian ini dilakukan modifikasi membran selulosa menggunakan zeolit.

Dalam penelitian ini dilakukan dengan penambahan larutan kalsium hidroksida dengan variasi konsentrasi, dilanjutkan dengan penambahan zeolit agar dihasilkan membran komposit BW-Z. Karakterisasi membran meliputi penentuan sifat mekanik melalui uji kuat tarik, uji hidrofobisitas berdasarkan uji *swelling*, penentuan porositas membran berdasarkan uji densitas, penentuan ukuran pori berdasarkan uji *bubble point* dan penentuan gugus fungsinya menggunakan spektrofotometer FTIR.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi kalsium hidroksida terhadap karakteristik membran komposit belimbing wuluh-zeolit?

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, batasan masalah yang dapat diambil adalah:

1. Belimbing wuluh yang digunakan berasal dari kota Malang.
2. Belimbing wuluh yang digunakan yaitu berwarna hijau.
3. Ukuran belimbing yang digunakan 6-10 cm.
4. Zeolit yang digunakan yaitu berukuran 150 Mesh.
5. Variasi konsentrasi kalsium hidroksida yaitu 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% (b/v).
6. Temperatur yang digunakan dalam proses *pressing* yaitu 50°C.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi kalsium hidroksida terhadap karakteristik membran komposit belimbing wuluh-zeolit .

## 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk modifikasi kinerja membran komposit belimbing wuluh-zeolit dan agar belimbing wuluh dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku membran.

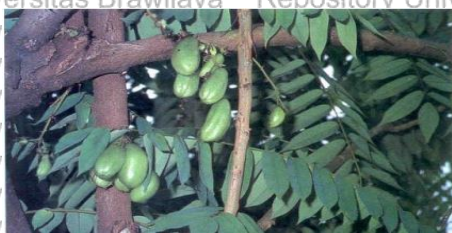
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Belimbing Wuluh

Belimbing wuluh merupakan tanaman yang berasal dari Amerika tropis dan tumbuh tidak ternaungi dan cukup lembab serta banyak ditemukan dari dataran rendah sampai 500 mdpl [16,17]. Belimbing wuluh terdiri atas dua yaitu buah berwarna hijau dan berwarna kuning [18]. Klasifikasi belimbing wuluh yaitu sebagai berikut [19] :

|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| Kingdom    | : Plantae (tumbuh-tumbuhan)          |
| Divisi     | : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)   |
| Sub-divisi | : Angiospermae (berbiji tertutup)    |
| Kelas      | : Dicotyledonae (biji berkeping dua) |
| Ordo       | : Oxalidales                         |
| Famili     | : Oxalidaceae                        |
| Genus      | : <i>Averrhoa</i>                    |
| Spesies    | : <i>Averrhoa bilimbi</i>            |

Tumbuhan belimbing wuluh memiliki batang yang tidak bercabang, daun bersirip genap, bunganya kecil mengantung berwarna merah atau keunguan, buahnya berbentuk bulat lonjong memanjang dengan panjang 4-10 cm dan daging buah belimbing wuluh banyak mengandung air yang berasa asam [18]. Belimbing wuluh sering digunakan sebagai obat tradisional karena banyak mengandung vitamin C alami yang berguna sebagai penambah daya tahan tubuh [20].



**Gambar 2.1** Buah Belimbing Wuluh

Belimbing wuluh mengandung zat aktif diantaranya yaitu saponin, tannin, flavonoid, glukosida, triterpenoid, asam formiat, asam sitrat, dan beberapa mineral terutama kalsium dan kalium [21]. Sedangkan pada dinding utama belimbing wuluh tersusun atas selulosa, pektin dan hemiselulosa [7].

## 2.2 Membran

Teknologi Membran merupakan teknik yang digunakan dalam proses pemisahan karena teknologi membran memiliki beberapa keuntungan yaitu proses pemisahan yang sederhana, dapat dilakukan pada suhu kamar, tidak menimbulkan degradasi dari zat yang dipisahkan, tergolong sebagai *clean technology*, pemisahan berlangsung berkesinambungan, dan tidak memerlukan banyak energi [1,2]. Selain itu teknologi membran juga bisa digunakan sebagai pemekatan dan pemurnian larutan [3].

Membran merupakan film lapisan tipis antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat yang bersifat sebagai penghalang terhadap satu spesi tertentu yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi transport dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan sifat kimianya [4]. Proses separasi pada membran terjadi karena adanya *driving force* [22]. *Driving force* berasal dari perbedaan tekanan  $\Delta P$ , perbedaan tekanan parsial  $\Delta p$ , perbedaan konsentrasi  $\Delta C$ , perbedaan temperatur  $\Delta T$ , perbedaan potensial dielektrik  $\Delta E$ , dan lain sebagainya [23].

Membran dapat diklasifikasikan berdasarkan materi asal, morfologi dan fungsinya. Berdasarkan materi asalnya, membran terbagi atas membran alami dan membran sintesis. Membran alami adalah membran yang terdapat pada sel, tumbuhan, hewan, dan manusia. Membran sintesis adalah membran yang dibuat sesuai kebutuhan dan sifatnya disesuaikan dengan membran alami, membran sintesis terbagi atas membran organik dan membran anorganik [24].

Berdasarkan struktur pori, membran terbagi atas membran simetrik dan asimetrik. Membran simetrik adalah membran yang memiliki struktur pori yang seragam atau teratur pada kedua sisi membran dan memiliki ketebalan antara 10-200  $\mu\text{m}$ . Membran asimetrik adalah membran yang memiliki struktur pori yang tidak teratur dan kedua sisi membran memiliki pori yang berbeda, lapisan atas (*toplayer*) dengan ketebalan 0,1 – 0,5  $\mu\text{m}$  dan lapisan penyangga (*sublayer*) dengan ketebalan 50-150  $\mu\text{m}$  [25].

Berdasarkan fungsinya, membran dibagi atas sebagai berikut

[37]:

**Tabel 1.** Jenis membran berdasarkan fungsinya

| Proses          | <i>Driving Force</i>    | Ukuran Komponen  | Aplikasi                                       |
|-----------------|-------------------------|------------------|--|
| Mikrofiltrasi   | $\Delta P$ (10-500 kPa) | 0,1 - 10 $\mu m$ | Sterilisasi Liquid                             |
| Nanofiltrasi    | $\Delta P$ (0,1-1 MPa)  | 5-10 nm          | Pemisahan garam atau solute dalam ukuran mikro |
| Ultrafiltrasi   | $\Delta P$ (0,1-1 Mpa)  | 1-5 nm           | Pemisahan komponen makromolekul                |
| Reverse Osmosis | $\Delta P$ (2-10 Mpa)   | < 5 nm           | Pemisahan garam pada air laut                  |
| Dialisis        | $\Delta C$              | < 5 nm           | Pemisahan garam atau solut dalam ukuran mikro  |
| Elektrodialisis | $\Delta E$              | < 5 nm           | Desalinasi komponen ionik                      |
| Gas separasi    | $\Delta p$              | < 1 nm           | Separasi komponen anorganik atau organik       |
| Pervaporasi     | $\Delta p$              | < 1 nm           | Pemisahan komponen organik dan azeotropik      |
| Vapor Permeasi  | $\Delta p$              | < 1 nm           | Pemisahan komponen organik dan azeotropik      |

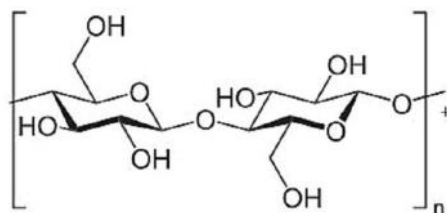
### 2.3 Membran Komposit

Membran komposit merupakan membran yang terdiri dari dua atau lebih polimer, dengan masing-masing polimernya memiliki sifat fisik dan sifat kimia yang berbeda. Tujuan dari membran komposit yaitu untuk meningkatkan kualitas membran sebagai bahan dasar [11]. Teknik pembuatan membran komposit yaitu melapisi

suatu lapisan polimer dengan jenis lapisan polimer yang lain. Salah satu polimer digunakan sebagai bahan untuk membentuk membran berpori dan polimer yang lain digunakan sebagai lapisan atas yaitu lapisan aktif dengan ukuran porinya lebih rapat [5].

## 2.4 Kandungan Dinding Belimbing Wuluh

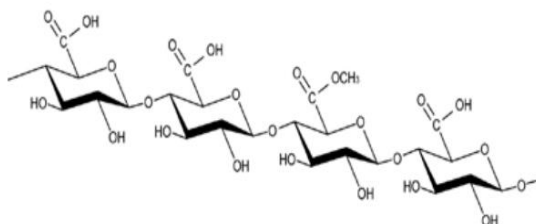
Kandungan dinding wuluh terdiri dari selulosa, pektin, dan hemiselulosa. Selulosa merupakan komponen utama dari penyusun dinding sel tanaman, dan merupakan salah satu polimer alam yang sangat melimpah [26]. Selulosa dengan rumus molekul  $(C_6H_{10}O_5)_n$  merupakan senyawa homopolimer yang terdiri dari D-glukopiranosida yang dihubungkan oleh ikatan  $\beta$ -(1-4)-glikosidik [15].



**Gambar 2.2** Struktur Selulosa

Sifat selulosa seperti kristalin dan tidak mudah larut dalam air walaupun sangat bersifat hidrofilik dikarenakan oleh sifatnya yang kristalinitas dan ikatan hidrogen yang dibentuk oleh gugus hidroksil sangat kuat sehingga ikatan hidrogen dapat membentuk struktur kristalin supramolekul [26].

Pektin adalah senyawa polisakarida kompleks berjenis heterosakarida, sebagai penyusun lapisan awal dinding sel tumbuhan dari berbagai jenis tanaman pangan. Penyusun utama pektin biasanya adalah polimer asam D-galakturonat, yang terikat dengan  $\alpha$ -1,4-glikosidik [27]. Struktur pektin yaitu :

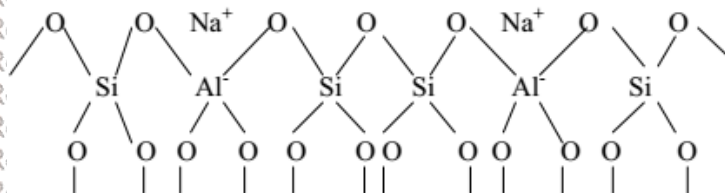


**Gambar 2.3** Struktur pektin

Hemiselulosa adalah senyawa yang termasuk dalam kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekulnya rendah. Hemiselulosa berfungsi meningkatkan stabilitas dinding sel karena mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril. Selain itu, hemiselulosa juga dapat memberikan struktur yang kuat. Hemiselulosa bersifat larut di dalam alkali dan menyatu dengan selulosa [28].

## 2.5 Zeolit

Zeolit merupakan salah satu mineral alami berupa padatan kristal mikropori yang memiliki struktur yang teratur, sehingga dapat dimodifikasi sesuai keperluan yang diinginkan [13]. Zeolit banyak diaplikasikan untuk penukar ion, adsorben, dan katalisator [14]. Struktur zeolit membentuk struktur kerangka tiga dimensi yang terbentuk oleh tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  [22]. Muatan negatif dalam kisi terbentuk karena adanya substitusi isomorf dari  $\text{Si}^{4+}$  oleh  $\text{Al}^{3+}$ , kemudian muatan tersebut dinetralkan dalam struktur zeolit ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dan  $\text{K}^+$ ) melalui pertukaran kation [29].



Gambar 2.4 Struktur aluminosilikat pada zeolit

Penggunaan zeolit tergantung dari jumlah perbandingan Al dan Si, jika zeolit mengandung kadar Al yang tinggi maka zeolit efektif dalam proses pemisahan dan pemurnian dengan kapasitas besar, sedangkan jika kadar Si yang tinggi maka zeolit dapat digunakan sebagai katalisator karena sangat higroskopis dan dapat menyerap molekul non-polar [30].

## 2.6 Larutan Kalsium Hidroksida

Kalsium hidroksida adalah bahan tambahan yang digunakan untuk merendam bahan makanan yang bertujuan untuk memudahkan dalam proses selanjutnya. Kalsium hidroksida bersifat alkalis sehingga dapat memperbaiki tekstur suatu bahan makanan. Selain itu, kalsium hidroksida memiliki kekuatan basa yang cukup tinggi

dan dapat bereaksi dengan sangat baik dengan larutan asam dan beberapa logam dengan bantuan air. Larutan kalsium hidroksida terbagi atas tiga yaitu [31]:

- a. larutan kalsium hidroksida segar adalah larutan kalsium hidroksida yang dibuat dari kapur tohor ( $\text{CaO}$ ) dan ditambahkan air secukupnya, larutan kapur tohor memiliki sifat alkalis yang cukup tinggi
- b. Larutan kalsium hidroksida lemah adalah larutan kalsium hidroksida yang telah digunakan sebanyak satu kali sehingga sifat alkalinitasnya berkurang.
- c. larutan kalsium hidroksida tua adalah larutan kapur yang telah digunakan berkali-kali sehingga alkalinitasnya sangat rendah.

Berdasarkan jenisnya, batuan kapur dapat dibedakan atas tiga yaitu kapur tohor, kapur tembok, dan kapur karbonat. Kapur tohor atau dikenal sebagai kapur sirih atau kapur oksida ( $\text{CaO}$ ) merupakan jenis kapur yang dibuat melalui proses pembakaran, yang bahannya berasal batuan kapur gunung dan kulit kerang. Kapur tembok atau dikenal juga sebagai kapur hidroksida merupakan jenis kapur yang berasal dari hasil proses pembakaran kapur tohor yang ditambahkan dengan air batuan kapur. Sedangkan kapur karbonat merupakan jenis kapur yang bahannya berasal dari bukan melalui proses pembakaran, kapur karbonat terbagi atas dua yaitu kalsit dan dolomit [31].

## **2.7 Karakterisasi**

### **2.7.1 Uji Kuat Tarik**

Uji kuat tarik merupakan suatu uji yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik membran. Dalam pengujian uji kuat tarik, membran diberikan sebuah gaya atau tegangan tarik sehingga kekuatan membran dapat diketahui. Cara untuk melakukan uji kuat tarik yaitu dengan cara menarik membran dengan gaya tarik secara konstan hingga membran mengalami perpanjangan terus-menerus dan sampai putus, sehingga nilai tarik dapat ditentukan [32].

Hasil uji kuat tarik membran merupakan hubungan antara tegangan dan regangan yang terjadi dan hasil uji kuat tarik juga memberikan informasi kekuatan dari suatu membran. Berdasarkan

hasil uji kuat tarik dapat menentukan hasil dari tegangan dan regangan. Persamaannya sebagai berikut [32] :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2.1)$$

dimana,  $\sigma$  adalah tegangan ( $\text{N/mm}^2$ ),  $F$  adalah gaya yang diberikan ( $\text{N}$ ) dan  $A_0$  adalah luas penampang ( $\text{mm}^2$ ).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} \quad (2.2)$$

dimana,  $\varepsilon$  adalah regangan (%),  $\Delta L$  adalah perubahan panjang (mm) dan  $l_0$  adalah panjang awal (mm).

### 2.7.2 Indeks swelling

*Swelling* adalah keadaan dimana suatu polimer mengembang karena pelarut masuk ke dalam jaringan polimer dan terjadi proses difusi. Indeks *swelling* adalah banyaknya pelarut yang dapat masuk ke dalam jaringan polimer. Indeks *swelling* disebut juga sebagai perubahan bentuk karena adanya perubahan volume. Swelling terjadi jika massa dan volume polimer meningkat. Indeks *swelling* dapat dirumuskan sebagai berikut [33]:

$$\% \text{ swelling} = \frac{M - m}{m} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana  $M$  adalah berat setelah perendaman dan  $m$  adalah berat sampel kering.

### 2.7.3 Densitas

Densitas merupakan massa per satuan volume. Pada temperatur tertentu, cairan atau padatan memiliki nilai densitas yang sama, dan jika temperaturnya berubah maka nilai densitas juga berubah. Jika temperatur naik maka densitas akan turun, hal ini terjadi karena ketika dipanaskan menyebabkan volumenya meningkat sedangkan massanya tetap akibat atom dan molekul cenderung menjauh ketika temperature dinaikkan. Densitas dapat dirumuskan sebagai berikut [34]:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.4)$$

dimana  $\rho$  adalah massa jenis zat ( $\text{g/mL}$ ),  $m$  adalah massa zat ( $\text{g}$ ) dan  $V$  adalah volume ( $\text{mL}$ ).







## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama bulan Maret hingga Mei 2017 di Laboratorium Kimia Fisik dan Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hydraulic press* dilengkapi dengan pemanas, set alat *bubble point*, neraca analitik, piknometer, mikrometer sekrup, seperangkat alat gelas dan spektrofotometer FTIR Red 8400S Shimadzu.

#### 3.2.2 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah belimbing wuluh, CaO, zeolit ukuran 60-100 Mesh, kalium, dan aquades.

### 3.3 Tahapan Penelitian

1. Preparasi Larutan kalsium hidroksida
2. Perendaman belimbing wuluh
3. Pembuatan membran komposit
4. Karakterisasi produk membran komposit
5. Analisis hasil dan analisa data

### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Preparasi larutan kalsium hidroksida

Padatan CaO diambil sebanyak 2,5 g dan dimasukkan ke dalam gelas kimia, ditambahkan aquades 250 mL, kemudian diaduk sampai larut. Kemudian dilakukan perlakuan yang sama untuk konsentrasi larutan Ca(OH)<sub>2</sub> 2%, 3%, 4% dan 5%.

### 3.4.2 Preparasi Belimbing Wuluh

#### a. Perendaman dengan kalsium hidroksida

Terlebih dahulu belimbing wuluh segar disortasi dan ditimbang, kemudian direndam dalam larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  selama 24 jam. Belimbing wuluh yang telah direndam dengan larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  dicuci dengan air mengalir hingga bersih dari air kapur. Kemudian dinding belimbing wuluh dipisahkan dari daging buahnya hingga terbentuk lembaran. Setelah itu diangin-anginkan hingga lembab, lalu ditimbang sebagai massa basah lembaran belimbing wuluh.

#### b. Tanpa perendaman dengan kalsium hidroksida

Belimbing wuluh terlebih dahulu disortasi dan ditimbang, kemudian belimbing wuluh dibiarkan dalam di udara hingga daging buah lunak. Setelah itu dinding belimbing wuluh dipisahkan dari daging buahnya hingga terbentuk lembaran. Kemudian lembaran belimbing wuluh diangin-anginkan hingga lembab, dan ditimbang sebagai massa basah lembaran belimbing wuluh.

### 3.4.3 Pembuatan Membran Komposit

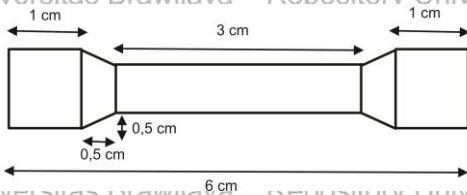
Pada pembuatan membran komposit belimbing wuluh-zeolit, lembaran belimbing wuluh ditaburkan zeolit dengan ukuran 150 Mesh di atasnya, lalu ditimbang untuk mengetahui massa zeolit yang ditambahkan. Kemudian diangin-anginkan kembali hingga menjadi kering. Selanjutnya dilakukan *pressing* menggunakan *hot hydraulic-press* pada temperatur  $50^\circ\text{C}$  selama 5 menit hingga terbentuk lembaran komposit belimbing wuluh-zeolit kering. Selanjutnya ditimbang untuk mengetahui massa lembaran belimbing wuluh dan diukur ketebalannya menggunakan mikrometer sekrup. Kemudian dilakukan karakterisasi.

### 3.4.4 Karakterisasi

#### a. Uji Kuat Tarik

Penentuan uji kuat tarik bertujuan untuk menentukan kekuatan dari membran ketika diberikan sebuah gaya. Membran terlebih dahulu dipotong sesuai Gambar 3.1 kemudian diukur ketebalannya dan kedua ujung membran dijepit pada mesin dan ditarik sampai membran putus hingga didapatkan gaya

maksimumnya. Lalu dicatat perubahan panjang sebelum dan sesudah membran putus.



**Gambar 3.1** Ukuran membran uji kuat tarik

### b. Uji Indeks Swelling

Uji derajat swelling digunakan untuk penentuan hidrofilitas membran. Dalam penentuan derajat swelling, membran komposit dilakukan dalam aquades. Membran komposit ditimbang hingga didapatkan berat keringnya. Kemudian direndam dalam aquades selama 2, 4, 6, 8 dan 10 jam. Kemudian membran diangkat dengan hati-hati dan cairan yang melekat pada permukaan dikeringkan menggunakan tissue dan ditimbang. Dalam penentuan indeks swelling digunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ swelling} = \frac{M - m}{m} \times 100\% \quad (3.1)$$

### c. Uji Densitas

Penentuan densitas membran dilakukan menggunakan piknometer dengan media cair (aquades). Terlebih dahulu piknometer yang digunakan ditimbang, kemudian membran dipotong menjadi kecil dan dimasukkan ke dalam piknometer lalu ditimbang. Kemudian ditambahkan aquades sampai penuh, aquades yang keluar dibersihkan dengan tissue, lalu ditutup dan ditimbang sebagai massa totalnya. Dari massa total dapat digunakan untuk mencari volume membran dan volume membran dapat digunakan untuk menentukan densitas membran. Penentuan densitas dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho \text{ membran} = \frac{(\text{massa piknometer} + \text{bahan}) - \text{massa pikno kosong}}{\text{Volume piknometer}} \quad (3.2)$$

Metode perbandingan yang digunakan untuk mengukur densitas membran adalah metode dimensi. Pertama membran dipotong dengan cetakan bubble point, kemudian massa membran

ditimbang dengan neraca analitik, lalu ketebalan membran diukur menggunakan mikrometer sekrup dan diameter membran diukur menggunakan jangka sorong. Dari ketebalan dan diameter membran dapat digunakan untuk mencari volume membran, sehingga dari massa membran dan volume membran dapat digunakan untuk menentukan densitas membran. Penentuan densitas dengan metode dimensi dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho \text{ membran} = \frac{\text{massa membran}}{\text{Volume membran}} \quad (3.3)$$

#### d. Uji *Bubble Point*

Uji *bubble point* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui ukuran pori membran dari produk reaksi yang terbentuk. Terlebih dahulu disiapkan dua *syringe* tanpa jarum dan kedua ujung *syringe* dihubungkan dengan *filter holder* berdiameter 25 nm (sebagai tempat membran komposit). Membran komposit yang dihasilkan dipotong menyesuaikan ukuran wadah dan diukur ketebalannya menggunakan mikrometer sekrup. Kemudian membran komposit dibasahi dengan aquades lalu dimasukkan ke dalam *filter holder*. Pada *syringe* bagian bawah berisi udara yang telah diketahui volumenya dan *syringe* bagian atas dimasukkan aquades. Kemudian pada *syringe* bagian bawah diberikan tekanan udara hingga melewati membran pada *filter holder* sehingga dihasilkan gelembung udara pada *syringe* bagian atas. Kemudian volume udara awal dan volume udara akhir digunakan untuk mencari nilai jari-jari membran komposit. Dalam penentuan ukuran pori secara *bubble point* digunakan persamaan berikut :

$$r_p = \left( \frac{2\gamma}{\Delta P} \right) \cos \theta \quad (3.4)$$

dan nilai  $\Delta P$  dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$\Delta P = \left( \frac{V_i}{V_f} \right) \times 10^5 \text{ Nm}^{-2} \quad (3.5)$$

#### e. Analisa FT-IR

Analisa FTIR digunakan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi yang terjadi pada produk reaksi. Sampel yang diuji, dihaluskan dan ditimbang sebanyak 0,001 gram kemudian dicampurkan dengan serbuk KBr sebanyak 0,1 gram. Setelah itu campuran dimasukkan ke press holder dan ditekan menjadi pellet

kecil, kemudian dianalisa dengan FTIR pada kisaran bilangan gelombang 4000-400 cm<sup>-1</sup>.



Dalam pendekatan awal, membran dikarakterisasi berdasarkan ketebalan dan persentase massa zeolit. Hasil dari pengukuran dapat dilihat dari Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Ketebalan dan persentase massa zeolit membran pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

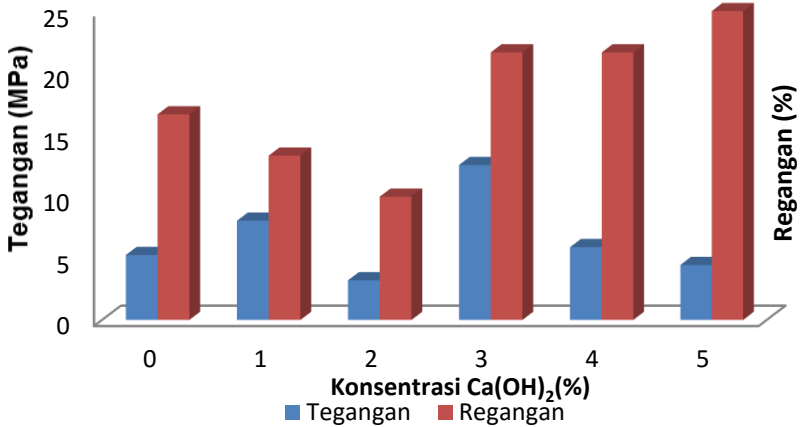
|                                      | Konsentrasi Ca(OH) <sub>2</sub> |              |              |              |              |              |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                      | 0%                              | 1%           | 2%           | 3%           | 4%           | 5%           |
| Ketebalan membran BW (mm)            | 0,12 ± 0,002                    | 0,17 ± 0,007 | 0,15 ± 0,007 | 0,15 ± 0,006 | 0,10 ± 0,013 | 0,13 ± 0,006 |
| Ketebalan membran komposit BW-Z (mm) | 0,26 ± 0,006                    | 0,2 ± 0,029  | 0,19 ± 0,021 | 0,23 ± 0,011 | 0,29 ± 0,048 | 0,25 ± 0,055 |
| % zeolit membran komposit BW-Z (%)   | 12,25 ± 1,05                    | 17,13 ± 0,76 | 16,41 ± 2,91 | 20,14 ± 3,51 | 18,10 ± 1,47 | 18,49 ± 5,05 |

Berdasarkan hasil Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa ketebalan dari membran BW dan membran komposit BW-Z pada tiap-tiap variabel konsentrasi kalsium hidroksida bersifat homogen yang ditandai dengan hasil rata-rata yang seragam dan standar deviasinya yang kecil. Sedangkan persentase zeolit dalam membran komposit BW-Z pada tiap-tiap variabel konsentrasi kalsium hidroksida menunjukkan bahwa persentase zeolit yang dihasilkan bersifat heterogen, yang ditandai dengan hasil rata-rata dan standar deviasinya yang tidak seragam.

#### 4.2 Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap Uji Kuat Tarik Membran

Penentuan kuat tarik membran bertujuan untuk mengetahui kekuatan membran ketika diberikan suatu gaya. Hasil uji kuat tarik diuraikan pada Gambar 4.2.





**Gambar 4.2** Uji kuat tarik membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

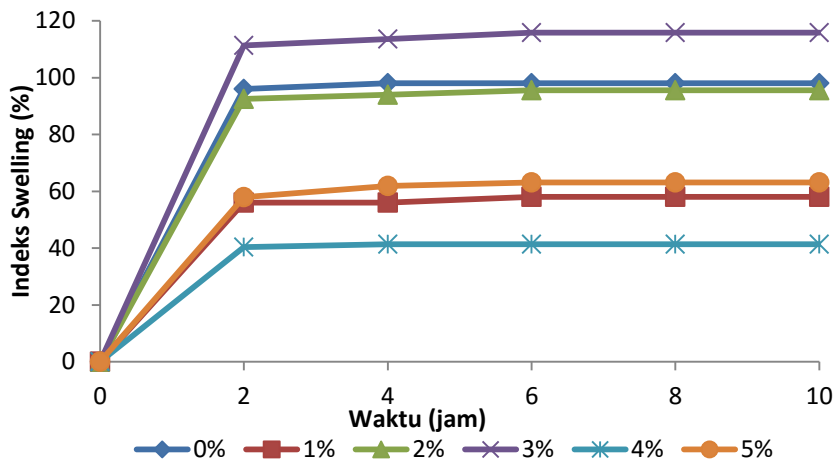
Dari Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa hasil dari tegangan dan regangan membran BW. Berdasarkan hasil tegangan diketahui bahwa tegangan yang paling besar adalah membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 3%. Hal ini menandakan bahwa membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 3% terbentuknya ikatan silang antara  $\text{Ca}^{2+}$  dan pektin yang lebih banyak dan ditandai dengan waktu yang diperlukan untuk memutuskan membran relatif lebih lama yaitu 3,7 s pada Tabel B.8.1

Berdasarkan hasil regangan dapat diketahui bahwa membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 5% memiliki regangan yang paling besar. Hal ini menandakan bahwa membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 5% memiliki sifat fleksibel dan kelenturan yang tinggi. Namun, secara keseluruhan hasil tegangan dan regangan terjadi secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan membran BW yang dihasilkan tidak homogen.

### **4.3 Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap sifat hidrofobisitas berdasarkan indeks swelling**

Uji indeks swelling merupakan suatu uji yang dilakukan untuk mengetahui sifat hidrofobisitas membran. Pengukuran indeks swelling dilakukan dengan cara merendamkan membran di dalam aquades pada variasi waktu 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 jam, kemudian dilihat

perubahan massa yang terjadi. Hasil pengukuran indeks swelling pada berbagai waktu perendaman dapat dilihat pada Gambar 4.3 untuk membran BW dan membran komposit BW-Z dapat dilihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4.3** Indeks swelling membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

Berdasarkan *trendline* pada Gambar 4.3 diketahui bahwa membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 4% memiliki indeks swelling yang lebih rendah sedangkan membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 3% memiliki indeks swelling yang paling tinggi. Kemudian kurva dianalisis untuk mendapatkan titik stasioner dengan menggunakan bentuk polinomial orde 3 sehingga didapatkan titik belok dari masing-masing *trendline*. Titik stasioner adalah titik waktu kesetimbangan bagi seluruh sampel. Selanjutnya waktu setimbang dan indeks swelling setimbang didapatkan dari turunan kedua kurva *trendline*, dan hasilnya disajikan pada Tabel 4.2.

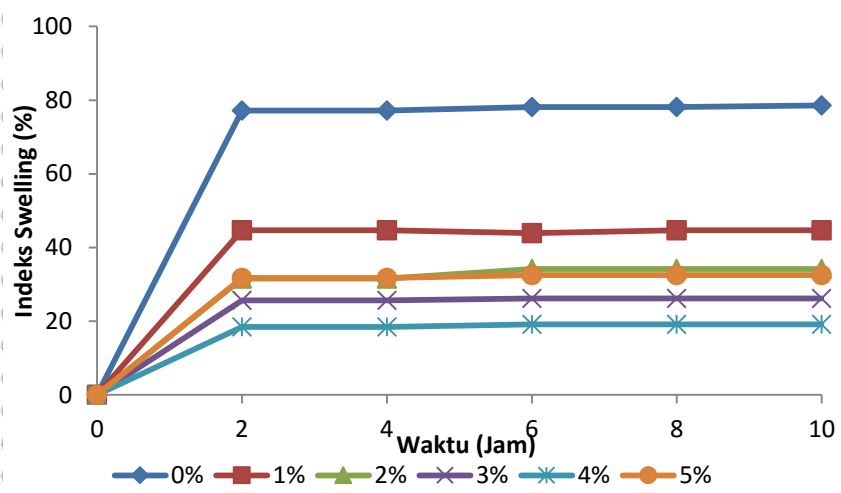
**Tabel 4.2** Waktu setimbang dan indeks swelling setimbang membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

| Konsentrasi $\text{Ca(OH)}_2$ | 0%    | 1%    | 2%    | 3%     | 4%    | 5%    |
|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Waktu setimbang (jam)         | 6,32  | 6,34  | 6,34  | 6,35   | 6,32  | 6,34  |
| Indeks swelling setimbang (%) | 98,94 | 58,05 | 96,00 | 116,32 | 41,73 | 63,22 |

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa waktu kesetimbangan semua sampel hampir seragam, sehingga dapat diindikasikan bahwa semua sampel dengan variabel perendaman kalsium hidroksida yang berbeda memiliki gaya tarik terhadap molekul air dan laju difusi air ke dalam struktur polimer hampir seragam.

Pada saat kesetimbangan tercapai, membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 4% memiliki indeks swelling yang rendah dibandingkan dengan yang lain. Hal ini dikarenakan membran BW membentuk ikatan silang ketika direndam dengan kalsium hidroksida yang mengakibatkan membran sulit itu menarik air sehingga air yang terjebak di membran sangat sedikit. Oleh karena itu dapat diketahui bahwa membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 4% lebih bersifat hidrofob dibandingkan dengan membran lain.

Berdasarkan *trendline* pada Gambar 4.4 diketahui bahwa membran BW ketika ditambahkan zeolit memiliki indeks swelling lebih kecil dibandingkan dengan membran BW, sehingga dapat diindikasikan bahwa membran komposit BW-Z lebih bersifat hidrofob dibandingkan dengan membran BW. Banyak atau sedikitnya zeolit yang masuk ke dalam membran akan mempengaruhi sifat hidrofobitas dari membran. Zeolit dapat bersifat hidrofob maupun hidrofilik, tergantung dari rasio Al/Si. Semakin banyak rasio Si maka zeolit bersifat hidrofob dan jika rasio Al semakin banyak maka zeolit bersifat hidrofilik [30].



**Gambar 4.4** Indeks swelling membran komposit BW-Z pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

Dari Gambar 4.4 berdasarkan *trendline* juga dapat diketahui bahwa membran komposit BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 4% memiliki indeks swelling yang lebih rendah sedangkan membran komposit BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 0% memiliki indeks swelling yang paling tinggi. Kemudian dari *trendline* ditentukan waktu setimbang dan indeks swelling setimbang yang didapatkan dari turunan kedua, dan hasilnya disajikan pada Tabel 4.3.

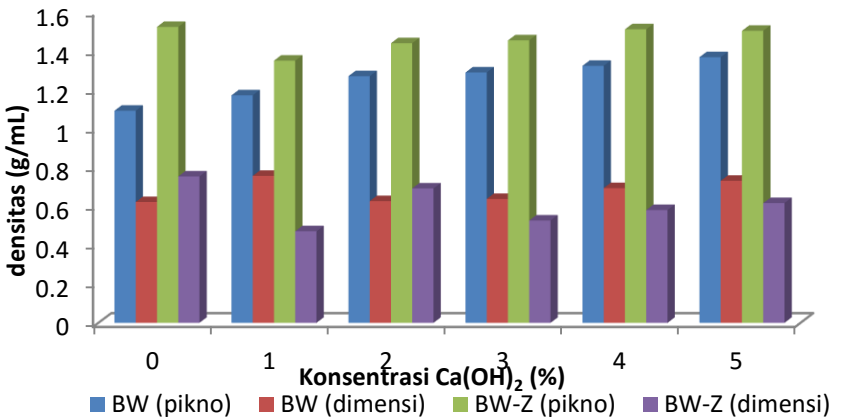
**Tabel 4.3** Waktu setimbang dan indeks swelling setimbang membran komposit BW-Z pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

| Konsentrasi Ca(OH) <sub>2</sub> | 0%    | 1%    | 2%    | 3%    | 4%    | 5%    |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Waktu setimbang (jam)           | 6,29  | 6,25  | 6,43  | 6,32  | 6,35  | 6,33  |
| Indeks swelling setimbang (%)   | 78,73 | 44,94 | 33,86 | 26,32 | 19,15 | 32,65 |

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa membran yang memiliki waktu setimbang yang lama adalah membran komposit BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 2%, yang menandakan bahwa gaya tarik terhadap molekul air sangat kecil sehingga laju difusi air ke dalam struktur rantai polimer lebih sulit. Sedangkan berdasarkan indeks swelling setimbang dapat diketahui bahwa indeks swelling yang paling kecil adalah membran komposit BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 4%. Hal ini diakibatkan karena penyebaran zeolit di dalam membran BW lebih merata, dan zeolit yang masuk ke dalam celah-celah membran lebih banyak, sehingga molekul air yang terjebak di dalam membran lebih sedikit maka membran komposit BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 4% lebih bersifat hidrofob.

#### 4.4 Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap porositas berdasarkan densitas

Penentuan densitas berfungsi untuk perkiraan ukuran pori dari suatu membran. Penentuan densitas membran dilakukan dengan dua metode yaitu metode dengan menggunakan piknometer dan metode dimensi. Hasil densitas membran disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Densitas membran pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui bahwa densitas membran BW dengan menggunakan piknometer meningkat ketika perlakuan konsentrasi kalsium hidroksida ditingkatkan. Hal ini mengindikasikan bahwa membran BW ketika konsentrasi kalsium hidroksida ditingkatkan menghasilkan jumlah pori yang semakin sedikit, jarak antar molekulnya sangat rapat, ukuran pori semakin kecil dan memiliki struktur yang lebih kokoh. Namun, berdasarkan metode dimensi hasil densitas membran BW mendapatkan hasil yang fluktuatif. Hal ini dikarenakan ketebalan dan massa membran BW yang seragam setiap variabelnya, sehingga mengakibatkan hasil densitas yang tidak signifikan.

Densitas membran komposit BW-Z berdasarkan metode piknometer dapat diketahui bahwa membran komposit BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 0% memiliki densitas yang tinggi maka dapat diindikasikan bahwa zeolit yang masuk ke dalam celah-celah pori membran komposit BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 0% lebih merata atau zeolit terimpregnasi secara lebih sempurna ketika pentaburan dan sintering, sehingga mengakibatkan ukuran pori membran semakin kecil. Namun, berdasarkan metode dimensi densitas membran BW fluktuatif.

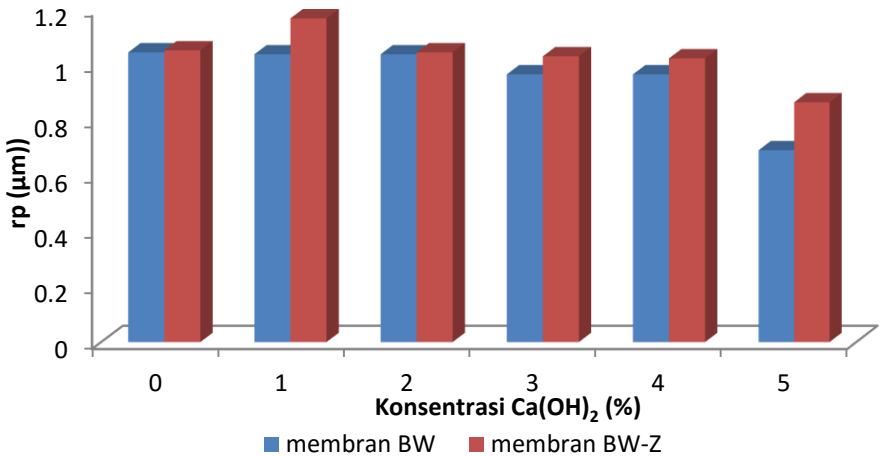
Berdasarkan selisih densitas antara metode piknometer dengan metode dimensi dapat diketahui bahwa selisih yang paling besar adalah membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 3% dengan selisihnya sebesar 0,6496 dan membran BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 4% dengan selisih sebesar 0,9281. Oleh karena itu, dapat diindikasikan bahwa membran BW dan membran BW-Z secara berturut-turut dengan perlakuan kalsium hidroksida 3% dan 4% memiliki porositas yang paling besar. Selisih densitas antara metode piknometer dan metode dimensi disajikan pada Tabel 4.4

**Tabel 4.4** Selisih densitas antara metode piknometer dan metode dimensi pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

| Konsentrasi $\text{Ca(OH)}_2$ | 0%     | 1%     | 2%     | 3%     | 4%     | 5%     |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Membran BW (g/mL)             | 0,4689 | 0,4135 | 0,6417 | 0,6496 | 0,6277 | 0,6344 |
| Membran BW-Z (g/mL)           | 0,7673 | 0,8766 | 0,7458 | 0,9253 | 0,9281 | 0,8848 |

#### 4.5 Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap ukuran pori berdasarkan *bubble point*

Penentuan ukuran pori dilakukan dengan pendekatan metode *bubble point*, ukuran pori membran ditunjukkan dengan adanya gelembung udara yang timbul melalui membran ketika diberikan tekanan udara. Hasil ukuran pori disajikan pada Gambar 4.6.



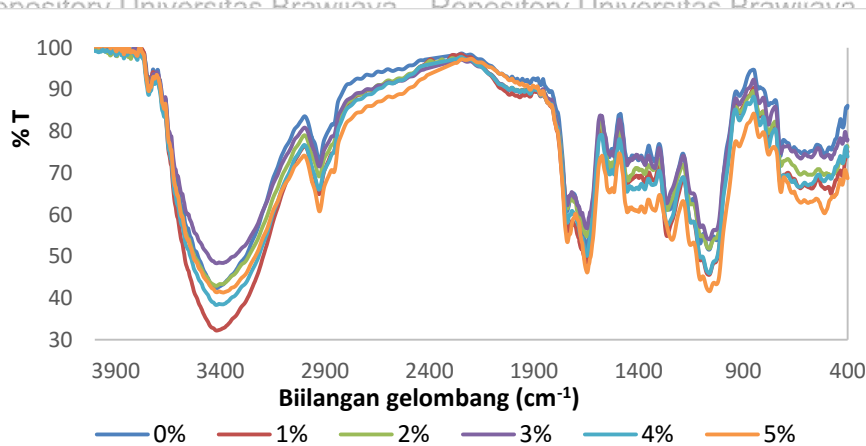
**Gambar 4.6** Ukuran pori membran pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa membran BW ketika konsentrasi kalsium hidroksida ditingkatkan menghasilkan ukuran pori yang kecil. Hasil pengukuran ukuran pori membran BW didukung dengan hasil densitas membran BW, serta dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa membran BW dikelompokkan dalam membran mikrofiltrasi (0,1-10  $\mu\text{m}$ ).

Dari grafik diketahui bahwa membran BW ketika ditambahkan zeolit, ukuran porinya semakin besar. Hal ini disebabkan karena zeolit yang tidak masuk ke dalam celah-celah membran BW atau zeolit yang ditaburkan tidak homogen ketika di impregnasi.

#### 4.6 Pengaruh Konsentrasi Kalsium Hidroksida Terhadap serapan gugus fungsi berdasarkan FT-IR

Analisa FT-IR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi produk membran berdasarkan bilangan gelombang. Hasil identifikasi gugus fungsi membran BW disajikan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 dan interpretasi spektrum terdapat pada Tabel 4.5.



**Gambar 4.7** Spektrum IR pada produk membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida



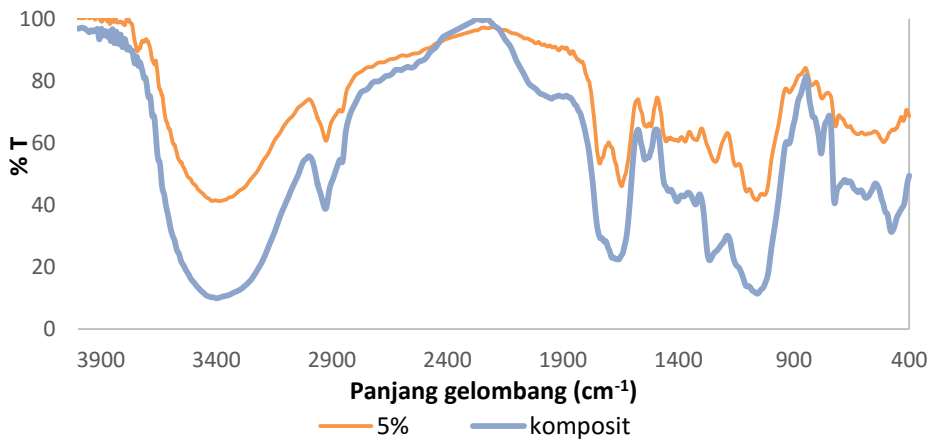
**Tabel 4.5** Interpretasi gugus fungsi membran BW pada variasi konsentrasi kalsium hidroksida

| Konsentrasi<br>Ca(OH) <sub>2</sub> | Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> ) |               |              |              |        |
|------------------------------------|--|---------------|--------------|--------------|--------|
|                                    | O-H                                    | C-H<br>alkana | C=O<br>ester | C-O<br>ester | Ca-O   |
| 0%                                 | 3414,53                                | 2926,57       | 1740,43      | 1063,47      |        |
| 1%                                 | 3416,39                                | 2928,50       | 1740,43      | 1063,47      | 479,08 |
| 2%                                 | 3395,25                                | 2928,50       | 1740,43      | 1063,47      | 481,00 |
| 3%                                 | 3387,53                                | 2926,57       | 1740,43      | 1061,54      | 511,86 |
| 4%                                 | 3387,53                                | 2928,50       | 1740,43      | 1061,54      | 511,86 |
| 5%                                 | 3385,60                                | 2926,57       | 1740,43      | 1059,61      | 509,93 |

dan  
2857,14

Berdasarkan Gambar 4.7 dan Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa pola spektrum dan bilangan gelombang untuk semua produk membran BW hampir seragam, tetapi yang membedakannya adalah intensitasnya. Puncak khas dari semua spektrum produk membran BW adalah serapan Ca-O, dimana dapat diketahui bahwa intensitas serapan Ca-O yang paling besar adalah 5%, yang mengindikasikan bahwa banyaknya atom Ca<sup>2+</sup> tersubstitusi ke polimer pektin menggantikan karboksil dan alkil dalam proses perendaman BW dengan kalsium hidroksida. Ikatan silang pada membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 5% terbentuk dalam jumlah yang banyak maka akan terjadi jaringan molekul yang melebar dan menjadikan membran tersebut menjadi lebih kokoh.

Namun, pada serapan gugus O-H dan C-H terjadi intensitas yang fluktuatif. Hal ini dikarenakan dalam proses perendaman, tidak dapat diketahui banyak atau sedikitnya gugus karboksil dan gugus alkil yang dapat disubstitusi oleh atom Ca<sup>2+</sup>.



**Gambar 4.8** Spektrum IR perbandingan membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 5% dan BW-Z 5%

Dalam analisis FT-IR selanjutnya digunakan membran komposit BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 5%, karena pada membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 5% memiliki sifat mekanik dan sifat yang baik berdasarkan uji kuat tarik, densitas dan bubble point. Berdasarkan Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa intensitas setiap serapan gugus fungsi membran komposit BW-Z dengan perlakuan kalsium hidroksida 5% yang dihasilkan lebih meningkat dibandingkan dengan membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 5%. Dari spektrum juga diketahui bahwa pada bilangan gelombang  $3399,10 \text{ cm}^{-1}$  terdapat serapan gugus fungsi O-H, pada bilangan gelombang  $2928,50$  dan  $2857,14 \text{ cm}^{-1}$  terdapat serapan C-H alkana, pada bilangan gelombang  $1736,58 \text{ cm}^{-1}$  terdapat serapan C=O ester.

Namun, pada bilangan gelombang  $1057,68 \text{ cm}^{-1}$  terjadinya serapan yang melebar yang menindikasikan bahwa terjadinya tumpang tindih antara dua gugus fungsi yaitu C-O eter dan O-Si-O dan juga dapat diindikasikan bahwa tidak terjadinya reaksi antara BW dengan zeolit. Pada bilangan gelombang  $477,15 \text{ cm}^{-1}$  juga terjadinya serapan yang melebar yang mengindikasikan bahwa

adanya tumpang tindih antara Ca-O dan O-Si-O tekuk. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa membran BW dan zeolit hanya terjadi interaksi yang ditandai dengan tidak terbentuknya serapan yang baru.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan kalsium hidroksida membran BW mengalami perubahan karakteristik, yaitu sebagai berikut:

a. Tegangan yang paling tinggi adalah membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 3% dan regangan yang paling tinggi adalah membran BW dengan perlakuan kalsium hidroksida 5%. Dengan penambahan kalsium hidroksida membran BW bersifat hidrofob dan ketika ditambahkan zeolit membran BW-Z lebih bersifat hidrofob.

b. Porositas membran BW dan membran BW-Z yang paling besar secara berturut-turut adalah dengan perlakuan kalsium hidroksida 3% dan 4%. Ukuran pori membran BW semakin kecil dengan semakin meningkatnya konsentrasi kalsium hidroksida sedangkan membran BW-Z ukuran porinya semakin membesar dibandingkan dengan membran BW.

c. Berdasarkan uji FT-IR adanya serapan baru yang terbentuk yaitu Ca-O pada membran BW, sedangkan pada membran BW-Z terbentuknya serapan yang melebar pada bilangan gelombang  $1057,68\text{ cm}^{-1}$  dan  $477,15\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan tidak adanya reaksi antara membran BW dengan zeolit.

### 5.2 Saran

Dalam pembuatan membran komposit sebaiknya teknik penaburan zeolit lebih baik lagi agar zeolit dapat masuk ke dalam celah-celah membran dan lebih merata atau homogen.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulder, M., 1996, **Basic Principles of Membrane Technology, Second Edition**, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- [2] Farha, I. F dan Kusumawati N., 2012, **Pembuatan Membran Komposit Kitosan-PVA dan Pemanfaatannya pada Limbah Pewarna Rhodiman-B**, *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*, Hal. 69-75, Surabaya.
- [3] Rahmatia, A., 2009, **Aplikasi Teknologi Membran untuk Pemekatan Alginat dari Bakteri *Pseudomonas aeruginosa***, *Skripsi*, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [4] Riani, P., 2014, **Preparasi dan Karakterisasi membran Polisulfon dengan Pengisi Mikrobentonit sebagai Penyaring Air Gambut**, *Tesis*, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [5] Al, H.P., 2003, **Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Polisulfon Selulosa Asetat untuk Proses Ultrafiltrasi**, *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, Hal.168-173, Yogyakarta.
- [6] Wenten, I.G., 2002, **Teknologi Membran dalam Pengembangan Agroindustri: Produksi Bersih dalam Industri Tapioka**, *Seminar Nasional BK Teknik Pertanian dan BK Kimia*, Jakarta, Juni 2002.
- [7] Muzaifa, M., 2013, **Perubahan Karakterisasi Fisik Belimbing Wuluh Selama Fermentasi Asam Suntu**, *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, Vol. 5, Hal.7-11, Banda Aceh.
- [8] Windyastari, C, Wignyanto, Putri W.I., 2012, **Pengembangan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) Sebagai Manisan Kering dengan Kajian Konsentrasi Perendaman Air**



**Kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) dan Lama Waktu Pengerinan,**  
*Jurnal Teknolog dan Manajemen agroindustry*, Vol.1,  
Hal.1-10.

- [9] Utami, P.W., 2007, **Pembuatan Manisan Tamarilo (Kajian konsentrasi Perendaman Air Kapur  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan Lama Pengerinan Terhadap Sifat Fisik, Kimia, dan Organoleptik)**, *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- [10] Nugraha, I.R., 2010, **Membran Komposit Selulosa Asetat-Polistirena Akibat Pengaruh SDS dan Suhu**, *Skripsi*, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [11] Rachmadetin, J., 2007, **Pencirian Membran Komposit Selulosa Asetat Berbahan Dasar Limbah Tahu Menggunakan Polistirena**, *Skripsi*, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [12] Adityawardana, R., 2015, **Membrane Electrode Assembly dari Komposit Polisulfon-Zeolit untuk Aplikasi Microbial Fuel Cell**, *Skripsi*, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [13] Ayuningtyas, K.W., 2015, **Peningkatan Kinerja Membran Komposit Selulosa Asetat-Zeolit dengan Pluronic Sebagai Porogen untuk Proses Desalinasi**, *Skripsi*, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [14] Aryabima, A.R.A., 2015, **Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Selulosa Ester-Zeolit Menggunakan Gelatin Sebagai Resin**, *Skripsi*, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.
- [15] Ernawati, E., 2014, **Pembuatan Membran Selulosa Asetat Termodifikasi Zeolit Alam Lampung untuk Pemisahan Etanol-Air Secara Pervaporasi**, *Jurnal Chimica Et Natura Acta*, Vol.2, Hal.101-104.



- [16] Lathifah, Q. A., 2008, **Uji Efektifitas Ekstrak Kasar Senyawa Antibakteri pada Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L*) dengan Variasi Pelarut**, *Skripsi*, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Malang, Malang.
- [17] Prabawati, S.Y., 2016, **Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi L.*) Terhadap Bakteri Kariogenik dan Penentuan Senyawa Aktifnya dengan GC-MS**, *Skripsi*, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta
- [18] Thomas, A.N.S., 2007, **Tanaman Obat Tradisional 2**, Kanisius, Yogyakarta.
- [19] Meylita, 2012, **Efek Ekstrak Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) sebagai Penghambat Pembentukan Biofilm pada *Staphylococcus aureus* In Vitro**, *Skripsi*, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang.
- [20] Liantari, D.S., 2014, **Effect of Wuluh Starfruit Leaf Extract for *Streptococcus mutans* Growth**, *Journal Majority*, Vol. 3, Hal. 27-33, Lampung.
- [21] Fernanda, G.B., 2014, **Potensi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L*) sebagai Penghambat Pembentukan Biofilm pada *Pseudomonas aeruginosa* secara In Vitro**, *Skripsi*, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang.
- [22] Agustin, N.C.S dan Sakti O.P., 2010, **Pengaruh Pemanasan Membran, Perbedaan Tekanan dan Waktu Permeasi pada Pemisahan CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> untuk Pemurnian Biogas Menggunakan Membran Polyimide dan Membran Campuran Polyimide-Zeolit**, *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [23] Sari, O.N., 2016, **Pemisahan Larutan Etanol-Air Secara Pervaporasi Menggunakan Membran Komposit PVA-**



**Kitosan dengan Support Cellulose Filter**, *Skripsi*,  
Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

[24] Nugroho, F., 2012, **Studi Aplikasi Membran Komposit Kitosan-Selulosa Terhadap Rejeksi Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Sumber Air Minum**, *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

[25] Setiawan, D.A., 2014, **Pembuatan dan Karakterisasi Membran pada Preparasi Membran Kitosan-Selulosa dengan Pengaruh Konsentrasi Kitosan**, *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

[26] Santoso, A.W., 2011, **Studi Aplikasi Membran Komposit Kitosan-Selulosa Terhadap Rejeksi Bakteri Escherichia coli pada Sumber Air Minum**, *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

[27] David, W Duan, 2008, **Paten**, Nomor publikasi WO2008092190 A1, Nomor aplikasi PCT/AU2008/000090, Tanggal publikasi: 7 Agustus 2008, Pemohon: Carlton And United Beverages Limited.

[28] Hadiawi, Jumatriatikah, 2014, **Kandungan Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa Limbah Baglog Jamur Tiram Putih (Pleurotus ostreatus) dengan Masa Inkubasi yang Berbeda sebagai Bahan Baku Ternak**, *Skripsi*, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar

[29] Iqbal, M., 2015, **Aplikasi Membran Komposit Selulosa Asetat-Zeolit Alam untuk Pemisahan Ion Pb<sup>2+</sup>**, *Skripsi*, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

[30] Pambudi, R., 2015, **Impregnasi Zeolit ke dalam Material Selulosa Ester untuk Modifikasi Kinerja Membran**





**Mikrofiltrasi**, *Skripsi*, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

[31] Rosa, D.L., 2015, **Optimasi Penurunan HCN pada Umbi Gadung dengan Perendaman Air Kapur**, *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

[32] Saputra, Fajar Andi, 2016, **Pengaruh Karbon Hitam terhadap Sifat Uji Tarik Komposit Karet Alam dengan Pencampuran Metode Manual**, *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Lampung.

[33] Tager, A., 1972, **Physical Chemistry of Polimers**, MIR Publisher, Moscow.

[34] Bettelheim, F.A., et.al., 2013, **Introduction to General, Organic, Biochemistry 10<sup>th</sup> edition**, Maryj Finch Publisher, USA.

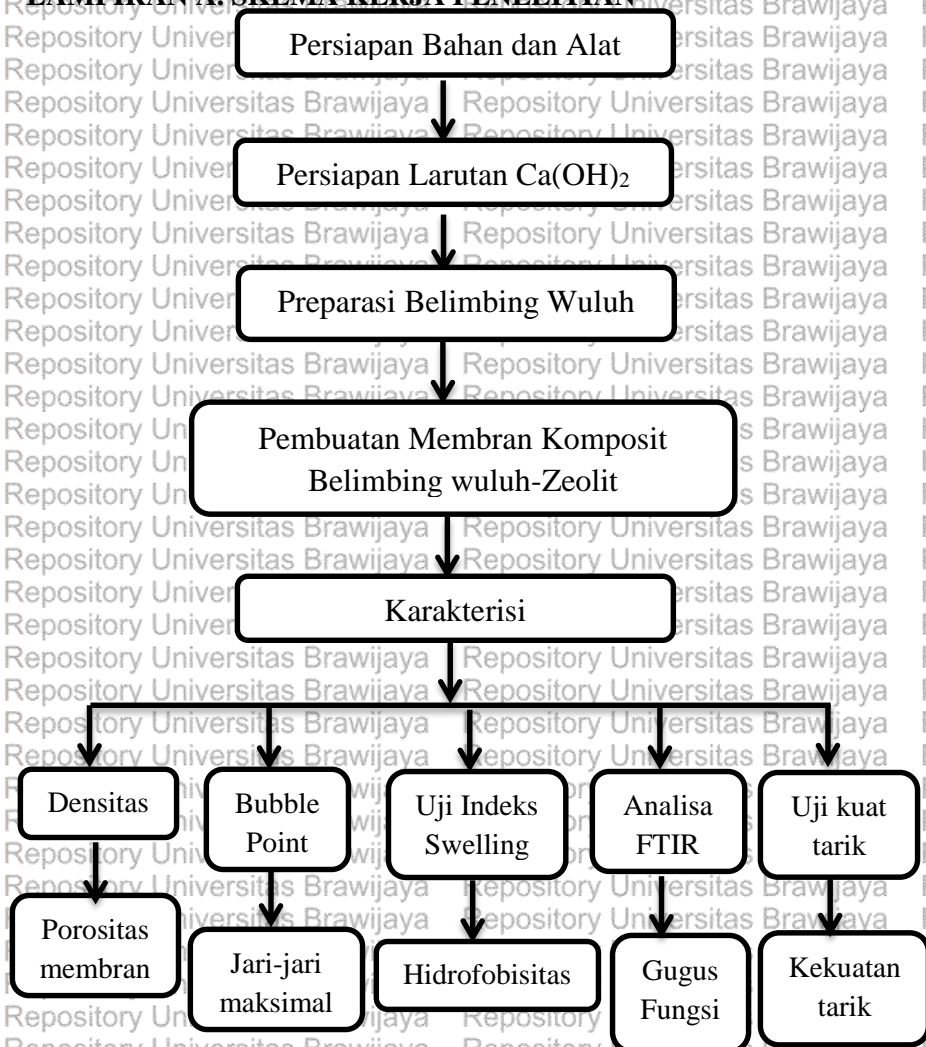
[35] Norman, L.Nm Anthony G. Fane, W.S' Winston Ho, and T. Matsuura, 2008, **Advanced Membrane Technology and Application**, John Willey & Sons. Ins, Canada.

[36] Trisnawati, A.D., 2016, **Studi Pengaruh Temperatur pada Esterifikasi Selulosa Nata de coco dengan Asam Propionat**, *Skripsi*, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

[37] Baker, R.W., 2004, **Front Matter Membrane Technology and Applications**, John Willey & Sons. Ltd, California.

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN A. SKEMA KERJA PENELITIAN



## LAMPIRAN B. PERHITUNGAN

### B.1 Perhitungan Ketebalan membran belimbing wuluh

Dalam penentuan ketebalan membran, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Rata-rata ketebalan } (\bar{x}) = \frac{\text{Jumlah data}}{\text{Banyak data}}$$

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Keterangan : n = Banyak data

**Tabel B.1.1** Pengukuran ketebalan membran BW

| Sampel | sisi (mm) |      |       |       |       |       |      |       | rata-rata |
|--------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----------|
|        | 1         | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8     |           |
| 0 a    | 0,105     | 0,10 | 0,11  | 0,18  | 0,13  | 0,13  | 0,15 | 0,095 | 0,1250    |
| 0 b    | 0,105     | 0,10 | 0,13  | 0,16  | 0,12  | 0,135 | 0,11 | 0,11  | 0,1213    |
| 0 c    | 0,15      | 0,12 | 0,13  | 0,13  | 0,12  | 0,10  | 0,15 | 0,10  | 0,1250    |
| 0 d    | 0,14      | 0,12 | 0,12  | 0,15  | 0,10  | 0,11  | 0,15 | 0,12  | 0,1263    |
| 1 a    | 0,15      | 0,11 | 0,21  | 0,19  | 0,15  | 0,17  | 0,16 | 0,20  | 0,1675    |
| 1 b    | 0,23      | 0,22 | 0,15  | 0,13  | 0,12  | 0,19  | 0,22 | 0,18  | 0,1800    |
| 1 c    | 0,16      | 0,20 | 0,20  | 0,19  | 0,19  | 0,13  | 0,16 | 0,11  | 0,1675    |
| 1 d    | 0,17      | 0,18 | 0,23  | 0,14  | 0,12  | 0,24  | 0,19 | 0,16  | 0,1788    |
| 2 a    | 0,15      | 0,15 | 0,10  | 0,15  | 0,15  | 0,14  | 0,15 | 0,11  | 0,1375    |
| 2 b    | 0,15      | 0,17 | 0,15  | 0,13  | 0,17  | 0,17  | 0,13 | 0,10  | 0,1463    |
| 2 c    | 0,24      | 0,12 | 0,16  | 0,13  | 0,14  | 0,18  | 0,09 | 0,15  | 0,1513    |
| 2 d    | 0,18      | 0,13 | 0,19  | 0,15  | 0,10  | 0,17  | 0,13 | 0,17  | 0,1525    |
| 3 a    | 0,20      | 0,12 | 0,12  | 0,16  | 0,15  | 0,18  | 0,17 | 0,12  | 0,1525    |
| 3 b    | 0,135     | 0,18 | 0,145 | 0,105 | 0,18  | 0,18  | 0,11 | 0,13  | 0,1456    |
| 3 c    | 0,13      | 0,12 | 0,17  | 0,15  | 0,13  | 0,17  | 0,09 | 0,15  | 0,1388    |
| 3 d    | 0,18      | 0,15 | 0,16  | 0,15  | 0,14  | 0,15  | 0,12 | 0,12  | 0,1463    |
| 4 a    | 0,11      | 0,13 | 0,08  | 0,13  | 0,10  | 0,10  | 0,15 | 0,15  | 0,1188    |
| 4 b    | 0,12      | 0,10 | 0,10  | 0,09  | 0,06  | 0,12  | 0,09 | 0,11  | 0,0988    |
| 4 c    | 0,07      | 0,07 | 0,07  | 0,14  | 0,06  | 0,09  | 0,10 | 0,09  | 0,0863    |
| 4 d    | 0,09      | 0,07 | 0,11  | 0,08  | 0,09  | 0,11  | 0,12 | 0,12  | 0,0988    |
| 5 a    | 0,105     | 0,10 | 0,15  | 0,075 | 0,20  | 0,17  | 0,17 | 0,12  | 0,1363    |
| 5 b    | 0,13      | 0,12 | 0,11  | 0,09  | 0,18  | 0,19  | 0,11 | 0,12  | 0,1313    |
| 5 c    | 0,14      | 0,13 | 0,13  | 0,12  | 0,12  | 0,20  | 0,12 | 0,15  | 0,1388    |
| 5 d    | 0,13      | 0,11 | 0,10  | 0,145 | 0,145 | 0,10  | 0,12 | 0,16  | 0,1263    |



Contoh Perhitungan :

$$\text{Ketebalan} = \frac{(0,105+0,10+0,11+0,18+0,13+0,13+0,15+0,095)\text{mm}}{8} = 0,1250 \text{ mm}$$

**Tabel B.1.2** Ketebalan membran BW

| Membran   | Ketebalan membran BW (mm) |                       |                       |                       |                       |                       |
|-----------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|           | 0%                        | 1%                    | 2%                    | 3%                    | 4%                    | 5%                    |
| a         | 0.1250                    | 0.1675                | 0.1375                | 0.1525                | 0.1188                | 0.1363                |
| b         | 0.1213                    | 0.1800                | 0.1463                | 0.1456                | 0.0988                | 0.1313                |
| c         | 0.1250                    | 0.1675                | 0.1513                | 0.1388                | 0.0863                | 0.1388                |
| d         | 0.1263                    | 0.1788                | 0.1525                | 0.1463                | 0.0988                | 0.1263                |
| Rata-rata | 0.1244                    | 0.1734                | 0.1469                | 0.1458                | 0.1006                | 0.1331                |
| sd        | $2,17 \times 10^{-3}$     | $6,88 \times 10^{-3}$ | $6,81 \times 10^{-3}$ | $5,62 \times 10^{-3}$ | $1,34 \times 10^{-2}$ | $5,54 \times 10^{-3}$ |

Contoh Perhitungan :

$$\bar{x} = \frac{(0,1250+0,1213+0,1250+0,1263)\text{mm}}{4} = 0,1244 \text{ mm}$$

Standar Deviasi

$$\sqrt{\frac{(0,1250-0,1244)^2+(0,1250-0,1244)^2+(0,1250-0,1244)^2+(0,1250-0,1244)^2}{4-1}} = 2,17 \times 10^{-3}$$

**B.2 Perhitungan persentase massa zeolit dalam membran komposit BW-Z**

Dalam penentuan persentase massa zeolit, digunakan persamaan sebagai berikut :

Massa zeolit = (massa zeolit + massa basah lembaran BW) – (massa basah lembaran BW)

$$\% \text{ zeolit} = \frac{\text{massa zeolit}}{\text{massa membran komposit}} \times 100\%$$

**Tabel B.2.1** Pengukuran persentase massa zeolit dalam membran komposit BW-Z

| Sampel | A (g) | B (g)  | C (g)  | D (g)  | E (g)  | F (%)  |         |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 0%     | A     | 7,9343 | 8,0092 | 0,6451 | 0,0749 | 0,5702 | 11,6106 |
|        | B     | 7,1055 | 7,1727 | 0,5815 | 0,0672 | 0,5143 | 11,5563 |
|        | C     | 5,6563 | 5,6914 | 0,2914 | 0,0351 | 0,2563 | 12,0453 |
|        | D     | 4,9783 | 5,0249 | 0,3379 | 0,0466 | 0,2913 | 13,7911 |
| 1%     | A     | 4,2856 | 4,3509 | 0,3928 | 0,0653 | 0,3275 | 16,6242 |
|        | B     | 4,7701 | 4,8644 | 0,5233 | 0,0943 | 0,4290 | 18,0203 |
|        | C     | 2,8992 | 2,9405 | 0,2361 | 0,0413 | 0,1948 | 17,4926 |
|        | D     | 5,1278 | 5,1962 | 0,4173 | 0,0684 | 0,3489 | 16,3911 |
| 2%     | a     | 5,7691 | 5,8673 | 0,4731 | 0,0982 | 0,3749 | 20,7567 |
|        | b     | 5,7515 | 5,7945 | 0,2961 | 0,0430 | 0,2531 | 14,5221 |
|        | c     | 3,3975 | 3,4470 | 0,3267 | 0,0495 | 0,2772 | 15,1515 |
|        | d     | 4,1922 | 4,2485 | 0,3699 | 0,0563 | 0,3136 | 15,2203 |
| 3%     | a     | 7,3756 | 7,4750 | 0,5168 | 0,0994 | 0,4174 | 19,2337 |
|        | b     | 6,3725 | 6,4388 | 0,4898 | 0,0663 | 0,4235 | 13,5361 |
|        | c     | 3,6302 | 3,6739 | 0,2697 | 0,0437 | 0,226  | 16,2032 |
|        | d     | 5,4684 | 5,5636 | 0,5329 | 0,0952 | 0,4377 | 17,8645 |
| 4%     | a     | 4,9000 | 4,9545 | 0,2770 | 0,0545 | 0,2225 | 19,6751 |
|        | b     | 5,7148 | 5,7622 | 0,293  | 0,0474 | 0,2456 | 16,1775 |
|        | c     | 6,7954 | 6,8874 | 0,5133 | 0,0920 | 0,4213 | 17,9232 |
|        | d     | 4,5633 | 4,6368 | 0,3948 | 0,0735 | 0,3213 | 18,6170 |
| 5%     | a     | 5,5555 | 5,6096 | 0,4007 | 0,0541 | 0,3466 | 13,5014 |
|        | b     | 6,1143 | 6,1838 | 0,4612 | 0,0695 | 0,3917 | 15,0694 |
|        | c     | 4,0651 | 4,1166 | 0,2425 | 0,0515 | 0,1910 | 21,2371 |
|        | d     | 4,0983 | 4,1775 | 0,3277 | 0,0792 | 0,2485 | 24,1684 |

Keterangan : A (massa basah lembaran BW), B (massa zeolit + massa basah lembaran BW), C (massa film komposit BW-Z), D (massa zeolit), E (massa film BW), F (persen zeolit).

Contoh perhitungan :

$$\text{Massa zeolit} = (8,0092 - 7,9343) \text{ g} = 0,0749 \text{ g}$$

$$\% \text{ zeolit} = \frac{0,0749}{0,6451} \times 100\% = 11,6106 \%$$

**Tabel B.2.2** Persentase massa zeolit dalam membran komposit BW-Z

| membran   | massa zeolit dalam membran (%) |         |         |         |         |         |
|-----------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           | 0%                             | 1%      | 2%      | 3%      | 4%      | 5%      |
| 1         | 11,6106                        | 16,6242 | 20,7567 | 23,8141 | 19,6751 | 13,5014 |
| 2         | 11,5563                        | 18,0203 | 14,5221 | 15,6553 | 16,1775 | 15,0694 |
| 3         | 12,0453                        | 17,4926 | 15,1515 | 19,3363 | 17,9232 | 21,2371 |
| 4         | 13,7911                        | 16,3911 | 15,2203 | 21,7501 | 18,6170 | 24,1684 |
| rata-rata | 12,2508                        | 17,1320 | 16,4127 | 20,1389 | 18,0982 | 18,4941 |
| sd        | 1,0499                         | 0,7585  | 2,9130  | 3,5048  | 1,4692  | 5,0457  |

Contoh perhitungan :

$$\bar{x} = \frac{(11,6106 + 11,5563 + 12,0453 + 13,7911)}{4} = 12,2508$$

Standar Deviasi =

$$\sqrt{\frac{(11,6106 - 12,2508)^2 + (11,5563 - 12,2508)^2 + (12,0453 - 12,2508)^2 + (13,7911 - 12,2508)^2}{4 - 1}} = 1,0499$$

### B.3. Perhitungan ketebalan membran komposit BW-Z

Dalam penentuan ketebalan membran, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Rata-rata ketebalan } (\bar{x}) = \frac{\text{Jumlah data}}{\text{Banyak data}}$$

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Keterangan : n = Banyak data

**Tabel B.3.1** Pengukuran ketebalan membran komposit BW-Z

| Sampel | Sisi (mm) |      |      |      |      |      |      | rata-rata (mm) |      |        |
|--------|-----------|------|------|------|------|------|------|----------------|------|--------|
|        | 1         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |                | 8    |        |
| 0%     | a         | 0,29 | 0,24 | 0,28 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,24           | 0,25 | 0,2563 |
|        | b         | 0,23 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,29 | 0,28 | 0,24           | 0,23 | 0,2638 |
|        | c         | 0,29 | 0,22 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,22 | 0,25           | 0,23 | 0,2525 |
|        | d         | 0,32 | 0,25 | 0,32 | 0,24 | 0,27 | 0,3  | 0,22           | 0,21 | 0,2663 |
| 1%     | a         | 0,22 | 0,2  | 0,26 | 0,19 | 0,21 | 0,26 | 0,16           | 0,20 | 0,2125 |
|        | b         | 0,23 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,25 | 0,23 | 0,21           | 0,21 | 0,2163 |
|        | c         | 0,2  | 0,21 | 0,19 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,19           | 0,21 | 0,2013 |
|        | d         | 0,31 | 0,29 | 0,29 | 0,25 | 0,27 | 0,32 | 0,20           | 0,20 | 0,2663 |
| 2%     | a         | 0,21 | 0,24 | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,18           | 0,21 | 0,2138 |
|        | b         | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,13           | 0,19 | 0,1680 |
|        | c         | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16           | 0,16 | 0,1750 |
|        | d         | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,19 | 0,16 | 0,23 | 0,16           | 0,18 | 0,1975 |
| 3%     | a         | 0,24 | 0,26 | 0,3  | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,22           | 0,24 | 0,2388 |
|        | b         | 0,22 | 0,26 | 0,33 | 0,26 | 0,23 | 0,20 | 0,18           | 0,23 | 0,2388 |
|        | c         | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,20 | 0,23 | 0,20           | 0,20 | 0,2163 |
|        | d         | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,28 | 0,23 | 0,25 | 0,22           | 0,25 | 0,2388 |
| 4%     | a         | 0,29 | 0,35 | 0,40 | 0,30 | 0,43 | 0,44 | 0,25           | 0,27 | 0,3413 |
|        | b         | 0,32 | 0,28 | 0,31 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,29           | 0,30 | 0,3000 |
|        | c         | 0,22 | 0,24 | 0,30 | 0,37 | 0,30 | 0,26 | 0,30           | 0,25 | 0,2800 |
|        | d         | 0,28 | 0,22 | 0,18 | 0,25 | 0,21 | 0,21 | 0,23           | 0,23 | 0,2263 |
| 5%     | a         | 0,26 | 0,2  | 0,32 | 0,32 | 0,34 | 0,29 | 0,24           | 0,27 | 0,2800 |
|        | b         | 0,21 | 0,22 | 0,20 | 0,18 | 0,22 | 0,21 | 0,22           | 0,15 | 0,2013 |
|        | c         | 0,25 | 0,32 | 0,36 | 0,25 | 0,28 | 0,40 | 0,32           | 0,36 | 0,3175 |
|        | d         | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,24 | 0,22           | 0,19 | 0,2150 |

Contoh Perhitungan :

$$x = \frac{(0,29+0,24+0,28+0,25+0,25+0,25+0,24+0,25)}{8} = 0,2563$$

**Tabel B.3.2** Ketebalan membran komposit BW-Z

| Membran   | Ketebalan (mm)          |                         |                         |                         |                         |                         |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|           | 0%                      | 1%                      | 2%                      | 3%                      | 4%                      | 5%                      |
| 1         | 0.2563                  | 0.2125                  | 0.214                   | 0.239                   | 0.3413                  | 0.28                    |
| 2         | 0.2638                  | 0.2163                  | 0.168                   | 0.239                   | 0.3                     | 0.2013                  |
| 3         | 0.2525                  | 0.2013                  | 0.175                   | 0.216                   | 0.28                    | 0.3175                  |
| 4         | 0.2663                  | 0.2663                  | 0.198                   | 0.239                   | 0.2263                  | 0.215                   |
| Rata-rata | 0.2597                  | 0.2241                  | 0.188                   | 0.233                   | 0.2869                  | 0.2534                  |
| sd        | 6.40 x 10 <sup>-3</sup> | 2.88 x 10 <sup>-2</sup> | 2.11 x 10 <sup>-2</sup> | 1.13 x 10 <sup>-2</sup> | 4.78 x 10 <sup>-2</sup> | 5.48 x 10 <sup>-2</sup> |

Contoh Perhitungan :

$$\bar{x} = \frac{(0,2563+0,2638+0,2525+0,2663)}{4} = 0,2597$$

Standar Deviasi =

$$\sqrt{\frac{(0,2563 - 0,2597)^2 + (0,2638 - 0,2597)^2 + (0,2525 - 0,2597)^2 + (0,2663 - 0,2597)^2}{4 - 1}}$$

$$= 6.40 \times 10^{-3}$$

## B.4 Perhitungan densitas membran

### B.4.1 Dengan menggunakan piknometer

Dalam penentuan densitas dengan piknometer, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Volume piknometer} = \frac{(\text{massa pikno+air}) - (\text{massa pikno kosong})}{\text{densitas air}}$$

$$\text{Volume air} = \frac{(\text{massa total}) - (\text{massa pikno+membran})}{\text{densitas air}}$$

$$\text{Volume membran} = \text{volume piknometer} - \text{volume air}$$

$$\rho \text{ membran} = \frac{\text{Massa membran}}{\text{volume membran}}$$

Diketahui : Piknometer 25 mL, densitas H<sub>2</sub>O (25°C) = 0,997 g/mL



**Tabel B.4.1.1** Densitas membran dengan menggunakan piknometer

| Sampel         | A (g)  | B (g)   | C (g)   | D (g)   | E (g)   | $\rho$ bahan (g/mL) |        |
|----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------------|--------|
| Membran BW     | 0%     | 0,0499  | 14,8964 | 39,9880 | 14,9463 | 39,9923             | 1,0910 |
|                | 1%     | 0,0500  | 14,8959 | 39,9879 | 14,9459 | 39,9953             | 1,1702 |
|                | 2%     | 0,0500  | 14,8962 | 39,9877 | 14,9462 | 39,9984             | 1,2684 |
|                | 3%     | 0,0501  | 14,8960 | 39,9883 | 14,9461 | 39,9996             | 1,2874 |
|                | 4%     | 0,0501  | 14,8960 | 39,9881 | 14,9461 | 40,0004             | 1,3214 |
| 5%             | 0,0500 | 14,8960 | 39,9882 | 14,8960 | 40,0017 | 1,3658              |        |
| Membran Zeolit | 0%     | 0,0502  | 14,8960 | 39,9893 | 14,9462 | 40,0066             | 1,5213 |
|                | 1%     | 0,0499  | 14,8960 | 39,9879 | 14,9459 | 40,0009             | 1,3482 |
|                | 2%     | 0,0499  | 14,8960 | 39,9886 | 14,9459 | 40,0039             | 1,4379 |
|                | 3%     | 0,0504  | 14,8960 | 39,9881 | 14,9464 | 40,0039             | 1,4523 |
|                | 4%     | 0,0498  | 14,8960 | 39,9881 | 14,9458 | 40,0050             | 1,5091 |
| 5%             | 0,0500 | 14,8961 | 39,9881 | 14,9461 | 40,0049 | 1,5015              |        |

Keterangan : A (massa membran), B (massa piknometer kosong), C (massa piknometer + aquades), D (massa piknometer kosong + membran) dan E (massa total).

Contoh perhitungan :

$$\text{Volume piknometer} = \frac{(39,9880 - 14,8964)g}{0,997 \text{ g/mL}} = 25,1671 \text{ mL}$$

$$\text{Volume air} = \frac{(39,9923 - 14,9463)g}{0,997 \text{ g/mL}} = 25,1214 \text{ mL}$$

$$\text{Volume membran} = (25,1671 - 25,1214) \text{ mL} = 0,0457 \text{ mL}$$

$$\rho \text{ membran} = \frac{0,0499 \text{ g}}{0,0457 \text{ mL}} = 1,091 \text{ g/mL}$$

#### B.4.2 Dengan menggunakan metode dimensi

Dalam penentuan densitas menggunakan metode dimensi, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Volume membran} = \text{luas alas} \times \text{tinggi}$$

$$\rho \text{ membran} = \frac{\text{massa membran}}{\text{volume membran}}$$

**Tabel B.4.2.1** Densitas membran dengan metode dimensi

| Sampel            | Massa (g) | Ketebalan (mm) | Diameter (mm) | Volum e (mL) | $\rho$ bahan (g/mL) |        |
|-------------------|-----------|----------------|---------------|--------------|---------------------|--------|
| Membran BW        | 0%        | 0,0341         | 0,1000        | 26,4250      | 0,0548              | 0,6221 |
|                   | 1%        | 0,0281         | 0,0680        | 26,3750      | 0,0371              | 0,7567 |
|                   | 2%        | 0,0478         | 0,1440        | 25,9750      | 0,0763              | 0,6267 |
|                   | 3%        | 0,0416         | 0,1200        | 26,3125      | 0,0652              | 0,6378 |
|                   | 4%        | 0,0434         | 0,1120        | 26,6750      | 0,0626              | 0,6937 |
|                   | 5%        | 0,0482         | 0,1200        | 26,4500      | 0,0659              | 0,7314 |
| Membran BW-Zeolit | 0%        | 0,0776         | 0,1860        | 26,5500      | 0,1029              | 0,7540 |
|                   | 1%        | 0,0552         | 0,2160        | 26,2750      | 0,1171              | 0,4716 |
|                   | 2%        | 0,0639         | 0,1720        | 26,1500      | 0,0923              | 0,6921 |
|                   | 3%        | 0,0664         | 0,2300        | 26,4250      | 0,1261              | 0,5267 |
|                   | 4%        | 0,0852         | 0,2640        | 26,6000      | 0,1466              | 0,5810 |
|                   | 5%        | 0,0730         | 0,2180        | 26,3000      | 0,1184              | 0,6167 |

Contoh perhitungan :

$$\text{Volume membran} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (26,4250 \text{ mm})^2 \times 0,1000 \text{ mm}$$

$$= 0,5482 \text{ mm}^3 = 0,0548 \text{ cm}^3$$

$$\rho \text{ membran} = \frac{0,0341 \text{ g}}{0,0548 \text{ cm}^3} = 0,6221 \text{ g/cm}^3 = 0,6221 \text{ g/mL}$$

## B.5 Perhitungan indeks swelling membran

Dalam penentuan indeks swelling digunakan persamaan berikut :

$$\% \text{ Swelling} = \frac{M-m}{m} \times 100\%$$

**Tabel B.5.1** Indeks swelling membran BW

| Sampel | Waktu (jam) | Massa (g) | Indeks swelling (%) |
|--------|-------------|-----------|---------------------|
| 0%     | 0           | 0,0051    | 0                   |
|        | 2           | 0,0100    | 96,0784             |



**Tabel B.5.2** Indeks swelling membran komposit BW-Z

| Sampel | waktu (jam) | Massa (g) | Indeks swelling (%) |
|--------|-------------|-----------|---------------------|
| 0%     | 0           | 0,0124    | 63,1579             |
|        | 2           | 0,0124    | 63,1579             |
|        | 4           | 0,0124    | 63,1579             |
|        | 6           | 0,0124    | 63,1579             |
|        | 8           | 0,0124    | 63,1579             |
|        | 10          | 0,0124    | 63,1579             |
| 1%     | 0           | 0,0132    | 0                   |
|        | 2           | 0,0191    | 44,6970             |
|        | 4           | 0,0191    | 44,6970             |
|        | 6           | 0,0190    | 43,9394             |
|        | 8           | 0,0191    | 44,6970             |
|        | 10          | 0,0191    | 44,6970             |
| 2%     | 0           | 0,0076    | 0                   |
|        | 2           | 0,0100    | 31,5790             |
|        | 4           | 0,0100    | 31,5790             |
|        | 6           | 0,0102    | 34,2105             |
|        | 8           | 0,0102    | 34,2105             |
|        | 10          | 0,0102    | 34,2105             |
| 3%     | 0           | 0,0187    | 0                   |
|        | 2           | 0,0235    | 25,6685             |
|        | 4           | 0,0235    | 25,6685             |
|        | 6           | 0,0236    | 26,2032             |
|        | 8           | 0,0236    | 26,2032             |
|        | 10          | 0,0236    | 26,2032             |
| 4%     | 0           | 0,0141    | 0                   |
|        | 2           | 0,0167    | 18,4397             |
|        | 4           | 0,0167    | 18,4397             |



|    |    |        |         |
|----|----|--------|---------|
|    | 6  | 0,0168 | 19,1489 |
|    | 8  | 0,0168 | 19,1489 |
|    | 10 | 0,0168 | 19,1489 |
|    | 0  | 0,0126 | 0       |
|    | 2  | 0,0166 | 31,7460 |
| 5% | 4  | 0,0166 | 31,7460 |
|    | 6  | 0,0167 | 32,5396 |
|    | 8  | 0,0167 | 32,5396 |
|    | 10 | 0,0167 | 32,5396 |

Contoh Perhitungan

$$M = 0,0051$$

$$m = 0,0100$$

$$\% \text{ Swelling} = \frac{0,0051 - 0,0100}{0,0100} \times 100\% = 96,0784$$

**B.6 Perhitungan waktu kesetimbangan dan indeks swelling kesetimbang**

**Tabel B.6.1** Persamaan polinomial membran BW

| Sampel | Persamaan polinomial                           | Waktu setimbang (jam) | IS setimbang (%) |
|--------|--|-----------------------|------------------|
| 0%     | $y = 0,5515x^3 - 10,452x^2 + 59,104x + 3,6415$ | 6,32                  | 98,94            |
| 1%     | $y = 0,3102x^3 - 5,9028x^2 + 33,755x + 2,2698$ | 6,34                  | 58,05            |
| 2%     | $y = 0,5217x^3 - 9,9177x^2 + 56,483x + 3,5774$ | 6,34                  | 96,00            |
| 3%     | $y = 0,6234x^3 - 11,878x^2 + 67,934x + 4,2749$ | 6,35                  | 116,32           |
| 4%     | $y = 0,2315x^3 - 4,3908x^2 + 24,866x + 1,5186$ | 6,32                  | 41,73            |
| 5%     | $y = 0,3168x^3 - 6,1142x^2 + 35,742x + 1,9841$ | 6,34                  | 63,22            |

**Tabel B.6.2** Persamaan polinomial membran komposit BW-Z

| Sampel | Persamaan polinomial                           | Waktu setimbang (jam) | IS setimbang (%) |
|--------|--|-----------------------|------------------|
| 0%     | $y = 0,4434x^3 + 8,3642x^2 + 47,095x + 3,0704$ | 6,29                  | 78,73            |
| 1%     | $y = 0,2622x^3 + 4,9167x^2 + 27,39x + 1,7977$  | 6,25                  | 44,94            |
| 2%     | $y = 0,1645x^3 + 3,172x^2 + 18,656x + 1,3158$  | 6,43                  | 33,86            |
| 3%     | $y = 0,1448x^3 + 2,7454x^2 + 15,569x + 1,0313$ | 6,32                  | 26,32            |
| 4%     | $y = 0,1018x^3 + 1,9384x^2 + 11,102x + 0,7486$ | 6,35                  | 19,15            |
| 5%     | $y = 0,1782x^3 + 3,3817x^2 + 19,221x + 1,2787$ | 6,33                  | 32,65            |

Keterangan : IS = Indeks Swelling

Contoh perhitungan :

- Waktu setimbang

$$y = 0,5515x^3 + 10,452x^2 + 59,104x + 3,6415$$

$$y' = 1,6545x^2 + 20,904x + 59,104$$

$$y'' = 3,309x + 20,904$$

$$x = \frac{20,904}{3,309} = 6,32$$

- Indeks swelling setimbang

$$y = 0,5515x(6,32)^3 + 10,452x(6,32)^2 + 59,104x + 3,6415$$

$$y = 98,94$$

### B.7 Perhitungan uji bubble point

Dalam penentuan ukuran pori secara *bubble point* digunakan persamaan berikut :

$$r_p = \left( \frac{2\gamma}{\Delta P} \right) \cos \theta$$

dan nilai  $\Delta P$  dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$\Delta P = \left( \frac{V_i}{V_f} \right) \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

**Tabel B.7.1** Ukuran pori membran BW

| Sampel | $V_0$ (mL) | $V_1$ (mL) | $\Delta P$ (Nm-2) | rp ( $\mu\text{m}$ ) | rata-rata ( $\mu\text{m}$ ) |        |
|--------|------------|------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|--------|
| 0%     | a          | 10         | 7,3               | 136986,3014          | 1,0512                      | 1,0440 |
|        | b          | 10         | 7,2               | 138888,8889          | 1,0368                      |        |
| 1%     | a          | 10         | 7,2               | 138888,8889          | 1,0368                      | 1,0656 |
|        | b          | 10         | 7,6               | 131578,9474          | 1,0944                      |        |
| 2%     | a          | 10         | 7,2               | 138888,8889          | 1,0368                      | 1,0800 |
|        | b          | 10         | 7,8               | 128205,1282          | 1,1232                      |        |
| 3%     | a          | 10         | 7,0               | 142857,1429          | 1,0080                      | 0,9648 |
|        | b          | 10         | 6,4               | 156250,0000          | 0,9216                      |        |
| 4%     | a          | 10         | 7,2               | 138888,8889          | 1,0368                      | 0,9648 |
|        | b          | 10         | 6,2               | 161290,3226          | 0,8928                      |        |
| 5%     | a          | 10         | 4,6               | 217391,3043          | 0,6624                      | 0,6912 |
|        | b          | 10         | 5,0               | 200000,0000          | 0,7200                      |        |

**Tabel B.7.2** Ukuran pori membran komposit BW-Z

| Sampel | $V_0$ (mL) | $V_1$ (mL) | $\Delta P$ (Nm-2) | rp ( $\mu\text{m}$ ) | rata-rata ( $\mu\text{m}$ ) |        |
|--------|------------|------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|--------|
| 0%     | a          | 10         | 7,0               | 142857,1429          | 1,0080                      | 1,0512 |
|        | b          | 10         | 7,6               | 131578,9474          | 1,0944                      |        |
| 1%     | a          | 10         | 8,2               | 121951,2195          | 1,1808                      | 1,1664 |
|        | b          | 10         | 8,0               | 125000,0000          | 1,1520                      |        |
| 2%     | a          | 10         | 7,1               | 140845,0704          | 1,0224                      | 1,0440 |
|        | b          | 10         | 7,4               | 135135,1351          | 1,0656                      |        |
| 3%     | a          | 10         | 7,3               | 136986,3014          | 1,0512                      | 1,0296 |
|        | b          | 10         | 7,0               | 142857,1429          | 1,0080                      |        |



4% a 10 7,1 140845,0704 1,0224 1,0224

5% a 10 6,0 166666,6667 0,8640 0,8640

Contoh perhitungan :

$$\Delta P = \left( \frac{10 \text{ mL}}{7,3 \text{ mL}} \right) \times 10^5 \text{ Nm}^2 = 136986,3014 \text{ Nm}^2$$

$$r_p = \left( \frac{2 \times 72 \times 10^{-3} \text{ N/m}}{136986,3014 \text{ Nm}^2} \right) \times 1 = 1,0512 \text{ } \mu\text{m}$$

**B.8 Perhitungan Uji Kuat Tarik**

Dalam penentuan uji kuat tarik ditentukan nilai tegangan dan regangan, persamaannya sebagai berikut :

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{F}{A_0} \quad \text{Regangan } (\epsilon) = \frac{\Delta L}{l_0}$$

Diketahui,  $l_0 = 3 \text{ cm}$  dan lebar  $= 0,5 \times 10^{-2} \text{ m}$

**Tabel B.8.1** Perhitungan uji kuat tarik

| Sampel | Ketebalan ( $\mu\text{m}$ ) |    |     | Waktu (s) | F <sub>max</sub> (N) | $\Delta L$ | Tegangan (MPa) | Regangan (%) |
|--------|-----------------------------|----|-----|-----------|----------------------|------------|----------------|--------------|
|        | 1                           | 2  | 3   |           |                      |            |                |              |
| 0%     | 115                         | 94 | 101 | 3,7       | 2,72                 | 0,50       | 5,2730         | 16,6667      |
| 1%     | 90                          | 79 | 44  | 2,7       | 2,84                 | 0,40       | 8,0529         | 13,3333      |
| 2%     | 83                          | 93 | 62  | 2,2       | 1,28                 | 0,30       | 3,2188         | 10,0000      |
| 3%     | 61                          | 55 | 66  | 3,7       | 3,81                 | 0,65       | 12,574         | 21,6667      |
| 4%     | 55                          | 80 | 81  | 3,8       | 2,13                 | 0,65       | 5,9112         | 21,6667      |
| 5%     | 75                          | 66 | 92  | 4,3       | 1,73                 | 0,75       | 4,4607         | 25,0000      |

Contoh perhitungan :

$$\text{Tegangan} = \frac{2,72 \text{ N}}{1,03 \times 10^{-4} \text{ m} \times 0,5 \times 10^{-2} \text{ m}} = 5,2730 \text{ MPa}$$

$$\text{Regangan} = \frac{0,50 \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100\% = 16,6667 \%$$



## LAMPIRAN C PERHITUNGAN BERAT CaO

- Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1% (b/v)

Volume  $\text{H}_2\text{O} = 250 \text{ mL}$

$$1\% = \frac{x \text{ ppm}}{10000} \rightarrow x \text{ ppm} = 10000 \text{ ppm}$$

$$10000 \text{ ppm} = \frac{x \text{ mg}}{0,25 \text{ L}} \rightarrow x \text{ mg} = 2500 \text{ mg} = 2,5 \text{ g}$$

- Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  2% (b/v)

Volume  $\text{H}_2\text{O} = 250 \text{ mL}$

$$2\% = \frac{x \text{ ppm}}{10000} \rightarrow x \text{ ppm} = 20000 \text{ ppm}$$

$$20000 \text{ ppm} = \frac{x \text{ mg}}{0,25 \text{ L}} \rightarrow x \text{ mg} = 5000 \text{ mg} = 5,0 \text{ g}$$

- Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  3% (b/v)

Volume  $\text{H}_2\text{O} = 250 \text{ mL}$

$$3\% = \frac{x \text{ ppm}}{10000} \rightarrow x \text{ ppm} = 30000 \text{ ppm}$$

$$30000 \text{ ppm} = \frac{x \text{ mg}}{0,25 \text{ L}} \rightarrow x \text{ mg} = 7500 \text{ mg} = 7,5 \text{ g}$$

- Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  4% (b/v)

Volume  $\text{H}_2\text{O} = 250 \text{ mL}$

$$4\% = \frac{x \text{ ppm}}{10000} \rightarrow x \text{ ppm} = 40000 \text{ ppm}$$

$$40000 \text{ ppm} = \frac{x \text{ mg}}{0,25 \text{ L}} \rightarrow x \text{ mg} = 10000 \text{ mg} = 10,0 \text{ g}$$

- Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  5% (b/v)

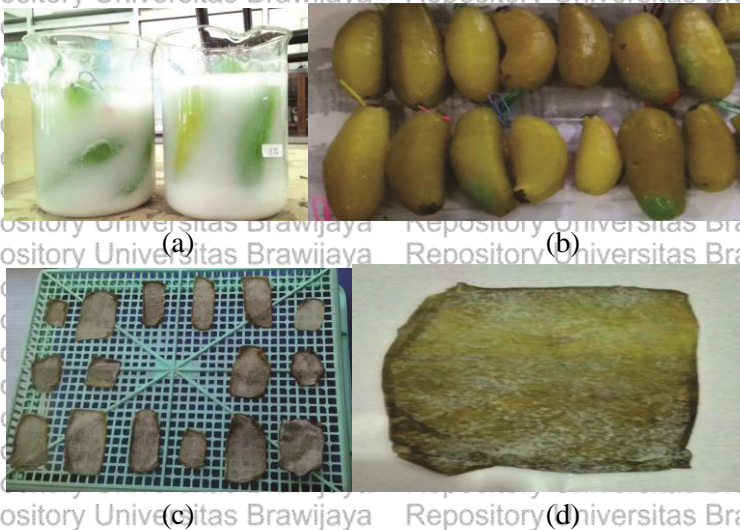
Volume  $\text{H}_2\text{O} = 250 \text{ mL}$

$$5\% = \frac{x \text{ ppm}}{10000} \rightarrow x \text{ ppm} = 50000 \text{ ppm}$$

$$50000 \text{ ppm} = \frac{x \text{ mg}}{0,25 \text{ L}} \rightarrow x \text{ mg} = 12500 \text{ mg} = 12,5 \text{ g}$$

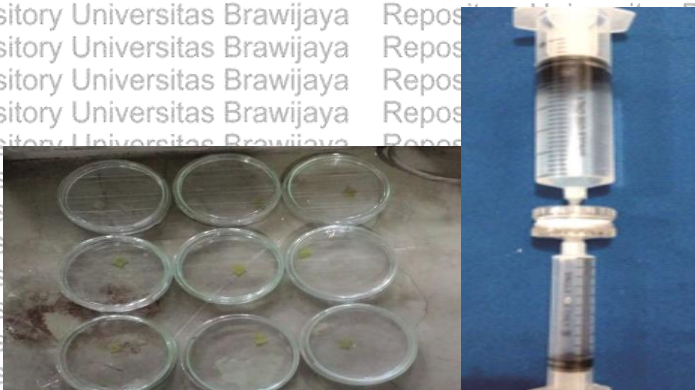
## LAMPIRAN D. GAMBAR

### D.1 Proses Pembuatan Membran



**Gambar D.1** (a) perendaman BW dengan kalsium hidroksida, (b) BW yang telah direndam dengan kalsium hidroksida, (c) pengeringan lembaran BW dengan diangin-anginkan, (d) hasil membran komposit BW-Z.

### D.2 Karakterisasi Membran



(a) (b)



(c)



(d)

**Gambar D.2** (a) Pengujian indeks swelling menggunakan aquades, (b) pengujian ukuran pori dengan bubble point, (c) Pengujian uji kuat tarik, (d) pengujian densitas