

No. Reg: 221160000056881

## LAPORAN PENELITIAN



### PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG BIJI PALA (*Myristica fragrans*) SEBAGAI MEMBRAN SELULOSA ASETAT

**Ketua Peneliti:**

**Bhayu Gita Bhername, S.Si, M.Si**  
**NIDN: 2023018901**  
**NIPN: 202301890110170**

**Anggota:**

**Nurhayati, S.Si, M.Si**

Kategori Penelitian	Penelitian Dasar Interdisipliner
Bidang Ilmu Kajian	Sains dan Teknologi
Sumber Dana	DIPA UIN Ar-Raniry Tahun 2022

**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
OKTOBER 2022**

No. Reg: 221160000056881

## LAPORAN PENELITIAN



### PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG BIJI PALA (*Myristica fragrans*) SEBAGAI MEMBRAN SELULOSA ASETAT

#### Ketua Peneliti

**Bhayu Gita Bhernama, S.Si, M.Si**

NIDN: 2023018901

NIPN: 202301890110170

#### Anggota:

Nurhayati, S.Si, M.Si

<b>Klaster</b>	<b>Penelitian Dasar Interdisipliner</b>
<b>Bidang Ilmu Kajian</b>	<b>Sains dan Teknologi</b>
<b>Sumber Dana</b>	<b>DIPA UIN Ar-Raniry Tahun 2022</b>

**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
OKTOBER 2022**

**LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M UIN AR-RANIRY BANDA ACEH  
TAHUN 2022**

1. a. Judul : **Pemanfaatan Limbah Cangkang Biji Pala (*Myristica fragransi*) Sebagai Membran Selulosa Asetat**
- b. Klaster : Penelitian Dasar Interdisipliner
- c. No. Registrasi : 221160000056881
- d. Bidang Ilmu yang diteliti : Sains dan Teknologi
  
2. Peneliti/Ketua Pelaksana
  - a. Nama Lengkap : Bhayu Gita Bhernama, S.Si, M.Si
  - b. Jenis Kelamin : Perempuan
  - c. NIP<sup>(Kosongkan bagi Non PNS)</sup> : 198901232014032003
  - d. NIDN : 2023018901
  - e. NIPN (ID Peneliti) : 202301890110170
  - f. Pangkat/Gol. : Penata Tk. I (III/d)
  - g. Jabatan Fungsional : Lektor
  - h. Fakultas/Prodi : Sains dan Teknologi/Kimia
  
  - i. Anggota Peneliti 1
    - Nama Lengkap : Nurhayati, S.Si, M.Si
    - Jenis Kelamin : Perempuan
    - Fakultas/Prodi : Sains dan Teknologi/Teknik Fisika
  
3. Lokasi Kegiatan : Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry, Kab. Aceh Selatan
4. Jangka Waktu Pelaksanaan : 6 (Enam) Bulan
5. Tahun Pelaksanaan : 2022
6. Jumlah Anggaran Biaya : Rp. 30.000.000 (Tiga Puluh Juta Rupiah)
7. Sumber Dana : DIPA UIN Ar-Raniry B. Aceh Tahun 2022
8. *Output* dan *Outcome* : a. Laporan Penelitian; b. Publikasi Ilmiah; c. HKI

Mengetahui,  
Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan  
LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

Banda Aceh, 7 Oktober 2022  
Pelaksana,



**Dr. Anton Widyanto, M. Ag.**  
NIP. 197610092002121002

**Bhayu Gita Bhernama, S.Si, M.Si**  
NIDN. 2023018901

Menyetujui:  
Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

**Prof. Dr. H. Mujiburrahman, M.Ag.**  
NIP. 197109082001121001

## PERNYATAAN

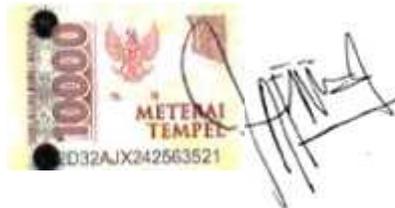
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Bhayu Gita Bhernama, S.Si, M.Si**  
NIDN : 2023018901  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Tempat/ Tgl. Lahir : Tanah Datar/23 Januari 1989  
Alamat : Perumahan Gani Residen  
Fakultas/Prodi : Sains dan Teknologi/Kimia

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang berjudul: **“Pemanfaatan Limbah Cangkang Biji Pala (*Myristica fragrans*) Sebagai Membran Selulosa Asetat”** adalah benar-benar karya asli saya yang dihasilkan melalui kegiatan yang memenuhi kaidah dan metode ilmiah secara sistematis sesuai otonomi keilmuan dan budaya akademik serta diperoleh dari pelaksanaan penelitian pada kluster Penelitian Dasar Interdisipliner yang dibiayai sepenuhnya dari DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun Anggaran 2022. Apabila terdapat kesalahan dan kekeliruan di dalamnya, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Banda Aceh, 7 Oktober 2022  
Saya yang membuat pernyataan,  
Ketua Peneliti,



**Bhayu Gita Bhernama, S.Si, M.Si**  
NIDN. 2023018901

## PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG BIJI PALA (*Myristica fragransi*) SEBAGAI MEMBRAN SELULOSA ASETAT

### **Ketua Peneliti:**

Bhayu Gita Bhernama, S.Si, M.Si

### **Anggota Peneliti:**

Nurhayati, S.Si, M.Si

### **Abstrak**

Pemanfaatan tanaman pala sebagai bumbu dapur, manisan dan diolah juga sebagai minyak pala menyebabkan cangkang biji pala menumpuk dan terbuang menjadi limbah sehingga dilakukan pengolahan limbah cangkang biji pala sebagai membran selulosa asetat. Pengolahan membran selulosa asetat menggunakan metoda ekstraksi selulosa yaitu sokletasi, kemudian dilakukan identifikasi jumlah selulosa yang ada pada limbah cangkang biji pala. Pada sintesis membran selulosa dilakukan variasi berat selulosa asetat 0,1, 0,15 dan 0,2,gram dengan menggunakan pelarut Tetra Hidro Furan pada dan penambahan Poli Vinil Klorida (PVC) yang selanjutnya dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif terhadap membran yang dihasilkan. Hasil penelitian terhadap kadar selulosa dari limbah cangkang biji pala yaitu 5,29%, Ukuran Kristal selulosa 0,5292 nm, kadar asetil 39,18% derajat substitusi sebesar 2,65%. Karakterisasi morfologi membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala yang lebih baik dari variasi PVC yang lebih besar yaitu pada penambahan PVC 0,4 gram. Limbah cangkang biji pala kurang maksimal untuk dijadikan membran selulosa asetat dikarenakan kadar selulosa yang diperoleh sedikit.

**Kata Kunci:** *Membran, selulosa asetat, selulosa, pala*

## KATA PENGANTAR



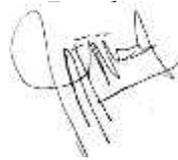
Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT dan salawat beriring salam penulis persembahkan kepangkuan alam Nabi Muhammad SAW, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis telah dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul **“PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG BIJI PALA (*Myristica fragransi*) SEBAGAI MEMBRAN SELULOSA ASETAT”**.

Dalam proses penelitian dan penulisan laporan ini tentu banyak pihak yang ikut memberikan motivasi, bimbingan dan arahan. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terspesial dan terkasih suami dan anak-anak yang telah memberikan motivasi dan kelapangan hati agar penelitian yang dilakukan berjalan dengan lancar. Penulis tidak lupa menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Rektor Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ketua LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
3. Sekretaris LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
4. Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
5. Ketua Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
6. Sekretaris Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh ;
7. Mahasiswa Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang ikut berpartisipasi dan membantu berjalannya penelitian ini mulai dari awal penelitian hingga berakhirnya penelitian; Akhirnya hanya Allah SWT yang dapat membalas amalan mereka, semoga menjadikannya sebagai amal yang baik. Harapan penulis, semoga hasil

penelitian ini bermanfaat dan menjadi salah satu amalan penulis yang diperhitungkan sebagai ilmu yang bermanfaat di dunia dan akhirat. *Amin ya Rabbal 'Alamin.*

Banda Aceh, 7 Oktober 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bhayu Gita Bhername', written over a faint, light-colored rectangular stamp or watermark.

**Bhayu Gita Bhername**

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
<b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
A. Latar belakang .....	1
B. Rumusan masalah .....	5
C. Tujuan penelitian .....	5
D. Manfaat penelitian .....	5
E. Batasan penelitian .....	6
<b>BAB II : LANDASAN TEORI</b>	
A. Kajian terdahulu yang relevan .....	7
B. Konsep teori yang relevan .....	8
<b>BAB III : METODE PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan tempat penelitian .....	32
B. Variabel penelitian .....	32
C. Instrumen penelitian .....	33
D. Analisis data penelitian .....	33
E. Alat dan Bahan .....	33
F. Prosedur penelitian .....	34
<b>BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Isolasi selulosa limbah cangkang biji pala .....	40

B. Sintesis selulosa asetat limbah cangkang biji pala	44
C. Karakterisasi selulosa dan selulosa asetat limbah Cangkang biji pala .....	46
D. Karakterisasi membran selulosa asetat.....	57
<b>BAB V : PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan.....	68
B. Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>78</b>
<b>BIODATA PENELITI</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Analisis kimia selulosa limbah cangkang biji pala .....	7
<b>Tabel 2.</b> Pita serapan spectrum FTIR dari selulosa limbah cangkang biji pala dan selulosa standar.....	8
<b>Tabel 3.</b> Hasil spektrum FTIR selulosa asetat komersil dan selulosa asetat limbah cangkang biji pala .....	53
<b>Tabel 4.</b> Hasil spectrum FTIR selulosa dan selulosa asetat limbah cangkang biji pala.....	55
<b>Tabel 5.</b> Komposisi dan variasi bahan pembentuk membran selulosa asetat dari limbah cngkang biji pala.....	57
<b>Tabel 6.</b> Nilai fluks dan rejeksi dari membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala.....	59
<b>Tabel 7.</b> Nilai ketebalan dan kuat Tarik membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala .....	63
<b>Tabel 8.</b> Derajat swelling dan stabilitas membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala.....	64

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b>	Reaksi asetilasi selulosa .....	68
<b>Gambar 2.</b>	Buah pala .....	
<b>Gambar 3.</b>	Komponen utama FTIR .....	26
<b>Gambar 4.</b>	SEM .....	28
<b>Gambar 5.</b>	Reaksi sintesis selulosa asetat .....	46
<b>Gambar 6.</b>	Permukaan a) selulosa dan b) selulosa asetat dari limbah biji pala menggunakan SEM dengan perbesaran 6000 x.....	47
<b>Gambar 7.</b>	Permukaan a) selulosa dan b) selulosa asetat dari limbah biji pala menggunakan SEM dengan perbesaran 4000 x .....	47
<b>Gambar 8.</b>	Spektrum FTIR selulosa standar .....	48
<b>Gambar 9.</b>	Spektrum FTIR selulosa dari limbah cangkang biji Pala.....	49
<b>Gambar 10.</b>	Spektrum FTIR selulosa asetat komersil.....	52
<b>Gambar 11.</b>	Spektrum FTIR dari selulosa asetat limbah cangkang biji pala.....	52
<b>Gambar 12.</b>	Spektrum FTIR dari selulosa dan selulosa asetat limbah cangkang biji pala .....	54
<b>Gambar 13.</b>	Difraktogram XRD selulosa dari limbah cangkang biji pala.....	56
<b>Gambar 14.</b>	Morfologi permukaan membrane selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala .....	66
<b>Gambar 15.</b>	Spektrum FTIR Membran selulosa dari limbah cangkang biji pala.....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Perhitungan rendemen selulosa dari limbah cangkang biji pala.....	77
<b>Lampiran 2.</b> Perhitungan kadar Selulosa .....	78
<b>Lampiran 3.</b> Perhitungan kadar air .....	79
<b>Lampiran 4.</b> Perhitungan kadar air .....	80
<b>Lampiran 5.</b> Perhitungan derajat Substitusi .....	81
<b>Lampiran 6.</b> Dokumentasi foto kegiatan penelitian .....	85

# BAB I

## PENDAHULUAN

### **A. Latar belakang**

Tanaman pala merupakan tanaman yang terkenal dengan aroma yang khas. Kegunaannya sebagai bumbu dapur dan bahan rempah menjadikan tanaman pala sebagai komoditas untuk dijual ke pasar Internasional. Selain itu, tanaman pala juga sebagai sumber minyak atsiri yang digunakan oleh industri obat-obatan, parfum, dan kosmetik (Ginting dkk., 2018). Di Indonesia tanaman pala memiliki perkebunan pala yang cukup luas, salah satu tanaman perkebunan pala terbesar berada di pulau Sumatera yaitu Provinsi Aceh. Provinsi Aceh sendiri memiliki kabupaten kota yang terkenal akan perkebunan pala yaitu Kabupaten Aceh Selatan. Hal ini dibuktikan pada tahun 2011 menurut data Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh, Kabupaten yang memiliki perkebunan pala yang luas adalah kabupaten Aceh Selatan. Luas pekebunan pala di Aceh Selatan pada tahun 2011 memiliki luas area 14.183 ha dengan produksi tanaman pala sekitar 4.650 ton. Badan Pusat statistik Aceh selatan memaparkan luas area tanaman pala pada tahun 2014 sekitar 15.430 dengan produksi tanaman pala 6.510 ton. Tahun 2017 luas tanaman pala di kabupaten Aceh selatan menjadi 16.289 ha dengan produksi 5.238 ton (BPS, 2018). Seiring dengan produksi perkebunan pala di Aceh Selatan yang sangat luas, dan masyarakat di Aceh Selatan memanfaatkan tanaman pala sebagai bumbu dapur, manisan dan diolah juga sebagai minyak pala menyebabkan cangkang biji pala menumpuk dan terbuang menjadi limbah.

Limbah cangkang biji pala memiliki kandungan selulosa 21,34%, lignin 12,93%, crude fiber 53,67%, abu 6,16%, fenol 0,11% dan karbonil 0,38%

(Salindeho dkk, 2018). Kandungan selulosa dan lignin pada limbah cangkang biji pala cukup besar, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sesuatu yang bernilai guna seperti sebagai karbon aktif pada proses pemurnian minyak goreng bekas pakai (Sagita dkk., 2020), bahan bakar briket arang biomassa, bahan adsorben (Sagita dkk., 2020), dan asap cair (Salindeho dkk., 2018). Beberapa penelitian telah dilakukan dalam hal memanfaatkan limbah cangkang biji pala ini seperti yang telah dilakukan oleh Patiung dkk, (2014) memanfaatkan limbah cangkang pala yang dimodifikasi dengan  $\text{TiO}_2$  sebagai karbon aktif pada fotodegradasi zat warna metanil yellow. Hitijabuhesi dkk, (2019) juga melakukan analisis karbon aktif dari tempurung pala sebagai agen adsorpsi.

Selulosa merupakan polimer alami dari karbohidrat. Polimer ini terbentuk dengan adanya ikatan  $\beta - 1,4$  glikosida. Selulosa dengan struktur berbentuk kristal menjadikannya tidak mudah larut, tidak mudah diuraikan secara fisika maupun kimia. Dalam selulosa dapat ditemukan dengan komponen-komponen senyawa lainnya seperti lignin atau hemiselulosa yang membentuk dinding sel dari tumbuhan (Lismeri dkk., 2016). Proses isolasi selulosa dapat dilakukan dengan tahapan yaitu a) tahapan ekstraksi b) delignifikasi c) bleaching (Fitriyano & Abdullah, 2016). Beberapa penelitian melakukan ekstraksi selulosa dengan metoda sokletasi diantaranya Sapitri, (2021) melakukan isolasi selulosa menggunakan metoda sokletasi menghasilkan rendemen selulosa sebesar 81,16% Dewi et al (2016) melakukan ekstraksi selulosa menggunakan metoda refluks menghasilkan rendemen selulosa 42,88-42,91%. Rachmawaty dkk., (2013) melakukan ekstraksi selulosa dari enceng gondok dengan metoda sokletasi. Nafi'ah dkk, (2020) juga melakukan ekstraksi selulosa dengan metoda sokletasi.

Selulosa dapat di sintesis menjadi selulosa asetat. Selulosa asetat merupakan hasil sintesis dari selulosa dengan asam asetat anhidrat, asam asetat glasial dan asam sulfat (Lismeri dkk., 2016). Lismeri dkk., (2016) melakukan isolasi selulosa dari ubi kayu dengan metoda asam. Selulosa asetat dibagi berdasarkan derajat substitusi dan kadar asetil yaitu selulosa mono asetat, diasetat dan triasetat. Penggunaan selulosa asetat sangat beragam seperti pada bidang industri perfilman, plastik biodegradable, bahan pelapis kertas, logam dan kaca, sebagai perekat film topografi hingga sebagai bahan baku utama dalam proses sintesis membran (Thaiyibah & Panggabean, 2016). Selain itu, penggunaan selulosa asetat sebagai membran Menurut Riani dkk, (2019) memiliki kelebihan yaitu biaya pengolahan yang rendah, sangat selektif pada proses penyerapan (adsorpsi), larut pada berbagai jenis pelarut, bersifat hidrofilik serta bersumber dari sumberdaya alam yang dapat diperbarui.

Membran merupakan suatu lapisan tipis selektif semipermeabel yang digunakan sebagai pembatas antara dua fasa, fasa umpan dan fasa permeat. Membran memiliki pori-pori dengan ukuran tertentu yang dapat menghambat komponen lain yang lebih besar dari ukuran membran dan melewatkan komponen yang memiliki ukuran yang lebih kecil daripada ukuran membran itu sendiri (Murni, 2014). Pertama kali membran diperkenalkan oleh *Loub* dan *Sourirajan* dengan menggunakan bahan dasar selulosa asetat pada proses penyaringan air. Lambat laun penelitian terhadap teknologi membran menjadi sangat diperhatikan dan berkembang. Perkembangan teknologi membran ini mengarah kepada bahan-bahan polimer selain selulosa asetat, seperti polisulfon, poli etersulfon, poliuretan dan lainnya (Fitriyano & Abdullah, 2016.). Proses sintesis membran yang perlu diperhatikan yaitu dalam hal pemilihan bahan dasarnya berupa sifat

dan struktur. Proses sintesis membran selulosa asetat biasanya dilakukan inversi fasa dengan proses pencelupan. Inversi fasa ini memiliki dua tipe komposisi cetak, yaitu komposisi cetak aditif anorganik dan aditif organik (Handayani dkk., 2017).

Beberapa penelitian tentang sintesis membran selulosa yang telah dilakukan seperti sintesis membran dari tanda kosong kelapa sawit menggunakan perbandingan selulosa asetat dan pelut 1:6 dan melakukan variasi konsentrasi poli etilen glikol (PEG) 10%, 20% dan 30% (b/b), dimana hasil uji karakteristik morfologi memperlihatkan ukuran yang halus pada penambahan konsentrasi PEG 10% (Apriani dkk, 2017). sintesis membran dari eceng gondok yang dilakukan oleh Rachmawaty dkk, (2013) melakukan variasi terhadap selulosa asetat 13,14 dan 15% (b/b) dan waktu penguapan pelarut 0,5 , 10 dan 15 detik dengan penambahan polietilen glikol 5% didapatkan hasil terbaik pada selulosa asetat dengan konsentrasi 15% dan waktu 15 detik. Karakterisasi membran selulosa dari eceng gondok juga telah dilakukan oleh Thaiyibah & Panggabean, (2016) menghasilkan konsentrasi selulosa asetat yang baik sebagai membran pada konsentrasi 6% (b/b). Sedangkan Silvia dkk, (2016) melakukan variasi selulosa asetat untuk desalinasi air payau pada konsentrasi 16,17,18,19 dan 20% (b/b) menyatakan semakin besar konsentrasi selulosa asetat semakin kecil nilai fluks yang diperoleh. Akan tetapi untuk pengolah limbah cangkang biji pala sebagai membran selulosa asetat sangat jarang dilakukan. Oleh sebab itu dilakukan penelitian untuk memanfaatkan kandungan selulosa dari limbah cangkang biji pala sebagai membran selulosa asetat menggunakan metoda ekstraksi selulosa yaitu sokletasi, kemudian dilakukan identifikasi jumlah selulosa yang ada pada limbah cangkang biji pala. Pada sintesis membran selulosa dilakukan variasi berat selulosa asetat 0,1, 0,15 dan 0,2,gram dengan

menggunakan pelarut Tetra Hidro Furan pada dan penambahan Poli Vinil Klorida (PVC) yang selanjutnya dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif terhadap membran yang dihasilkan.

## **B. Rumusan masalah**

- a. Berapakah jumlah kadar selulosa yang terdapat pada cangkang biji pala?
- b. Berapa ukuran selulosa dari limbah cangkang biji pala?
- c. Apakah limbah cangkang biji pala dapat dimanfaatkan sebagai membran selulosa asetat ?
- d. Bagaimana karakterisasi membran selulosa asetat dari cangkang biji pala?

## **C. Tujuan penelitian**

Tujuan dari penelitian ini untuk :

1. Mengetahui kadar selulosa yang terdapat pada cangkang biji pala
2. Mengetahui jenis selulosa yang terdapat pada limbah cangkang biji pala
3. Mengetahui pemanfaatan cangkang biji pala sebagai membran selulosa asetat
4. Mengetahui karakterisasi morfologi membran selulosa asetat dari cangkang biji pala

## **D. Manfaat penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

- a. Dapat memanfaatkan kembali limbah dari cangkang biji pala
- b. Membuat membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala
- c. Mendapatkan informasi kadar dan jenis selulosa dari limbah cangkang biji pala

- d. Mendapatkan informasi tentang karakterisasi membran selulosa asetat dari cangkang biji pala.

#### **E. Batasan penelitian**

Batasan penelitian yang dilakukan terhadap

- a. limbah cangkang biji pala
- b. Identifikasi kandungan selulosa pada limbah cangkang biji pala menggunakan FTIR, XRD, SEM
- c. Identifikasi jenis selulosa yang terdapat pada limbah biji pala dengan XRD
- d. Penentuan kadar asetil
- e. Uji karakterisasi yang dilakukan hanya terhadap uji ketebalan membran, ukuran pori membran, ke elastisitasan membran, fluktuasi membran

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Kajian terdahulu yang relevan**

Penelitian terkait dengan sintesis membran selulosa dari bahan alam telah banyak dilakukan diantara dari eceng gondok, tandan kelapa sawit, limbah kulit kakao, bakteri Nata De Bamboo, limbah kulit nanas, mahkota buah nanas, kulit ubi kayu, rebung dan labu siam limbah ampas tebu dan limbah ampas sagu.

Sintesis dan karakterisasi membran selulosa asetat yang dilakukan oleh Apriani dkk., (2017) dari tandan kelapa sawit menggunakan perbandingan selulosa asetat dan aseton sebagai pelarut sebanyak 1:6 yang kemudian dilakukan penambahan poli etilen glikol (PEG) dengan konsentrasi 10, 20 dan 30% (b/b), menghasilkan karakterisasi terbaik pada penambahan PEG konsentrasi 10% yang dibuktikan dari analisis morfologi dengan ukuran partikel yang halus. Rachmawaty dkk, (2013) melakukan sintesis membran selulosa asetat dari eceng gondok. Sintesis membran selulosa asetat yang dilakukan menggunakan variasi konsentrasi selulosa asetat 13, 14 dan 15% (b/b) dan waktu penguapan pelarut sekitar 0,5, 10 dan 15 detik. Hasil penelitian didapatkan semakin besar konsentrasi selulosa asetat 15 % dan waktu penguapan 10, dibuktikan dengan morfologi membran semakin rapat, dan pori membran yang semakin halus. Hal ini seiring dengan nilai fluks yang didapatkan 460,54 L/m<sup>2</sup>.jam dan nilai rejeksi 64,28%. Widyaastuty dkk, (2017) melakukan sintesis membran selulosa dari bakteri Nata De Bamboo menghasilkan nilai fluks > 50 L/m<sup>2</sup>.jam dan nilai rejeksi 90%. Silvia dkk, (2016) melakukan variasi selulosa asetat untuk desalinasi air payau dengan konsentrasi selulosa asetat 16%,17%,18%,19% dan 20% dengan hasil semakin

besar konsentrasi selulosa asetat semakin kecil nilai fluks yang diperoleh. Rukmana (2020) dalam penelitian sintesis membran selulosa asetat dari kulit nanas yang diaplikasikan pada penyerapan zat warna tekstil biru metilen menghasilkan nilai fluks 4.72-65.56 L/m<sup>2</sup>.jam dan nilai rejeksi 82,37 -98,87%. Hasil morfologi dari membran kulit nanas ini memiliki ukuran pori 20-50 nm.

Khasanah dkk, (2017) melakukan penelitian terkait membran selulosa asetat dari mahkota buah nanas sebagai filter terhadap pengolahan limbah sarung tenun Samarinda melakukan pencampuran terhadap selulosa asetat, aseton dan poli etilen glikol (PEG) pada berbagai variasi konsentrasi menghasilkan variasi konsentrasi selulosa asetat : aseton : PEG yaitu 23% : 72% : 5% merupakan komposisi yang optimum. Riani dkk, (2019) melakukan penelitian membran selulosa asetat dari limbah kulit kakao (*Theobroma cacao* L) dengan metoda inversi fasa untuk penyerapan logam timbal. Riani membuat variasi terhadap selulosa asetat 2,4,6,8 dan 10% (b/b) yang masing-masing konsentrasi menghasilkan lapisan tipis berupa membran. Membran selulosa asetat juga dibuat dengan metoda inversi fasa oleh Sarah dkk, (2018) untuk penyisihan logam Cr<sup>3+</sup> dan Cd<sup>3+</sup> dalam air. Sarah membuat variasi terhadap berat molekul dari poli etilen glikol (PEG) yaitu 2kDa, 6kDa, dan 20 kDa menghasilkan nilai fluks yang semakin besar nilai PEG semakin besar dan semakin menurunkan nilai rejeksi. Pembuatan dan karakterisasi membran selulosa asetat-PVC dari eceng gondok dilakukan oleh Thaiyibah dkk, (2016) dengan membuat variasi konsentrasi selulosa asetat dalam 6 ; 5,5 ; dan 5 % (b/b). Hasil penelitian membran yang baik digunakan pada konsentrasi 6%. Nafi'ah dkk, (2020) memodifikasi membran selulosa dari limbah ampas tebu dengan Na<sub>2</sub>EDTA yang diaplikasikan pada penyerapan logam Pb. Metoda yang digunakan dalam proses isolasi selulosa adalah

metoda sokletasi. Proses yang dilakukan dengan pencampuran selulosa murni dengan Na<sub>2</sub>EDTA menghasilkan daya serap yang baik pada penyerapan logam Pb dengan nilai kapasitas penyerapan paling optimal pada variasi pH 3 1,875 mg/gram.

## **B. Konsep teori yang relevan**

### **a. Selulosa**

Selulosa menurut Souhoka dkk, (2018) merupakan polimer alami dari makhluk hidup yang kelimpahannya dialam sangat besar, ramah lingkungan dan merupakan polimer yang terbarukan. Selulosa memiliki ikatan dari glikosida berantai panjang dan lurus berupa rantai  $\beta - 1,4$  D-glukosa. Ikatan dari rantai ini berjumlah ratusan menyebabkan molekul-molekul dari selulosa sangat kokoh dan lurus. Selulosa tidak larut dalam pelarut air dan pelrut lain yang sering digunakan, hal ini dikarenakan selulosa memiliki ikatan hidrogen yang kuat. Menurut Dewi dkk, (2017) selulosa adalah polimer alami yang terbarukan dan mudah mengalami penguraian dialam. Selulosa tersusun dari gabungan molekul glukosa berantai panjang yang berasal dari proses fotosintesis tumbuhan. Hasil fotosintesis tersebut berasal dari proses reaksi kimia yang kompleks dari glukosa yang termodifikasi dengan penguraian satu molekul air yang membentuk molekul anhidrid. Molekul anhidrid ini membentuk polimer rantai panjang berupa selulosa dengan berat molekul 50.000-500.000. Struktur dari selulosa apabila dilakukan identifikasi dan karakterisasi menggunakan XRD merupakan material kristalin yang tersusun dari unsur karbon 45%, hidrogen 6-6,5% dan sisa berupa oksigen.

1) Sumber selulosa

Selulosa pada umumnya terdapat di kayu sebanyak 50%, kapas 90% dan tanaman lainnya 33%. Selain itu selulosa juga terdapat pada bakteri seperti *Acetobacter rhizobium* dan *Agrobacterium*.

2) Sifat selulosa

Selulosa pada umumnya tidak memiliki rasa, tidak berbau, dan tidak larut dalam air. Glukosa dapat diuraikan menjadi unit-unit glukosa apabila direaksikan dengan asam pekat bersuhu tinggi. Selulosa bersifat kristalin dan pada suhu 320°C bersifat amorf.

3) Jenis selulosa

Selulosa memiliki tiga jenis struktur apabila dilarutkan dalam NaOH 17,5%, yaitu :

- a)  $\alpha$ -selulosa : selulosa berantai panjang dan memiliki kemurnian tinggi, tidak larut dalam NaOH 17,5%
- b)  $\beta$ -selulosa : selulosa berantai pendek, larut dalam NaOH 17,5%
- c)  $\gamma$ -selulosa : selulosa yang memiliki kandungan hemiselulosa dan holo selulosa

4) Isolasi selulosa

Selulosa dapat diisolasi dengan beberapa cara diantaranya :

a) Hidrolisis alkali

Hidrolisis alkali merupakan metoda isolasi yang umum dilakukan untuk proses delignifikasi dari bahan lignoselulosa. Proses isolasi ini bertujuan untuk memisahkan lignin dengan selulosa (Zhou et al., 2010)

b) Hidrolisis asam

Isolasi ini juga sering dilakukan karena waktu yang dibutuhkan pada proses isolasi ini singkat (Purwaningsih., 2015)

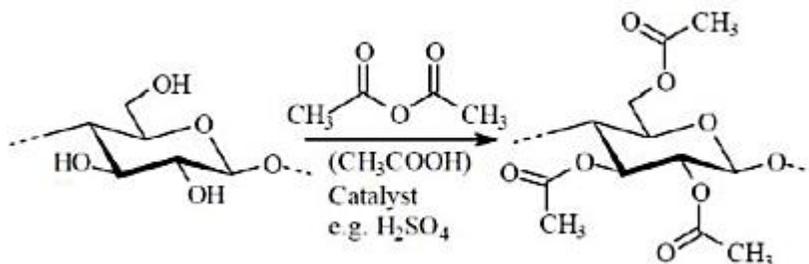
c) Ledakan uap

Metoda yang jarang dilakukan tapi memiliki kelebihan yang banyak terutama terhadap lingkungan (Pandey et al., 2015)

**b. Selulosa asetat**

Selulosa asetat merupakan hasil dari reaksi esterifikasi gugus hidroksi pada selulosa menjadi gugus asetil. Proses reaksi esterifikasi ini menggunakan bahan kimia berupa asam asetat, asam sulfat dan asam nitrat. Bentuk dan struktur selulosa asetat berupa padatan putih, tidak beracun, tidak berasa dan tidak berbau. Selulosa asetat memiliki nilai jual yang cukup tinggi dikarenakan karakteristik fisik dan optik dari selulosa asetat baik sehingga sering digunakan dalam industri tekstil, filter rokok, plastik, film topografi, pelapis kertas dan membran. Selain itu, selulosa asetat juga bersifat ramah terhadap lingkungan karena sifatnya tidak beracun. Proses produksi selulosa asetat dilakukan dengan dua cara yaitu direaksikan menggunakan asam asetat sebagai sumber asetilasi sekaligus pelarut dan asam sulfat sebagai katalis yang digunakan untuk proses percepatan reaksi esterifikasi, yang kedua proses menggunakan metilen klorida yang menggunakan anhidrida asetat sebagai sumber bahan asetilasi dan metilen klorida sebagai pelarut serta asam sulfat

sebagai katalis (Shouhoka dkk, 2018). Reaksi asetilasi dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1.** Reaksi asetilasi selulosa

#### c. Membran selulosa asetat

Membran merupakan suatu padatan tipis bersifat semipermeabel, yang dapat mempertahankan pergerakan dari materia-material tertentu. Membran ini terdiri dari dua fasa yaitu fasa permeat dan fasa umpan. Fasa ini merupakan pembatas antara umpan yang akan dipisahkan dan produk yang mengontrol kecepatan perpindahan dari bahan tersebut yang melewati pembatas. Sifat membran itu sendiri memiliki ketahanan kimia, selektifitas dan permeabilitas yang tinggi dan stabilitas mekanik dan thermal yang baik. Pada umumnya materi membran dapat diklasifikasikan menjadi tiga bentuk berupa membran polimer sintesis, membran produk alami termodifikasi dan membran logam (Rukhmana, 2012).

Membran selulosa asetat merupakan membran berbahan dasar organik, yang terdiri dari bahan polimer selulosa asetat yang proses pembuatannya menggunakan pelarut aseton, kloroform dan pelarut non polar lainnya yang ditambahkan bahan aditif plastisizer (Apriani, 2017)

#### d. Tanaman pala

Klasifikasi dan morfologi tanaman pala (*Myristica fragrans* Houtt.)

Pala termasuk tanaman tahunan yang pada mulanya terdapat di hutan-hutan tropik. Berbagai spesies dari genus *Myristica* tersebar di Nusantara dan pusat keragamannya berada di kepulauan Maluku, terutama variabilitas yang paling tinggi terpusat di Pulau Bangka, Siau dan Irian. Kedudukan tanaman pala dalam sistematika tumbuhan termasuk ke dalam klasifikasi sebagai berikut;

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)

Divisi : *Spermatophyta* ( tumbuhan berbiji)

Subdivisi : *Angiospermae* (berbiji tertutup)

Kelas : *Dicotyledonae* (biji berkeping dua)

Ordo : *Myristicales*

Famili : *Myristicaceae*

Genus : *Myristica*

Spesies : *Myristica fragrans* Houtt., *sin. M. argentea* Ware., *M. Fattua* Houtt., *Myristica speciogia* Ware., *M. Sucedona* BL., dan *M. malabrica* Lam



**Gambar 2.** Buah pala (Suloi, 2021)

Tanaman pala memiliki buah berbentuk bulat, berwarna hijau kekuning- kuningan dan apabila masak terbelah dua. Buah pala terdiri dari empat bagian yaitu daging buah, fuli, tempurung dan biji. Buah pala terdiri dari 83,3% daging buah, 3,22% fuli, 3,94% tempurung biji, dan 9,54% daging biji. Garis tengah buah berkisar antara 3 cm sampai 9 cm, daging buahnya tebal dan rasanya asam. Biji berbentuk lonjong sampai bulat, panjang berkisar antara 1,5 cm sampai 4,5 cm dengan lebar 1 cm sampai 2,5 cm. Tanaman pala berasal dari kepulauan Maluku dan saat ini telah tersebar ke seluruh daerah di Indonesia ialah Aceh, Sumatra Barat, Sumatra Utara, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Selatan, Maluku dan Irian Jaya. Aroma pala di Indonesia dianggap lebih sedap dibandingkan dengan Hindia bagian barat, saat ini tanaman pala di Indonesia diusahakan oleh perkebunan rakyat (98%) dan (2%) perkebunan besar lainnya. Komoditas pala di Indonesia sebagian besar dihasilkan oleh perkebunan rakyat (98%) yang jarang dipelihara secara intensif.

Luas pertanaman pala di Indonesia pada tahun 1996 mencapai 60.735 ha, kemudian menurun menjadi 43.873 ha pada tahun 2000 (Nurdjanah, 2007). Hasil yang diambil dari pala dan diperdagangkan di pasaran dunia adalah biji, fuli minyak atsiri dan daging buah yang digunakan untuk industri makanan di dalam negeri. Industri makanan pengolahan daging buah pala antara lain adalah sebagai: manisan pala, asinan pala, sirup, marmelade, selai pala, dodol serta kristal daging buah pala (Nurdjanah,2007).

Daging buah pala sebenarnya mengandung beberapa nutrisi

seperti lemak dan protein nabati. Kandungan lemak serta protein dalam daging buah pala. Selain itu juga mengandung pektin yang merupakan senyawa fenolik yang dikeluarkan oleh buah dalam bentuk getah yang berwarna merah kecoklatan. Tanaman pala termasuk kedalam golongan tanaman berjenis kelamin tunggal. Meskipun demikian, terdapat pula tanaman pala berjenis kelamin ganda (*polygamous, hermaphrodite*), yaitu berumah dua, berumah dua artinya memiliki perbedaan yang jelas antara pohon betina dan pohon jantan. Pohon pala betina ditandai dengan pertumbuhan cabangnya secara mendatar (horizontal) sedangkan pohon jantan cabang-cabangnya mengarah ke atas membuat sudut lancip dengan batangnya. Disamping itu, terdapat pula pohon campuran. Pohon jantan dapat menghasilkan bunga betina, dan sebaliknya pohon betina dapat menghasilkan bunga jantan. Tanaman pala tumbuh tegak dan memiliki mahkota yang rindang dan tinggi batang antara 10 m. Bentuk mahkota tanaman meruncing ke atas dengan bagian paling atasnya agak bulat serta ditumbuhi daun yang rapat. Secara keseluruhan, tajuk pohon bentuknya bulat atau bulat mendatar sampai silindris, percabangan rimbun mendatar atau rimbun ke atas. Adapun morfologi tanaman pala secara umum sebagai berikut:

#### 1). Batang

Bentuk pohon pala berukuran sedang, tinggi 10m sampai 20 m, menjulangtinggi, mahkota pohonya meruncing, berbentuk piramida (kerucut), lonjong (silindris) dan bulat dengan percabangan relatif teratur, Percabangan relative teratur dengan

dedaunan yang rapat dan letak daun yang berselang-seling secara teratur.

## 2). Daun

Daun pala berwarna hijau sampai hijau tua mengkilap, panjangnya antara 5 sampai 15 cm, dan lebar antara 3 cm sampai 7 cm dengan panjang tangkai daun antara 0,7 cm. Daunnya tumbuh tunggal dengan helaian daun kanan sekitar 1,90 cm sampai 3,21 cm, kiri tulang daun antara 1,84 cm sampai 3,21 cm, dan ketebalannya 0,03 cm. Helaian daun pada umumnya tidak simetris. Ukuran dan bentuk daun pala sangat bervariasi, kecil sampai besar, tergantung jenis varietas. Namun, pada umumnya tanaman pala yang berdaun kecil (sempit) memungkinkan sinar matahari menembus lebih dalam ke dalam kanopi, sehingga berpengaruh positif terhadap produksi buah.

## 3). Bunga

Pembungaan tanaman pala umumnya bersifat unisexual-dioecious, walaupun terdapat juga yang polygamous (hermaphrodite). Pala merupakan tanaman berumah dua (dioecious), bunga jantan dan bunga betina terdapat pada individu (pohon) yang berbeda. Salah satu masalah pengembangan pala adalah penentuan jenis pohon kelamin jantan dan kelamin betina harus menunggu sampai tanaman berbunga (5 tahun). Dari 100 biji pohon pala rata-rata terdapat 55 pohon betina, 40 pohon jantan, dan 5 pohon yang hermaphrodite. Pohon jantan dicirikan oleh habitus yang lebih kecil dari betina, cabang lebih tegak, daun lebih kecil dan menghasilkan banyak bunga jantan dalam bentuk rangkaian yang membawa 3 sampai

15 bunga per-kuntum, sedangkan bunga betina sekitar 1 sampai 3 per-kuntum. Bunga keluar dari ujung cabang dan ranting. Bunga betina mempunyai kelopak dan mahkota meskipun perkembangannya tidak sempurna. Warna bunga kuning, dengan diameter 2,5 mm serta panjangnya 3 mm. Mahkota bunga betina bersatu mulai dari bagian pangkal dan pada bagian atas terbuka menjadi 2 bagian yang sistematis. Kelopak kecil dan menutup sebagian kecil dari bagian mahkota).

Di dalam mahkota terdapat pistil yang bersatu dengan bakal bunga. Kepala putik terbelah pada bagian ujungnya. Di dalam bakal buah terdapat bakal kulit biji dan bakal biji. Bentuk bunga jantan agak berbeda dengan bunga betina walaupun warna bunganya juga kuning, dengan diameter 1,5 mm dan panjang 3 mm. Mahkota dari bunga jantan bersatu dari pangkal pada 5/8 bagian dan kemudian terbagi menjadi 3 bagian. Kelopak berkembang tidak sempurna, bentuknya seperti cincin yang melingkar pada bagian pangkal mahkota. benang sari berbentuk silindris merupakan tangkai bersatu, panjangnya 2 mm. Sari melekat pada tangkai tersebut membentuk baris baris yang jumlahnya 8 buah dan berpasangan, antara baris dibatasi oleh jalur kecil 1/10 mm lebarnya.

#### 4). Buah

Buah pala bentuknya bulat sampai lonjong, berwarna hijau ke kuning-kuningan, apabila masak akan terbelah dua, diameter 3 cm sampai 9 cm. Daging buah (pericarp) tebal dan rasanya asam. Buah pala bentuknya bulat (spheroid) atau bulat panjang (elipsoid) sampai lonjong (piriform). Ukuran buah pala

bervariasi dari kecil sampai besar, berwarna hijau kekuning-kuningan. Buah yang sudah masak akan terbelah dua, bergaris tengah antara 3 cm, daging buah bervariasi dari tipis sampai tebal, berwarna putih, dan rasanya asam. Buah pala tergolong buah sejati tunggal, berdaging tebal, berwarna kuning kehijauan, dan bila sudah masak berwarna kuning kotor. Tangkai buah pala bervariasi dari jenis maupun antar individu

#### 5). Biji

Biji berbentuk bulat sampai lonjong, panjangnya 1,5 cm sampai 4,5 cm dengan lebar 1,0 cm sampai 2,5 cm. Warnanya coklat dan mengkilap pada bagian luarnya. Kernel biji berwarna keputih-putihan. Bentuk dan ukuran biji pala bervariasi, bergantung jenisnya. Pala banda bentuk bijinya bulat berukuran besar; pala patani bijinya bulat panjang sampai lonjong dengan ukuran besar; pala Marica bijinya lonjong berukuran kecil; dan pala Irian bijinya lonjong kecil Fuli berwarna merah gelap dan ada pula yang putih kekuning-kuningan, serta membungkus biji yang menyerupai jala. Biji pala yang memiliki permukaan ujung membukit diduga jantan, sedangkan biji yang bagian ujungnya rata diduga betina. Fuli atau serat tipis (areolus) terdapat antara daging dan biji buah pala. Fuli ini berwarna merah atau kuning muda dan dapat diambil minyaknya sebagai Oil Of Mace. Minyak dari fuli pada umumnya digunakan sebagai penyedap berbagai saus dan bahan makanan awetan dalam kalengan (canning). Minyak ini juga digunakan sebagai obat penghangat kulit, berupa minyak gosok dan balsem bersama minyak atsiri lain yang sifatnya serupa.

a) Jenis-jenis tanaman pala

Di Indonesia dikenal beberapa jenis pala, yaitu :

1. *Myristica fragrans*, yang merupakan jenis utama dan mendominasi jenis lain dalam segi mutu maupun produktivitas. Tanaman ini merupakan tanaman asli pulau Banda.
2. *M. argenta* Warb, lebih dikenal dengan nama Papuanoot asli dari Papua, khususnya di daerah kepala burung. Tumbuh di hutan-hutan, mutunya dibawah pala Banda.
3. *M. scheffert* Warb. terdapat di hutan-hutan Papua.
4. *M. speciosa*, Terdapat di pulau Bacan. Jenis ini tidak mempunyai nilai ekonomi
5. *M. succanea*, terdapat di pulau Halmahera. Jenis ini tidak mempunyai nilai ekonomi

b) Komposisi Kimia dan Manfaat Pala

Semua bagian tanaman pala yang mempunyai nilai ekonomis adalah buahnya yang terdiri dari empat bagian yaitu daging buah, fuli, tempurung dan biji. Daging buah pala cukup tebal dan beratnya lebih dari 70% dari berat buah, berwarna putih kekuning-kuningan, berisi cairan bergetah yang encer, rasanya sepet dan mempunyai sifat astringensia. Oleh karena itu jika buah masih mentah, daging buah pala tidak bisa dikonsumsi langsung tetapi dapat diolah menjadi berbagai produk pangan. Pada prinsipnya komponen dalam biji pala dan fuli terdiri dari minyak atsiri, minyak lemak, protein, selulosa, pentosan, pati, resin dan mineral-mineral. Persentase dari komponen-komponen bervariasi dipengaruhi oleh klon, mutu dan lama penyimpanan

serta tempat tumbuh. Kandungan minyak lemak dari biji pala utuh bervariasi dari 25 sampai 40%, sedangkan pada fuli antara 20 sampai 30%. biji pala mengandung minyak atsiri sekitar 2-16% dengan rata-rata pada 10% dan fixed oil (minyak lemak) sekitar 25-40%, karbohidrat sekitar 30% dan protein sekitar 6%. Setiap 100 g daging buah pala mengandung air sekitar 10 g, protein 7 g, lemak 33 g, minyak yang menguap (minyak atsiri) dengan komponen utama monoterpen hidrokarbon (61 - 88% seperti alpha pinene, beta pinene, sabinene), asam monoterpenes (5 - 15%), aromatik eter (2-18% seperti myristicin, elemicin, safrole). Minyak pala dan fuli digunakan sebagai penambah flavor pada produk-produk berbasis daging, pikel, saus, dan sup, serta untuk menetralkan bau yang tidak menyenangkan dari rebusan kubis. Pada industri parfum, minyak pala digunakan sebagai bahan pencampur minyak wangi dan penyegar ruangan. Sebagai obat, biji pala bersifat karminatif (peluruh angin), stomakik, stimulan, spasmolitik dan antiemetik (anti mual). Minyak pala juga digunakan dalam industri obat-obatan sebagai obat sakit perut, diare dan bronchitis. Buah pala berguna untuk mengurangi flatulensi, meningkatkan daya cerna, mengobati diare dan mual. Selain itu juga untuk desentri, maag, menghentikan muntah, mulas, perut kembung serta obat rematik. Senyawa aromatik myristicin, elemicin, dan safrole sebesar 2-18% yang terdapat pada biji dan bunga pala bersifat merangsang halusinasi. Memakan maksimum 5 gram bubuk atau minyak pala mengakibatkan keracunan yang ditandai dengan muntah, kepala pusing dan mulut kering komponen myristicin dan elemicin mempunyai efek

intoksikasi. Di beberapa negara Eropa, biji pala digunakan dalam dosis kecil sebagai bumbu masakan daging dan sup. Fulinya lebih disukai digunakan dalam penyedap masakan, acar, dan kecap. minyak atsiri dalam daging buah pala mengandung komponen myristicin dan monoterpen. Komponen myristicin dalam daging buah pala dapat menimbulkan rasa kantuk. Minyak pala sebagai bahan penyedap pada produk makanan dianjurkan memakai dosis sekitar 0,08%, karena dalam dosis yang lebih tinggi dapat menyebabkan keracunan. Minyak ini memiliki kemampuan lain, yaitu dapat mematikan serangga (insektisidal), antijamur (fungisidal), dan antibakteri. Akhir-akhir ini ada perkembangan baru pemanfaatan minyak atsiri pala, yaitu sebagai bahan baku dalam aromaterapi. Dilaporkan bahwa komponen utama pala dan fuli yaitu myristicin, elemicin dan iso-elemicin dalam aromaterapi bersifat menghilangkan stress.

#### **e. Membran**

Membran ialah suatu lapisan tipis yang dijadikan pemisah bersifat selektif permeabel (hanya bisa dilewati molekul-molekul tertentu saja). Membran dapat dikarakteristikkan menjadi 3 jenis sebagai berikut:

1. Membran berpori memiliki pori dengan ukuran tertentu, distribusi ukuran pori, ketebalan lapisan dan porositas permukaan. Untuk mencapai selektivitas tinggi, pori membran harus relatif lebih kecil dari pada partikel. Membran ini biasanya digunakan untuk membran nanofiltrasi (NF), mikrofiltrasi (MF) dan ultrafiltrasi (UF). Membran memiliki ukuran pori sekitar 0,1-10  $\mu\text{m}$  untuk MF

dan 0,01–0,1  $\mu\text{m}$  untuk UF. Pemisahan berdasarkan MF dan UF didasarkan pada ukuran partikel. Salah satu kekurangan pada membran berpori adalah dapat terjadinya fouling (deposisi irreversible dari partikel yang tertahan dalam dinding pori membran atau pada permukaan membran).

2. Membran tak berpori terdiri atas lapisan rapat dimana permeat dibawa melalui difusi. Proses pemisahan terjadi karena adanya perbedaan kelarutan dan difusivitas. Kekurangan dari membran tak berpori ini adalah rendahnya fluks. Oleh karena itu, lapisan membrannya dibuat setipis mungkin.
3. Membran penukar ion terdiri atas dua jenis, yaitu membran penukar kation (muatan negatif) dan membran penukar anion (muatan positif). Anion akan ditolak oleh kation dan tidak bisa melewati membran, sebaliknya kation akan ditolak oleh anion. Membran dalam pengolahan air antara lain mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), osmosis balik (RO), nanofiltrasi (NF), sebagai berikut :
  - a. Membran mikrofiltrasi (MF) memiliki pori yang berukuran antara 0.1 sampai 10  $\mu\text{m}$  dan mampu dioperasikan pada tekanan antara 0.5 – 5 Bar. Membran ini dapat digunakan untuk memisahkan partikel-partikel kecil seperti mikroorganisme (sel, bakteri dan virus) sementara senyawa makromolekul (protein, karbohidrat, lemak) dan gula, garam-garam mineral, air lolos melalui membran.

- b. Membran ultrafiltrasi (UF) mempunyai pori dengan ukuran antara 0.01-0.1  $\mu\text{m}$ . Membran UF mampu dioperasikan pada tekanan 1-10 Bar. Membran ini dapat memisahkan semua senyawa mikroorganisme, senyawa makromolekul, gula, garam-garam mineral dan air lolos melalui membran. Membran ultrafiltrasi menggunakan bahan dasar polimer memiliki kemampuan untuk tahan terhadap bahan kimia dan temperatur, memiliki efek fouling. Ultrafiltrasi sering diaplikasikan pada pemisahan minyak dari limbah, menghilangkan endotoksin dan pirogen, pemekatan dan purifikasi gelatin serta jus, pembuatan antibiotik, pengolahan produk dairy, pemrosesan ekstrak tumbuhan, pengecatan electrocoat (Winata N. A, 2016).
- c. Membran nanofiltrasi (NF) mempunyai ukuran pori berkisar antara 0.001- 0.01  $\mu\text{m}$ . Membran ini beroperasi pada tekanan 7-30 bar dan digunakan untuk Membran dalam pengolahan air antara lain mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), osmosis balik (RO), nanofiltrasi (NF), sebagai berikut :
- a. Membran mikrofiltrasi (MF) memiliki pori yang berukuran antara 0.1 sampai 10  $\mu\text{m}$  dan mampu dioperasikan pada tekanan antara 0.5 - 5 Bar. Membran ini dapat digunakan untuk memisahkan partikel-partikel kecil seperti mikroorganisme (sel, bakteri dan virus) sementara senyawa makromolekul (protein, karbohidrat, lemak) dan

gula, garam-garam mineral, air lolos melalui membran.

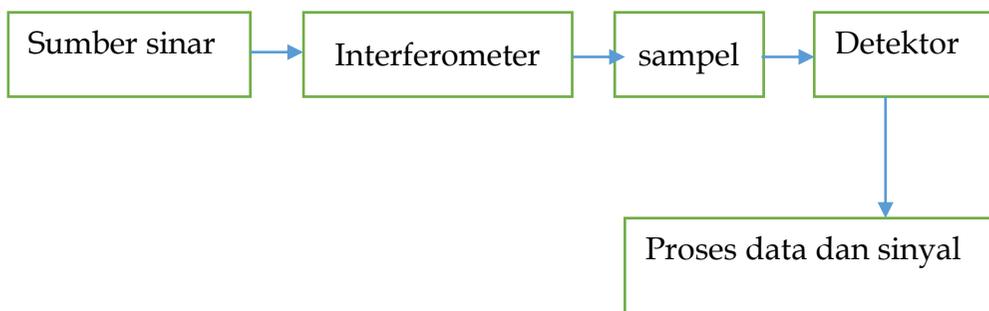
- b. Membran ultrafiltrasi (UF) mempunyai pori dengan ukuran antara 0.01-0.1  $\mu\text{m}$ . Membran UF mampu dioperasikan pada tekanan 1-10 Bar. Membran ini dapat memisahkan semua senyawa mikroorganisme, senyawa makromolekul, gula, garam-garam mineral dan air lolos melalui membran. Membran ultrafiltrasi menggunakan bahan dasar polimer memiliki kemampuan untuk tahan terhadap bahan kimia dan temperatur, memiliki efek fouling. Ultrafiltrasi sering diaplikasikan pada pemisahan minyak dari limbah, menghilangkan endotoksin dan pirogen, pemekatan dan purifikasi gelatin serta jus, pembuatan antibiotik, pengolahan produk dairy, pemrosesan ekstrak tumbuhan, pengecatan electrocoat (Winata N. A, 2016).
- c. Membran nanofiltrasi (NF) mempunyai ukuran pori berkisar antara 0.001- 0.01  $\mu\text{m}$ . Membran ini beroperasi pada tekanan 7-30 bar dan digunakan untuk membran ini juga memiliki kelemahan antara lain:
  - a. Bahan membran sensitif terhadap suhu, pH dan ketahanan mekanik.

- b. Semakin tinggi jumlah air yang melewati membran seringkali berakibat menurunnya garam yang dipisahkan atau sebaliknya.
- c. Unjuk kerja membran terganggu karena adanya kontaminan.

**f. FTIR**

Kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti Fourier Transform Infrared (FTIR). Dimana teknik ini memberikan informasi seperti struktur dan konformasional pada polimer dan polipaduan, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar infra merah melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui inframerah. Pengukuran pada spektrum inframerah dilakukan pada daerah cahaya inframerah tengah (mid-infrared) yaitu pada panjang gelombang 2.5-50  $\mu\text{m}$  atau bilangan gelombang 4000-200  $\text{cm}^{-1}$ . Energi yang dihasilkan oleh radiasi ini akan menyebabkan vibrasi atau getaran pada molekul. Pita absorpsi inframerah sangat khas dan spesifik untuk setiap tipe ikatan kimia atau gugus fungsi. Metoda ini sangat berguna untuk mengidentifikasi senyawa organik dan organometalik (Dachriyanus, 2004). prinsip kerja FTIR ialah infrared yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya di transmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar

infrared lolos ke detector dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak. Keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi infrared konvensional maupun metode spektroskopi yang lain, diantaranya adalah memberikan informasi struktur molekul secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan lainnya dari metode ini adalah bisa digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair). Adapun kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain (Yunita R. F, 2018). Berikut ini gambar komponen dasar FTIR ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 3.** Komponen utama FTIR

FTIR terdiri dari 5 bagian utama, yaitu :

1. Sumber sinar, umum digunakan ialah lampu tungsten, filament nernst atau global yang dipanaskan menggunakan listrik mencapai suhu 1000-1800°C.
2. Interferometer (Pencermian) sistem utama FTIR berfungsi sebagai peralatan atau pengatur seluruh frekuensi infrared yang dihasilkan dari sumber cahaya.

3. Daerah cuplikan, dimana berkas acuan dan cuplikan masuk ke dalam daerah cuplikan yang masing-masing menembus sel acuan dan cuplikan secara bersesuaian.
4. Detektor, berfungsi untuk mendeteksi frekuensi sinar infrared atau energy pancaran yang lewat pada sampel yang tidak diserap oleh senyawa.
5. Elektronik, detektor infrared menghasilkan tegangan yang merespon interferogram yang masuk melalui sampel, tegangan ini akan membentuk analog sebelum spektrofotometer dapat mengirim interferogram ke sistem data, maka sinyal harus dikonversikan dari bentuk analog ke bentuk digital (komputer).

**g. SEM**

SEM merupakan salah satu tipe mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu sampel. Manfaat dari SEM adalah untuk melihat morfologi permukaan suatu sampel dan ukuran partikel dari suatu sampel. SEM digunakan untuk mengamati permukaan kasar dengan pembesaran berkisar antara 20 kali sampai 500.000 kali. Prinsip kerja SEM adalah mendeteksi elektron yang dihamburkan oleh suatu sampel (padat), ketika ditembak oleh berkas elektron berenergi tinggi secara kontinyu yang dipercepat dalam kumpuan elektromagnetik yang dihubungkan dengan tabung sinar katoda. Detektor SEM akan mendeteksi elektron yang dipantulkan dengan intensitas yang tinggi. Ketika berkas elektron ditembakkan ke permukaan sampel maka akan terjadi interaksi elektron dengan atom dipermukaan atas maupun dibawah permukaan sampel. Interaksi ini mengakibatkan sebagian besar

berkas elektron berhasil keluar kembali, elektron-elektron tersebut disebut sebagai Backscattered Electrons (BSE) dan sebagian kecil elektron akan masuk ke dalam sampel kemudian memindahkan sebagian besar energi keelektron atom sehingga terpental ke luar permukaan sampel, elektron ini disebut Secondary Electrons (SE).



**Gambar 4. SEM**

Syarat agar SEM menghasilkan citra yang tajam yaitu permukaan benda harus bersifat sebagaipemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron. Material yang memiliki sifat demikian adalah logam, jika permukaan logam diamati dibawah SEM maka profil permukaan akan tampak dengan jelas.

#### **h. XRD**

Teknik X-ray Diffraction (XRD) berperan penting dalam proses analisis padatan kristal maupun amorf. XRD adalah metode karakterisasi lapisan yang digunakan untuk mengetahui senyawa Kristal yang terbentuk. Teknik XRD dapat digunakan untuk analisis struktur Kristal karena setiap unsur atau senyawa

memiliki pola tertentu. Apabila dalam analisis ini pola difraksi unsur diketahui, maka unsur tersebut dapat ditentukan. Metode difraksi sinar-X merupakan metode analisis kualitatif yang sangat penting karena kristalinitas dari material pola difraksi serbuk yang karakteristik, oleh karena itu metode ini disebut juga metode sidik jari serbuk (*powder fingerprint method*). Penyebab utama yang menghasilkan bentuk pola-pola difraksi serbuk tersebut, yaitu: (a) ukuran dan bentuk dari setiap selnya, (b) nomor atom dan posisi atom-atom didalam sel. Prinsip kerja difraksi sinar X dihasilkan disuatu tabung sinar X dengan pemanasan kawat pijar atau filamen untuk menghasilkan elektron-elektron, kemudian elektron-elektron yang berupa sinar X tersebut dipercepat terhadap suatu sampel dengan memberikan suatu voltase dan menembak sampel dengan elektron. Elektron-elektron yang berupa sinar X akan melewati celah (*slit*) agar berkas sinar yang sampai ke sampel berbentuk paralel dan memiliki tingkat divergensi yang kecil, serta elektron-elektron tersebut dapat menyebar merata pada sampel. Ketika elektron-elektron mempunyai energi yang cukup untuk mengeluarkan elektron-elektron dalam sampemaka bidang kristal itu akan membiaskan sinar X yang memiliki panjang gelombang sama engan jarak antar kisi dalam kristal tersebut (Pratiwi, 2016) .

Penggunaan XRD untuk membedakan antara material yang bersifat kristal dengan amorf, mengukur macam-macam keacakan dan penyimpangan kristal, karakterisasi material kristal, dan identifikasi mineral-mineral yang berbutir halus seperti tanah liat. Penentuan dimensi-dimensi sel satuan.

Sedangkan aplikasi XRD diantaranya yaitu menentukan struktur kristal, menganalisis kuantitatif dari mineral, dan karakteristik sampel film. Kelebihan penggunaan sinar X dalam karakterisasi material adalah kemampuan penetrasinya, sebab sinar X memiliki energi sangat tinggi akibat panjang gelombangnya yang pendek. Sedangkan kekurangannya adalah untuk objek berupa kristal tunggal sangat sulit mendapatkan senyawa dalam bentuk kristalnya. Sedangkan untuk objek berupa bubuk sulit untuk menentukan strukturnya. Peristiwa pembentukan sinar-X dapat dijelaskan yaitu pada saat menumbuk logam, elektron yang berasal dari katoda (elektron datang) menembus kulit atom dan mendekati kulit inti atom. Pada waktu mendekati inti atom, elektron ditarik mendekati inti atom yang bermuatan positif, sehingga lintasan elektron berbelok dan kecepatan elektron berkurang atau diperlambat. Karena perlambatan ini, maka energi elektron berkurang. Energi yang hilang ini dipancarkan dalam bentuk sinar-X. proses ini dikenal sebagai proses bremsstrahlung. Apabila suatu berkas sinar-X monokromatis dilewatkan pada suatu bahan maka akan terjadi penyerapan dan penghamburan berkas sinar oleh atom-atom dalam bahan tersebut. Berkas sinar-X yang jatuh akan dihamburkan ke segala arah, tetapi karena keteraturan letak atom-atom, pada arah tertentu gelombang hambur itu akan berinterferensi konstruktif (mengalami penguatan), sedangkan yang lainnya akan mengalami interferensi destruktif (saling menghilangkan). Penentuan orientasi kristal dilakukan dengan mengamati pola berkas difraksi sinar-X yang dipantulkan oleh kristal. Untuk XRD,

pola difraksi diamati sebagai fungsi sudut  $2\theta$ . Pola difraksi yang terjadi kemudian dibandingkan dengan JCPDS sebagai data standar (Pratiwi, 2016).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan tempat penelitian**

##### **a. Waktu penelitian**

Penelitian dilakukan dari bulan April s.d Agustus 2022. Penelitian dimulai setelah dilaksanakannya seminar proposal pada bulan April 2022 yang diawali dengan pembelian bahan – bahan kimia dengan menggunakan dana mandiri dari peneliti. Bahan kimia tidak langsung tiba tepat waktu, ada bahan kimia yang tiba sekitar satu bulan setelah pemesanan dilakukan. Ada juga disaat berlangsung penelitian sekitar bulan juni bahan kimia habis dan dibeli kembali. Penelitian berakhir pada akhir bulan Agustus 2022.

##### **b. Tempat penelitian**

Penelitian dilakukan di Aceh Selatan, Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Laboratorium pengujian Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe, dan Laboratorium Pendidikan Kimia FKIP USK.

#### **B. Variabel penelitian**

Beberapa variabel yang digunakan pada penelitian ini diantaranya variabel bebas berupa berat cangkang biji pala yang digunakan untuk ekstraksi selulosa, kemudian variasi berat selulosa asetat (0,10 ; 0,15 ; 0,20 gram) yang dijadikan membran selulosa asetat dan berat Poli Vinil Klorida (PVC) yang digunakan (0,3 dan 0,4 gram). Variabel tetap yang digunakan berupa masa selulosa yang disintesis menjadi selulosa asetat, volume pelarut tetra hidro furan 10 mL, variabel terikatnya berupa

ketebalan membran, swelling, ketahanan kimia, ukuran pori, fluks dan rejeksi

### **C. Instrumen penelitian**

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa alat untuk menguji gugus fungsi pada selulosa, selulosa asetat dan membran selulosa berupa FTIR, untuk menguji ketebalan membran berupa micrometer scrub (ketelitian 0,01 mm), untuk menguji ukuran pori selulosa, selulosa asetat dan membran selulosa asetat digunakan alat SEM serta untuk menentukan ukuran kristal selulosa digunakan alat XRD.

### **D. Analisis data penelitian**

Analisis data penelitian dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis data secara kuantitatif dilakukan secara perhitungan terhadap karakterisasi membran berupa ketebalan membran, swelling, ketahanan kimia, fluks dan rejeksi, kadar selulosa, kadar asetil, kadar abu selulosa, dan kadar air selulosa. Analisis kualitatif dilakukan dengan membaca gugus fungsi selulosa, selulosa asetat, polivinil klorida dan tetra hidrofurana pada instrumen FTIR, menentukan ukuran pori membran dengan memperhatikan gambar yang dihasilkan dari instrumen SEM.

### **E. Alat dan Bahan**

#### **a. Alat**

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa alat gelas, kolom kromatografi, buret, timbangan analitik, tanur, oven, magnetik stirer, hot plate, seperangkat alat sokletasi, FTIR, XRD, SEM, micrometer scrub, Spektrofotometer UV-Vis.

#### **b. Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya 5 kg limbah cangkang biji pala, asam asetat glasial, asam asetat anhidrida, toluen, etanol, NaOCl 5%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10%,

## **F. Prosedur penelitian**

### **Preparasi sampel limbah cangkang biji pala**

Limbah cangkang biji pala diambil dari limbah pengolah minyak pala yang ada di kecamatan Meukek kabupaten Aceh Selatan. Limbah cangkang diambil dan dibersihkan, kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 2 hari. Setelah limbah cangkang biji pala tersebut kering, dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Limbah cangkang biji pala menjadi serbuk yang siap untuk di isolasi.

### **Isolasi selulosa dari limbah cangkang biji pala**

Isolasi selulosa menggunakan metoda yang telah dimodifikasi dari Nafi'al et al., (2020) dan Sapitri., (2021) dimana metoda yang dilakukan berupa sokletasi.

Serbuk limbah cangkang biji pala sebanyak 50 gram dilakukan ekstraksi dengan metoda sokletasi menggunakan pelarut toluen dan etanol dengan perbandingan 2:1 selama 6 jam. Serbuk limbah cangkang biji pala yang telah disokletasi dilakukan proses *bleaching* (pemutihan) dengan perendaman menggunakan NaOCl 3% pada suhu 60°C selama 2 jam. Perbandingan pelarut NaOCl 3% dengan sampel (1:6). Setelah 2 jam sampel tersebut disaring dan dicuci hingga pH sampel 7. Proses selanjutnya dilakukan proses hidrolisis menggunakan 400 mL NaOH 5% pada suhu 60°C selama 2 jam dengan tujuan menghilangkan hemiselulosa pada sampel. Kemudian dilakuan proses delignifikasi atau proses penghilangan lignin dengan proses pemanasan menggunakan

NaOCl 1% yang diaduk dengan *magnetik stirrer* selama 3 jam pada suhu 75°C. Dinginkan. Saring. Selanjutnya dilakukan proses hidrolisis kembali menggunakan HCl 2 N. Serbuk dari limbah cangkang biji pala hasil bleaching dan delignifikasi ditambahkan 500 mL HCl 2N yang diaduk selama 30 menit pada suhu kamar. Dinginkan. Saring. Cuci dengan akuades hingga pH =7. Keringkan selama 24 Jam. Timbang berat akhir. Hitung % Rendemen. Identifikasi senyawa selulosa menggunakan FTIR, SEM, dan XRD. Hitung jumlah kandungan selulosa, kadar air, dan kadar abu.

### **Sintesis selulosa asetat limbah cangkang biji pala**

Sintesis selulosa asetat limbah cangkang biji pala dilakukan menggunakan metoda asetilasi dari Rachmawaty et al., (2013) dan Riani et al., (2019).

Serbuk selulosa hasil isolasi limbah cangkang biji pala sebanyak 10 gram dilarutkan dengan 250 mL asam asetat glasial lalu diaduk dengan magnetik stirrer diatas penangas air selama 60 menit dengan suhu 40°C. Dinginkan. Tambahkan 0,5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p) dan 60 mL asam asetat glasial, lanjutkan pengadukan selama 45 menit lagi dengan suhu yang sama. Setelah itu dinginkan hingga suhu 18°C. Setelah dingin, ditambahkan anhidrida asetat 98% sebanyak 20 mL. Lanjutkan pendinginan sampai suhu 15°C. Setelah suhu 15°C tambahkan kembali 1 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p) dan 60 mL asam setat glasial. Kemudian diaduk selama 3 jam pada suhu 40°C. Tambahkan 30 mL asam asetat 67% pada suhu 40°C. Kemudian diaduk lagi pada suhu 40°C selama 10 jam. Selulosa asetat diendapkan dengan penambahan akudest perlahan sambil diaduk. Proses ini dilakukan hingga didapatkan endapan berbentuk serbuk. Setelah didapatkan endapan berbentuk serbuk, endapan tersebut disaring dan dicuci hingga

netral dan tidak ada aroma asam asetat lagi. Keringkan pada suhu 70°C selama 12 jam. Simpan dalam desikator. Didapatkan serbuk putih selulosa asetat yang selanjutnya dikarakterisasi menggunakan FTIR, dan SEM. Analisis kuantitatif dilakukan dengan penentuan kadar asetil.

### **Penentuan Kadar Asetil**

Serbuk selulosa asetat sebanyak 1 gram dimasukkan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan dengan etanol 75%. Kemudian dilanjutkan dengan memanaskannya diatas penangas air pada suhu 55°C selama 30 menit. Setelah 30 menit erlenmeyer dikeluarkan dari penangas dan ditambahkan 40 mL NaOH 0,5N kemudian dilanjutkan pemanasan pada suhu 55°C selama 30 menit. Erlemeyer ditutup dengan aluminium voil dan didiamkan selama 72 jam. Setelah itu, dilakukan titrasi dengan HCl 0,5 N dengan penambahan indikator *phenol ptalein* sebanyak 2 tetes kedalam erlemeyer yang berisikan serbuk selulosa asetat. Catat volume terpakai. Erlenmeyer ditutup kembali dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, dititreasi lagi dengan NaOH 0,5 N. Catat volume terpakai. Blanko ditentukan juga dengan cara yang sama tanpa penambahan serbuk selulosa asetat. Hitung kadar asetil :

$$X = [(D-C)Na + (A-B)Nb] \times (F/W)$$

Keterangan :

X = kadar asetil (%)

A = Volume NaOH yang terpakai pada saat titrasi sampel (mL)

B = Volume NaOH yang terpakai pada saat titrasi blanko (mL)

C = Volume HCl yang terpakai pada saat titrasi sampel (mL)

D = Volume HCl yang terpakai pada saat titrasi blanko (mL)

Na = konsentrasi HCl (dalam normalitas)

Nb = Konsentrasi NaOH (dalam normalitas)

F = tetapan 4,305

W = berat sampel

Derajat substitusi dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$DS = \left[ \frac{162 \times \% \text{asetil}}{43} \right] \left[ \frac{100 - \frac{42 \times \% \text{asetil}}{43}}{43} \right]$$

### **Sintesis membran selulosa asetat**

Sintesis membran selulosa asetat menggunakan metoda yang telah dilakukan oleh Apriyani et al., (2018) dan Rachmawaty et al., (2013). 3 Buah beker gelas ukuran 25 mL dimasukan masing - masing 0,3 gram Poli Vinil Clorida (PVC) kemudian dilarutkan dengan 10 mL Tetra hidro Furan lalu ditambahkan 15 tetes Dope, aduk hingga larut. Setelah itu, masukan selulosa asetat dengan variasi berat 0,1, 0,15, dan 0,2 gram dimasukan magnetik stirer dan tutup rapat. Lalu diaduk selama 4 jam. Setelah 4 jam dituang kedalam petridish diamkan selama 1 jam untuk menghilangkan udara yang ada pada larutan.. Setelah terbentuk membran, lalu diuji, permeabilitas dan selektivitas membran. Hal yang sama dilakukan untuk 0,4 gram Poli Vinil Clorida (PVC).

### **Karakterisasi membran selulosa**

- 1) Penentuan permeabelitas membran (Fluks) (Bokau, 2013)

Membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala yang telah kering, selama 1 jam pada suhu 40°C, membran dipotong dengan ukuran 2 × 2 cm. Dimasukan kedalam kolom yang

digunakan. Pengukuran fluks dilakukan dengan cara menampung permeat yang keluar melalui membran selama 1, 3 dan 5 menit. Fluks dihitung dengan menggunakan rumus :

$$J = \frac{V}{A \times t}$$

V = Volume permeat (Liter)

J = Nilai fluks ( L.m<sup>-2</sup>.jam<sup>-1</sup>)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

t = waktu (jam)

## 2) Penentuan nilai rejeksi

Larutan zat warna tatrazin 1000 ppm dibuat dengan mengambil 1 gram serbuk tatrazin yang kemudian dilarutkan dalam 1000 mL akuades. Larutan zat warna tatrazin 1000 ppm dijadikan sebagai larutan induk. Selanjutnya dibuat larutan stok 100 ppm yang diambil dari larutan induk 1000 ppm. Larutan standar 0 ; 2,5 ; 5 ; 7,5 ; 12,5 ppm dibuat dengan menggunakan rumus pengenceran dari larutan stok 100 ppm. Selanjutnya permeat dari proses penyerapan membran pada pengujian fluks dianalisis menggunakan spektrofotometer UV/Vis pada  $\lambda = 427$  nm. Persen (%) rejeksi Tatrazin dihitung menggunakan perbandingan konsentrasi permeat (C<sub>p</sub>) dan umpan (C<sub>f</sub>) sebagai berikut :

$$\text{Nilai rejeksi (R)} = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\%$$

Atau

$$\text{Nilai rejeksi (R)} = \frac{C_f - C_p}{C_f} \times 100\%$$

$C_p$  = Konsentrasi permeat (ppm)

$C_f$  = Konsentrasi larutan umpan (ppm)

3) Penentuan derajat swelling (Hartanto dkk, 2007)

Membran selulosa asetat yang telah dikeringkan pada suhu 40°C selama 1 jam, ditimbang berat kering (D). Kemudian direndam dalam akuades selama 24 jam. Setelah 24 jam, membran dikeringkan dengan tisu, diperoleh berat basah (W). Diperoleh derajat swelling sebagai berikut :

$$\text{Derajat swelling} = \frac{W - D}{D} \times 100\%$$

4) Penentuan stabilitas membran

Membran dikeringkan pada suhu 40°C selama 1 jam, ditimbang berat keringnya ( $W_o$ ), kemudian direndam dengan larutan asam sulfat 5 N selama 24 jam. Setelah 24 jam, membran dikeringkan dengan tisu, diperoleh berat basah ( $W_t$ ). Sehingga diperoleh nilai stabilitas membran dalam pelarut asam sebagai berikut :

$$\text{Stabilitas} = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100\%$$

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pemanfaatan limbah cangkang biji pala sebagai membran selulosa asetat ini, dilakukan beberapa tahapan berupa ekstraksi dan isolasi selulosa dari limbah cangkang biji pala, sintesis selulosa yang telah diisolasi menjadi selulosa asetat, selulosa asetat yang terbentuk dijadikan membran dengan beberapa variasi pelarut dan pemplastis.

#### **A. Isolasi selulosa limbah cangkang biji pala**

Pada proses isolasi selulosa dari limbah cangkang biji pala terlebih dahulu dilakukan preparasi, berupa pembersihan pengeringan dan penghalusan ukuran cangkang biji pala. Pembersihan dan pengeringan bertujuan menghilangkan material - material yang tidak dibutuhkan dan berbahaya ketika proses isolasi. Penghalusan ukuran cangkang biji pala dilakukan menggunakan mesh 100. Tujuan dari proses penghalusan berpengaruh pada proses ekstraksi selulosa, ukuran partikel sampel limbah cangkang selulosa yang semakin kecil menyebabkan jumlah selulosa yang terekstrak semakin banyak sehingga rendemen yang dihasilkan juga tinggi. Selain itu, ukuran partikel dari sampel juga menentukan jumlah lignin dan hemiselulosa yang dilepaskan. Setelah dilakukan preparasi dan penghalusan limbah cangkang biji pala, dilakukan proses ekstraksi dan isolasi dari limbah cangkang biji pala tersebut. Proses ekstraksi yang dilakukan dengan metode sokletasi dengan pelarut yang digunakan pelarut Toluene : etanol dengan tujuan untuk memisahkan selulosa, lignin dan hemiselulosa. Setelah selesai proses sokletasi lalu dilanjutkan isolasi selulosa dengan beberapa tahapan bleaching, hidrolisis dan lignifikasi. Tahapan selanjutnya dilakukan analisis selulosa yang diperoleh berupa penentuan kadar air, kadar abu, kadar selulosa

rendemen yang diperoleh. Hasil analisis selulosa yang diperoleh dipaparkan pada Tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1.** Analisis kimia selulosa limbah cangkang biji pala

<b>Parameter analisis</b>	<b>Komposisi (%)</b>
<b>Rendemen (%)</b>	35,36
<b>Kadar selulosa (%)</b>	5,29%
<b>Rata-rata Kadar air (%)</b>	15,55%
<b>Rata-rata kadar abu (%)</b>	3,04%

Tabel 1 memaparkan nilai masing - masing analisis yang dilakukan. Rendemen yang dihasilkan dari proses isolasi selulosa asetat sekitar 35,36%. Hasil yang diperoleh masih tergolong rendah, dikarenakan penggunaan pelarut pada proses isolasi selulosa. Isolasi selulosa dari limbah cangkang biji pala dapat menggunakan pelarut asam atau pelarut basa, pada penelitian ini digunakan pelarut asam dan belum dicoba membandingkan dengan pelarut basa. Rendemen selulosa yang tergolong rendah ini dikarenakan pelarut NaOH yang digunakan memiliki konsentrasi yang rendah yaitu NaOH 5%. Menurut Asmoro dkk, (2018) sedikit atau banyak nya selulosa yang dihasilkan tergantung pada konsentrasi dari pelarut NaOH pada proses delignifikasi. Hal ini dikarenakan, NaOH memiliki kemampuan melepaskan inkatan selulosa dari lignin, pektin, hemiselulosa. Dikarenakan konsentrasi NaOH yang digunakan sebanyak 5% yang bisa di katakan konsentrasi NaOH yang rendah, sehingga rendemen selulosa yang dihasilkan rendah.

Fithriani, (2007) mendeskripsikan bawah kadar air selulosa adalah jumlah air yang masih berada dalam rongga intraseluler antar partikel pada saat pengeringan berlangsung. Gugus hidroksil yang bebas dari selulosa dapat mnyerap kelembaban yang ada di udara, sehingga mencapai titik

ekuilibrium yang meningkat seiring dengan meningkatnya kelembaban. Struktur selulosa dapat menyerap air yang ada dilingkungannya atau bisa dikatakan bersifat higroskopis, namun tidak mengubah struktur dari selulosa tersebut. Akan tetapi molekul air yang diserap oleh selulosa menyebabkan struktur selulosa tersebut mengembang. Meskipun struktur selulosa yang mengembang namun selulosa tidak larut dalam air. Kadar air yang diperoleh dari proses penelitian isolasi selulosa dari limbah cangkang biji pala rata-rata sekitar 15,55%. Kadar air yang dihasilkan cukup tinggi, dikarenakan proses pengeringan yang belum maksimal sehingga masih banyak molekul air yang terperangkap dalam selulosa. Pengeringan hasil isolasi selulosa dilakukan dilakukan pada suhu 60°C selama 24 jam. Proses pengeringan yang dilakukan menggunakan oven pada suhu 60°C dilakukan untuk menghindari reaksi pencoklatan yang terjadi pada saat pengeringan apabila menggunakan suhu diatas 60°C. Proses perubahan warna yang terjadi pada saat pengeringan akan merusak struktur selulosa.

Abu merupakan residu senyawa anorganik yang berasal dari proses pembakaran atau proses oksidasi senyawa organik yang terdapat pada material biomassa. Dengan kata lain kadar abu merupakan total dari mineral yang terkandung dalam suatu bahan. Mineral merupakan unsur kimia yang terdapat pada suatu material selain karbon, oksigen, nitrogen, dimana kandungan tersebut dibutuhkan oleh tubuh. Apabila kadar abu pada material tergolong tinggi menandakan material tersebut memiliki kualitas yang kurang baik (Wardhana dkk, 2019). Kadar abu dari selulosa limbah cangkang biji pala yang dihasilkan rata-rata 3,04%. Kadar abu yang dihasilkan dapat dikatakan cukup tinggi, disebabkan karena mineral yang terkandung pada limbah cangkang biji pala memiliki kandungan mineral yang tinggi.

Selulosa merupakan serat yang ada pada tanaman berwarna putih, tidak larut dalam air baik dalam air panas maupun air dingin, tidak larut juga dalam alkali ataupun pelarut netral lainnya seperti benzen dan alkohol. Selulosa juga merupakan komponen utama dalam penyusun dinding sel tanaman. Selulosa dapat berikatan dengan lignin maupun hemiselulosa sehingga untuk pemisahan selulosa diperlukan proses delignifikasi. Proses delignifikasi dilakukan dengan menambahkan asam maupun basa agar senyawa lignin dapat larut (Saenuddin dkk, 2020).. Proses delignifikasi yang dilakukan menggunakan pelarut NaOH 5%. Lignin dengan selulosa saling terikat kuat dikarenakan kedua senyawa tersebut merupakan struktur amorf dengan ikatan glikosida sehingga apabila ingin memisahkan lignin dengan selulosa perlu proses delignifikasi dengan pelarut asam atau basa kuat. Proses isolasi selulosa dari limbah cangkang biji pala ini menggunakan metode ekstraksi sokletasi, dimana hasil ekstraksi yang diperoleh berupa bubuk warna coklat kehitaman. Warna coklat kehitaman ini disebabkan karena senyawa lignin dan hemiselulosa yang masih terdapat pada hasil ekstrak limbah cangkang biji pala tersebut, sehingga butuh proses Bleaching (pemutihan) menggunakan Natrium hipoklorit (NaOCl) 3%. Natrium hipoklorit ini berfungsi untuk proses oksidasi lignin yang akan memutuskan ikatan yang terdapat pada lignin. Proses pemutihan ekstrak limbah cangkang biji pala menghasilkan warna putih agak kecoklatan. Hasil isolasi selulosa menghasilkan kadar selulosa sebanyak 5,29%. Kadar selulosa yang dihasilkan cukup rendah. Hal ini dikarenakan limbah cangkang biji pala memiliki serat yang rendah. Permata, dkk (2018) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi pelarut yang digunakan pada proses delignifikasi semakin banyak selulosa yang terlepas dari ikatan ligniselulosa dan mempermudah larutnya senyawa lignin.

Pada penelitian ini menggunakan pelarut NaOH. Partikel NaOH masuk kedalam ikatan ligniselulosa dan memecahkan struktur ligin, semakin banyak struktur ligin yang terpecah maka semakin banyak selulosa yang terbentuk. Selain itu, suhu juga mempengaruhi sedikit banyaknya selulosa yang terbentuk. Apabila suhu yang digunakan terlalu tinggi membetuk senyawa asam organik yang akan berikatan dengan pelarut sehingga pelarut tidak mampu memecahkan struktur lignin (Lismeri dkk, 2017). Pada penelitian ini menggunakan pelarut NaOH 5% dimana konsentrasi NaOH tersebut konsentrasi yang kecil, dengan konsentrasi pelarut NaOH 5% tersebut membuat struktur lignin yang berikatan pada limbah cangkang biji pala sedikit larut dan ikatan ligin selulosa sukar untuk putus, sehingga menjadikan selulosa yang terbentuk juga sedikit.

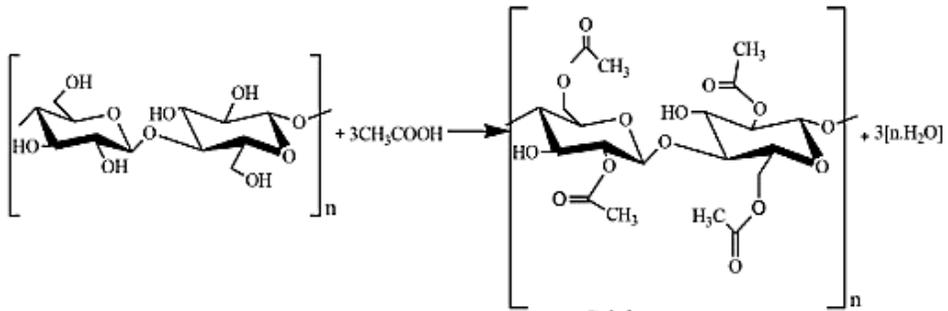
#### **B. Sintesis selulosa asetat limbah cangkang biji pala**

Proses asetilasi merupakan salah satu tahapan dalam proses sintesis selulosa asetat dari cangkang biji pala. Proses sintesis ini menggunakan asam asetat anhidrida dan katalis asam sulfat pekat.

Selulosa asetat merupakan turunan selulosa dari asam organik, asam asetat. Selulosa asetat dalam pengaplikasiannya memiliki nilai komersial yang tinggi. Hal ini dikarenakan selulosa asetat memiliki sifat fisik dan optik yang baik. Salah satu aplikasi selulosa asetat dapat berupa serat nya yang digunakan pada industri tekstil, filter rokok, plastik, film fotografi, pelapis kertas dan membran. Selain itu, selulosa asetat juga peka terhadap suhu alir yang tinggi dan dapat menjadi bahan plasticizer yang baik. Selulosa asetat memliki ciri berupa padatan, berwarna putih, tidak berbau, tidak berasa dan beracun, memiliki kandungan asetil 37 - 40,%, dapat larut dalam aseton, termoplastik, stabil dan tahan pada bentuk lapisan plastik (Wahyuni dkk, 2017).

Selulosa asetat dapat digolongkan menjadi tiga golongan diantaranya monoasetat, diasetat dan triasetat. Selulosa monoasetat adalah selulosa asetat yang memiliki satu gugus asetil yang tersubsitusi pada struktur selulosa, sedangkan selulosa diasetat adalah jenis selulosa asetat yang memiliki dua gugus asetil yang tersubsitusi pada struktur selulosa, dan triasetat adalah selulosa asetat yang memiliki tiga gugus asetil yang tersubsitusi pada selulosa. Jenis selulosa asetat yang terbentuk dari proses asetilasi ditentukan berdasarkan perhitungan kadar asetil yang dihasilkan. Proses asetilasi merupakan suatu proses sintesis selulosa asetat yang mengikutsertakan larutan asam asetat dan katalis asam sulfat. Penentuan kadar asetil didasari pada reaksi saponifikasi, dimana reaksi ini merupakan reaksi antara basa dari ester asetat membentuk sabun dan asam asetat.

Pada penelitian ini, limbah cangkang biji pala yang disintesis menjadi selulosa asetat merujuk kepada metode Meireles dkk, (2010) dengan sedikit dilakukan modifikasi. Perlakuan yang dilakukan pertama kali dengan perendaman sampel menggunakan asam asetat, dimana tujuan dilakukan perendaman untuk mendapatkan luas permukaan selulosa yang besar dan meminimalisir ikatan intramolekuler hidrogen sehingga mudah mengalami difusi asetat anhidrida sebagai reagen esterifikasi pada serat selulosa. Asam asetat anhidrida mengalami protonisasi dengan adanya asam sulfat sehingga menghasilkan ion karbium. Ion karbium yang dihasilkan akan bereaksi dengan selulosa menghasilkan selulosa asetat (Nurhayati dkk, 214). Reaksi sintesis selulosa asetat dari selulosa dan asam asetat dapat dilihat pada Gambar 5.

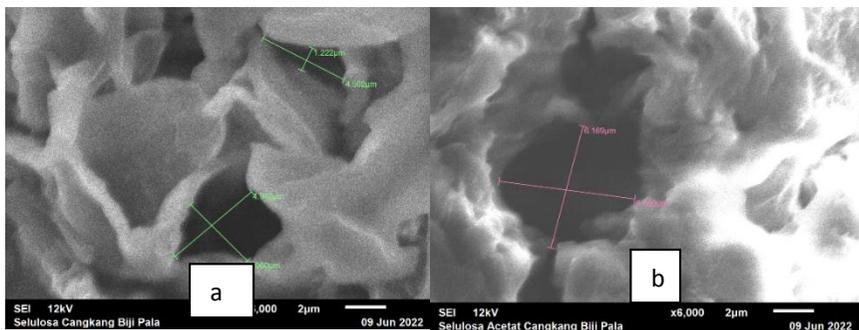


**Gambar 5.** Reaksi sintesis selulosa asetat (Nurhayati, dkk 2014)

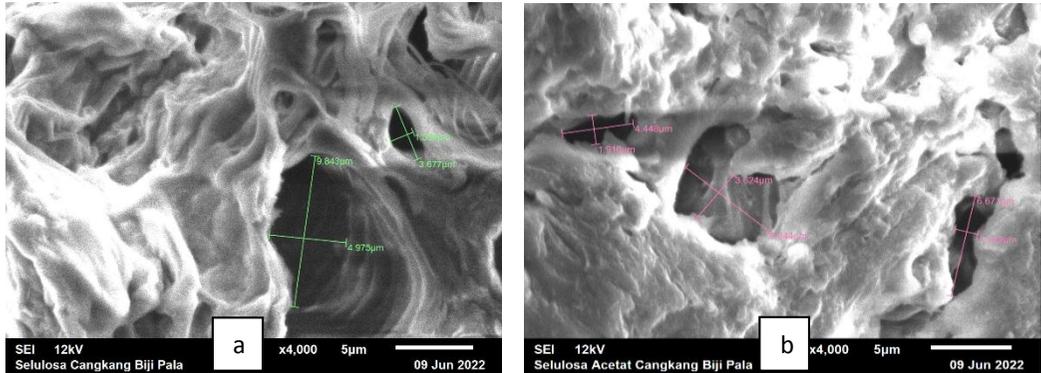
Lismeri dkk,(2016) menyebutkan bahwa selulosa asetat dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan derajat substitusinya, diantaranya Mono asetat memiliki derajat substitusi antara 0 -2 dengan kadar asetil < 36,5%, diasetat memiliki derajat substitusi antara 2,0 – 2,8% dengan kadar asetil 36,5% - 42,5%, selanjutnya triasetat memiliki derajat substitusi 2,8 – 3,9% dengan kadar asetil 43,5% - 44,8%. Penelitian yang diperoleh dari proses asetilasi pada sintesis selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala menghasilkan kadar asetil sebesar 39,18% sedangkan Derajat substitusi sebesar 2,65%. Hasil yang diperoleh berdasarkan literatur, kadar asetil dan derajat substitusi selulosa asetat yang dihasilkan termasuk kedalam golongan diasetat. Kadar asetil yang dihasilkan berbanding lurus dengan derajat substitusi yang diperoleh (Shouhoka dkk, 2018).

### C. karakterisasi selulosa dan selulosa asetat limbah cangkang biji pala

#### 1) Sem



**Gambar 6.** Permukaan a) selulosa dan b) selulosa asetat dari limbah biji pala menggunakan SEM dengan perbesaran 6000 x



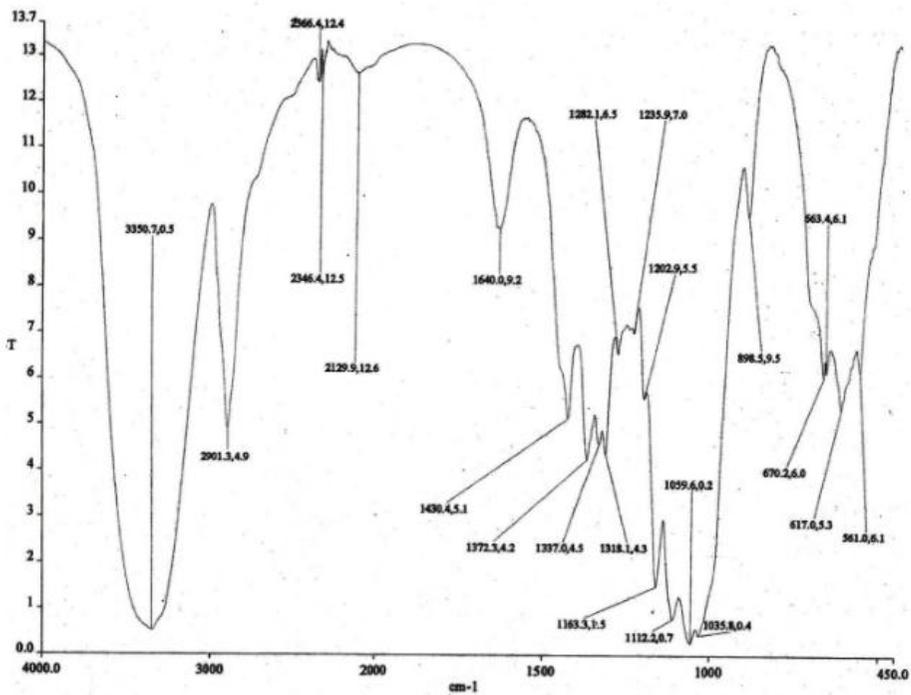
**Gambar 7.** Permukaan a) selulosa dan b) selulosa asetat dari limbah biji pala menggunakan SEM dengan perbesaran 4000 x

Pengamatan morfologi dari selulosa dan selulosa asetat dari Gambar 6 dan 7. Gambar 6 merupakan penampang dari morfologi selulosa dan selulosa asetat dengan perbesaran 6000 kali dan Gambar 7 perbesaran 4000 kali. Gambar 6a dapat dilihat permukaan dari selulosa tidak rata tapi berbentuk seperti kepingan-kepingan dengan ukuran pori  $\pm 2\mu\text{m}$ , sedangkan untuk selulosa asetat permukaan yang dapat dilihat pada Gambar 6b. Gambar 6b terlihat permukaan yang berbentuk gumpalan dengan ukuran pori  $\pm 2\mu\text{m}$ . Morfologi dari selulosa dan selulosa asetat dengan perbesaran 4000 kali dapat dilihat dari Gambar 7. Gambar 7a merupakan penampakan morfologi selulosa, dimana permukaan yang tidak rata dan bergelombang. Ada pengumpulan serat yang tidak baik. Ukuran pori yang dihasilkan  $\pm 5\mu\text{m}$ . Gambar 7b penampakan morfologi dari selulosa asetat dengan ukuran pori dihasilkan  $\pm 5\mu\text{m}$ .

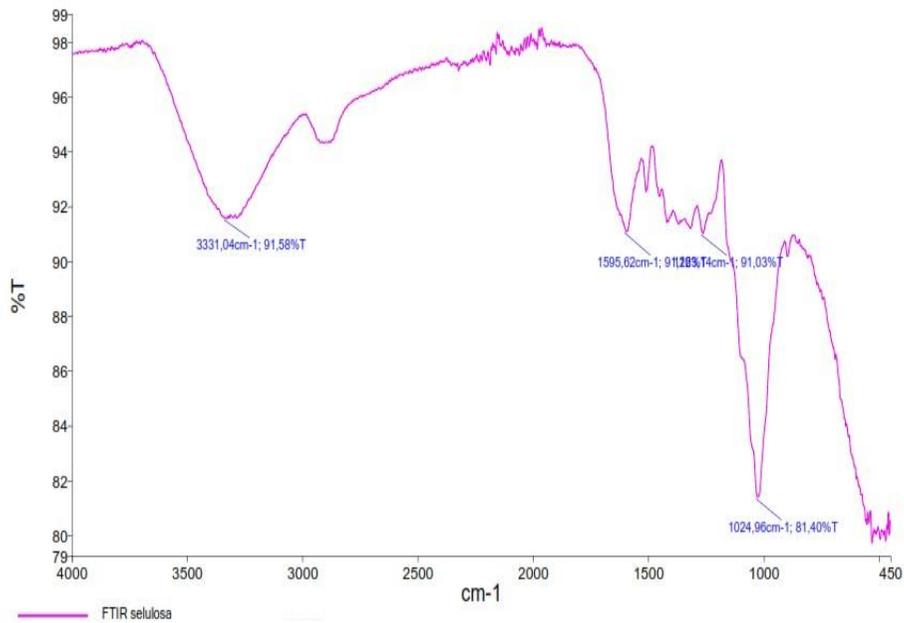
## 2) FTIR

### a) Spektum FTIR dari Selulosa

Analisis FTIR merupakan salah satu metode analisis secara kualitatif, dimana spectrum yang dihasilkan berupa pembacaan bilangan gelombang gugus fungsi dari suatu senyawa. Bilangan gelombang spesifik dari suatu gugus fungsi akan dicocokkan dengan bilangan gelombang pada spectrum dengan teori daerah serapan IR khusus gugus penyusun selulosa. Gugus penyusun selulosa secara teori dibandingkan dengan gugus penyusun selulosa standar dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Spektrum FTIR selulosa standar (Monariqsa dkk, 2012)



**Gambar 9.** Spektrum FTIR selulosa dari limbah cangkang biji pala

Beberapa penelitian telah melakukan isolasi selulosa dari berbagai biomassa, seperti yang dilakukan oleh Nurmilasari (2021) melakukan isolasi selulosa dari serat sagu. Hasil pembacaan spectrum FTIR yang dilakukan terdapat gugus fungsi yang menandakan adanya selulosa. Daerah serapan bilangan gelombang 3435, 22  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan gugus hidroksi (-O-H), daerah serapan bilangan gelombang 2920.23  $\text{cm}^{-1}$  merupakan gugus fungsi dari -C-H dan daerah serapan -C-O terdapat pada bilangan gelombang 1163,08  $\text{cm}^{-1}$  serta daerah serapan bilangan gelombang 1028,78  $\text{cm}^{-1}$  merupakan gugus fungsi dari C-O-C. Khasana dkk, (2017) melakukan isolasi selulosa dari daun nanas dilakukan identifikasi gugus selulosa, pada bilangan gelombang 3444,87  $\text{cm}^{-1}$  mencirikan pada gugus O-H ulur, 1373,32  $\text{cm}^{-1}$  mencirikan gugus -CH tekuk dan 1062,78  $\text{cm}^{-1}$  merupakan -C-O ulur. Gambar 8 adalah spectra FTIR dari standar selulosa murni dimana menurut Pavia dkk, (2019) serapan

gugus O-H pada bilangan gelombang 3650 – 3200  $\text{cm}^{-1}$  dengan intensitas kuat, C-H ulur berada ada daerah 3000-2850  $\text{cm}^{-1}$ , CH<sub>2</sub> tekuk 1465  $\text{cm}^{-1}$ , daerah serapan C- O berada pada daerah serapan 1300 – 1110  $\text{cm}^{-1}$  dan daerah serapan dari gugus C= C berada pada 1680 – 1620  $\text{cm}^{-1}$ . Untuk gugus C=O berada pada daerah serapan 1850-1630  $\text{cm}^{-1}$  dan gugus C-O-C berada pada daerah serapan 1200 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ . Kamal dkk, (2014) menyatakan karakteristik ikatan selulosa pada spektrum serapan dibilangan gelombang 3400 – 3500  $\text{cm}^{-1}$  adalah gugus O – H yang corresponding pada daerah fingerprint memberikan puncak pada bilangan gelombang 1400  $\text{cm}^{-1}$  merupakan CH<sub>2</sub> bending. Mohadi dkk, (2014) menyampaikan bahwa gugus yang berada pada kisaran 1282 – 1035  $\text{cm}^{-1}$  merupakan gugus C – O yang berfungsi sebagai penghubung rantai karbon dalam senyawa selulosa. Bilangan gelombang pada daerah 1159,22 – 1033,85  $\text{cm}^{-1}$  merupakan gugus C –O –C (Fan dkk, 2012). Gambar 6 spectrum FTIR selulosa dari limbah cangkang biji pala diatas terdapat gugus fungsi yang merupakan ciri khas selulosa. Gugus fungsi –OH terdapat pada bilangan gelombang 3331,04  $\text{cm}^{-1}$ , C- H terdapat pada daerah serapan dengan bilangan gelombang 2871,29  $\text{cm}^{-1}$  dan C – O pada daerah serapan dengan bilangan gelombang 1024,96  $\text{cm}^{-1}$  dan daerah serapan 1595,62  $\text{cm}^{-1}$  menandakan serapan dari gugus C=C. Hal ini sesuai dengan yang telah disampaikan oleh Nurjanah dkk, (2020) gugus fungsi yang menandakan adanya selulosa berupa adanya gugus O-H, -C-H dan -C-O glikosidik. Serapan gugus ulur C=C terbaca pada daerah bilangan gelombang 1460,06  $\text{cm}^{-1}$ , 1503,19  $\text{cm}^{-1}$  dan 1583,86  $\text{cm}^{-1}$  (Lionetto dkk, 2012), sedangkan Sopiiah dkk, (2015) memaparkan bahwa gugus cincin aromatic C=C tampak pada daerah serapan 1500 – 1600  $\text{cm}^{-1}$ . Serapan C-O-C yang mengidentifikasi lignin tampak pada bilangan gelombang 1260,54  $\text{cm}^{-1}$ , 1124,60  $\text{cm}^{-1}$  dan 1031,30  $\text{cm}^{-1}$  (Fan dkk, 2012). Nurmilasari, (2021) melakukan ekstraksi selulosa dari serat

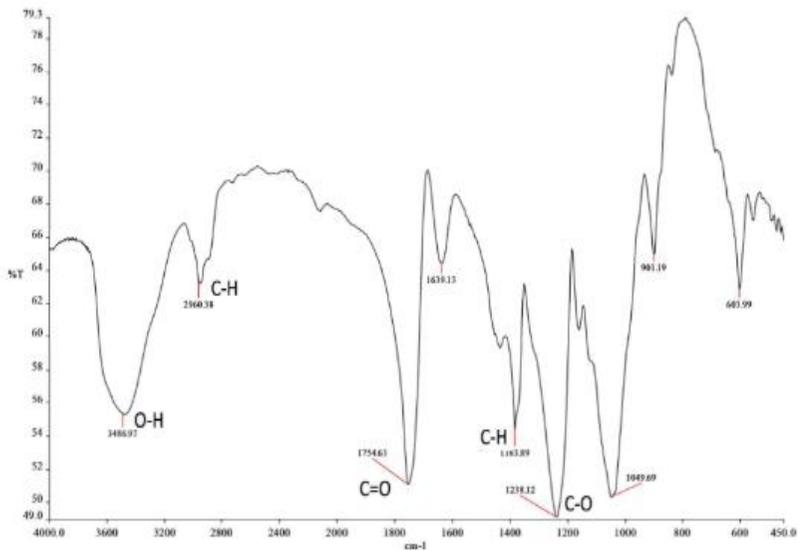
sagu, menghasilkan spectrum FTIR pada daerah serapan 1734, 01  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan gugus karbonil C=O, gugus tersebut menandakan adanya hemiselulosa. Hal ini juga diperkuat oleh Fan dkk (2012) yang menemukan gugus C=O pada daerah serapan 1742,53  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan gugus penyusun hemiselulosa. Pita serapan spektum FTIR dari selulosa limbah cangkang biji pala dan selulosa standar dapat dibaca pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pita serapan spectrum FTIR dari selulosa limbah cangkang biji pala dan selulosa standar

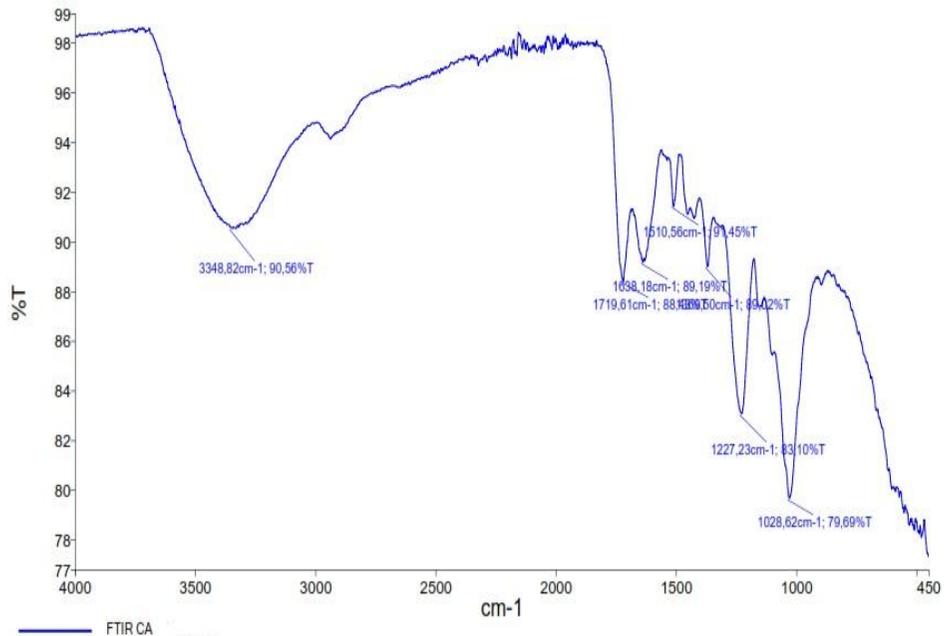
Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )		Gugus Fungsional
Selulosa standar	Selulosa limbah cangkang biji pala	
3350,7	3331,04	O-H
2901,3	2871,29	C-H
1035,3	1024,96	C-O
1430,4	-	C-H bend
1059,6	-	C-O-C

#### b) Spektrum FTIR dari selulosa asetat

Hasil analisis dari pengukuran Spektra FTIR selulosa asetat limbah cangkang biji pala yang kemudian dibandingkan dengan spektra FTIR dari selulosa asetat komersil dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.



**Gambar 10.** Spektrum FTIR selulosa asetat komersil (Nurhayati & Kusumawati, 2014)



**Gambar 11.** Spektrum FTIR dari selulosa asetat limbah c angkang biji pala

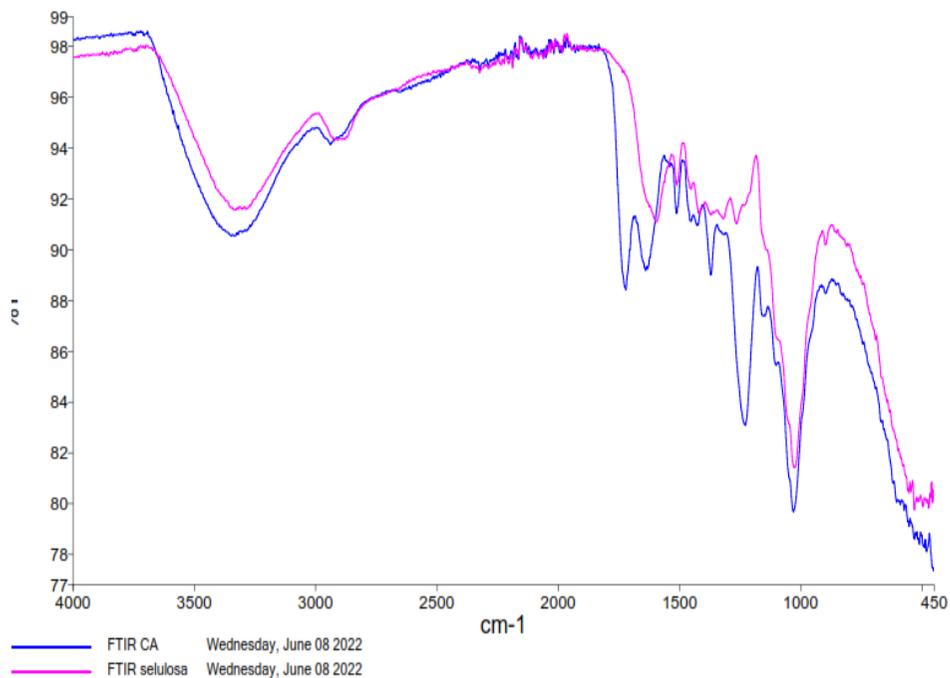
Gambar 10 memperlihatkan spektrum FTIR dari selulosa asetat komersil yang dikutip dari Nurhayati & Kusumawati, (2014). Pada gambar 10 yang merupakan spektrum FTIR dari selulosa asetat komersi, dimana gugus O-H terdapat pada daerah serapan di  $3486,97\text{ cm}^{-1}$ , C-H terdapat pada daerah serapan  $2960,38\text{ cm}^{-1}$ , untuk gugus karbonil C=O terdapat didaerah sekitar  $1754,63\text{ cm}^{-1}$ , gugus ester dari C- O dari asetil terdapat pada daerah sekitar bilangan gelombang  $1238,12\text{ cm}^{-1}$ . Hal yang sama juga ada pada spektrum FTIR limbah cangkang biji pala yang ada pada Gambar 11. Gugus O-H terdapat pada daerah serapan  $3348,82\text{ cm}^{-1}$ , gugus dari serapan C-H tekuk terdapat pada bilangan gelombang  $1369,50\text{ cm}^{-1}$ . Gugus karbonil C=O yang merupakan ciri dari selulosa asetat terdapat pada bilangan gelombang  $1638,18 - 1719,61\text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan gugus ester dari asetil terdapat pada bilangan gelombang  $1227,23\text{ cm}^{-1}$ . Gugus O-H yang terdapat pada selulosa asetat komersil dan selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala memiliki perbedaan yang sangat tajam. Dimana gugus O-H dari limbah cangkang biji pala memiliki puncak yang lebar, tajam dibandingkan dari selulosa asetat murni. Hal ini dikarenakan gugus hidroksil dari selulosa yang tidak tersubsitusi oleh gugus asetil. Akibat dari masih adanya kandungan air pada bahan pada proses pengeringan yang tidak sempurna (Widayani, 2013). Untuk melihat perbandingan selulosa asetat komersil dengan selulosa asetat yang terbentuk dari limbah cangkang biji pala dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil spektrum FTIR selulosa asetat komersil dan selulosa asetat limbah cangkang biji pala

Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )		Gugus Fungsional
Selulosa standar	asetat	Selulosa asetat limbah cangkang biji pala

3486,97	3348,82	O-H
2960,38	-	C-H
1754,63	1719,61	C=O
1238,12	1227,23	C-O asetil
1383,89	1369,50	C-H tekuk
1049,69	1028,62	C-O ulur

Hasil spektrum selulosa dan selulosa asetat yang dapat dibandingkan terdapat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Spektrum FTIR dari selulosa dan selulosa asetat limbah cangkang biji pala

Gambar 12 merupakan perbandingan spektrum FTIR dari selulosa dan selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala. Spektrum FTIR selulosa dan selulosa asetat terlihat gugus O-H pada bilangan gelombang 3331,04  $\text{cm}^{-1}$  lalu

selulosa digantikan dengan gugus asetil sehingga gugus O-H pada selulosa asetat menjadi 3348,82 cm<sup>-1</sup>. Intensitas puncak serapan gugus hidroksil pada selulosa asetat seharusnya menurun dibandingkan dengan selulosa, tapi pada intensitas puncak serapan gugus asetil meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa selulosa telah berubah menjadi selulosa asetat. Perbandingan hasil analisis spektrum FTIR selulosa dan selulosa asetat dapat dilihat pada Tabel 4.

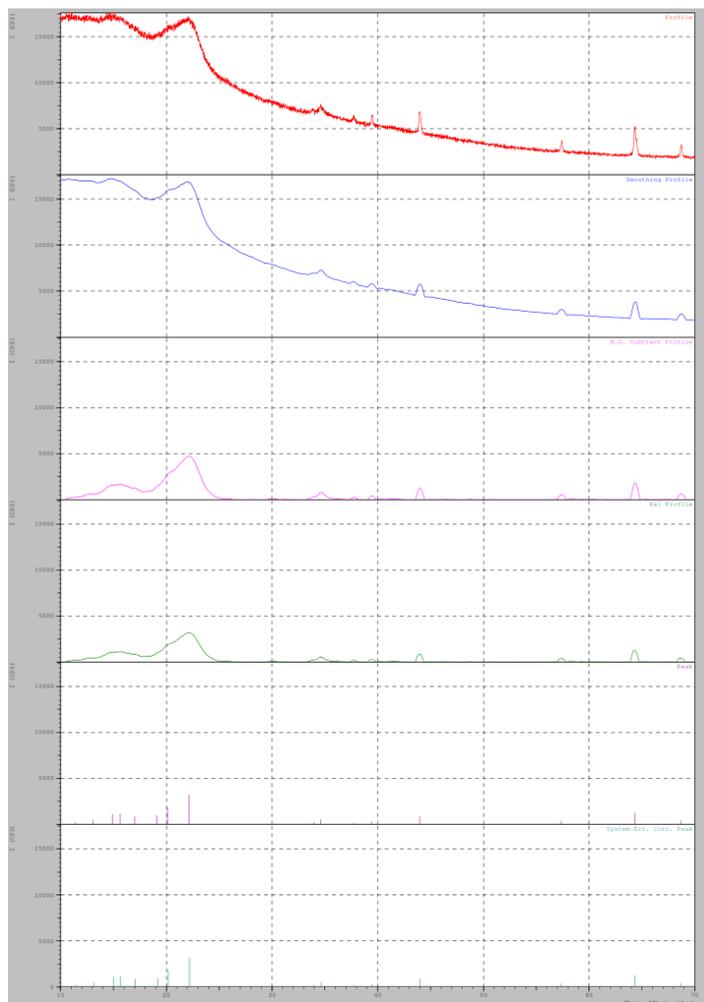
**Tabel 4.** Hasil spectrum FTIR selulosa dan selulosa asetat limbah cangkang biji pala

Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )		Gugus Fungsional
Selulosa	Selulosa asetat	
3331,04	3348,82	O-H
2871,29	-	C-H
-	1719,61	C=O
-	1227,23	C-O asetil
-	1369,50	C-H tekuk
1024,96	1028,62	C-O ulur

### 3) X-Ray Difrraction (XRD)

Analisis selulosa menggunakan X-Ray Difrraction (XRD) dari sampel limbah cangkang biji pala dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari selulosa yang terbentuk. Prinsip kerja yang terdapat pada analisis XRD ini apabila sinar monokromatis mengenai suatu material yang berbentuk kristal, maka sinar monokromatis tersebut memantulkan dan menghamburkan sinar ke segala arah. Namun, pada saat interferensi hanya memantulkan sinar satu fasa, maka menghasilkan pantulan ke arah tertentu. Sehingga pantulan dan interferensi tersebut digabungkan menghasilkan difraksi (Pratiwi, 2016). Hasil karakterisasi X-Ray Difrraction (XRD) dapat dilihat pada Gambar 13.

Dari Gambar 13 dapat dilihat hasil yang diperoleh berupa sudut  $2\theta = 22.2111^\circ$ . Pada puncak  $2\theta = 22,2111^\circ$  diperoleh jarak antar bidang difraksi untuk indeks miller (210) sebesar  $2,26940 \text{ \AA}$  dengan indeks kristalinitas sebesar 96% dan ukuran kristal  $0,5292 \text{ nm}$ . Semakin besar persentase derajat kristalinitas maka puncak yang dihasilkan semakin tinggi dan jauh dari sifat *amorf* (Nurlia *et al.*, 2020). Puncak selulosa yang khas muncul dalam kisaran  $2\theta$  yaitu  $15^\circ$  dan  $22^\circ$  (Chandra, Goerge and Narayankutty, 2016).



**Gambar 13.** Difraktogram XRD selulosa dari limbah cangkang biji pala

#### D. Karakterasi membran selulosa asetat

Membran merupakan lapisan tipis semipermeabel yang proses pemisahannya berdasarkan sifat fisiknya. Membran pada dasarnya merupakan pemindahan materi secara selektif yang disebabkan karena adanya gaya yang berhubungan dengan parameter tertentu antara dua media yang dipisahkan yang disebabkan karena perbedaan potensial listrik, kimia dan tekanan (Prasetyo, Adiarto & Soedjono, 2003). Teknik pembuatan membran umumnya terjadi melalui proses polimerisasi dari bahan dasar membran itu sendiri sehingga memiliki berat molekul yang besar, memiliki rongga antar rantai polimer yang membentuk pori. Membran yang dihasilkan dari teknik pembuatan membran tersebut diharapkan memiliki permeabilitas (fluks) dan selektifitas (rejeksi) yang tinggi (Prasetyo, Adiarto & Soedjono, 2003).

Salah satu teknik pembuatan membran yang sering digunakan adalah teknik inversi fasa. Teknik inversi fasa ini akan menghasilkan membran yang berpori. Penelitian yang dilakukan ini, adalah pembuatan membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala dengan menggunakan teknik inversi fasa dan poli vinil klorida (PVC) sebagai bahan pembentuk membran dan tetra hidrofurat sebagai pelarut. Adapun variasi komposisi bahan pembentuk membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Komposisi dan variasi bahan pembentuk membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala

Kode Sampel	Berat Poli Vinil Klorida	Berat Selulosa Asetat (gram)	Tetra Hidro Furan (THF) (mL)	Dope (Tetes)
-------------	--------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------

	(PVC) (gram)			
1	0,3	0,1	10	15
2	0,4	0,1	10	15
3	0,3	0,2	10	15
4	0,4	0,2	10	15
5	0,3	0,15	10	15
6	0,4	0,15	10	15

Tabel 5. Memberikan gambaran terkait dengan komposisi bahan dari membrane selulosa asetat yang dibuat. Variasi dari komposisi membran selulosa asetat tersebut berbeda-beda sehingga mempengaruhi proses kinerja dari membrane tersebut. Bahan yang digunakan dalam pembuatan membrane diantaranya adalah poli vinil klorida (PVC) yang kegunaannya bertujuan untuk memperkuat sifat mekanik dari membrane selulosa asetat sehingga membrane tersebut tidak mudah robek. Dikarenakan sifat dari poli vinil klorida (PVC) yang kaku dan keras ditambahkan larutan dope dengan tujuan membran yang dihasilkan memiliki sifat yang lentur, elastis dan memudahkan partikel dari selulosa asetat masuk kedalam rantai polimer PVC. Selain itu juga, variasi dari selulosa yang ditambahkan juga berpengaruh terhadap kemampuan daya serap dari membran yang dihasilkan (Thaiyibah, Alimuddin & Panggabean, 2016).

## 1) Penentuan permeabilitas (Fluks) dan Rejeksi membran

Fluks merupakan jumlah volume dari permeat yang melewati satu satuan luas permukaan membran dengan waktu tertentu yang dipengaruhi oleh adanya tekanan. Sehingga suatu nilai fluks dipengaruhi oleh komposisi membran dan tekanan (Supriyadi dkk, 2013). Suatu volume dari permeat yang melewati membran selulosa asetat dipengaruhi oleh komposisi atau jumlah selulosa asetat. Semakin besar jumlah komposisi selulosa asetat yang terdapat pada membran semakin kecil nilai fluks yang dihasilkan. Semakin besar jumlah komposisi selulosa asetat semakin kecil ukuran pori pada permukaan membrane atau semakin sedikit jumlah pori yang terbentuk pada permukaan membran. Sebaliknya, semakin besar komposisi jumlah dari selulosa asetat semakin besar pula nilai rejeksi yang dihasilkan (Silvia dkk, 2016). Nilai fluks dan rejeksi dari membrane selulosa asetat limbah cangkang biji pala dapat dilihat pada Tabel 6.

Pengukuran nilai fluks memiliki tujuan untuk melihat porositas membran, baik bentuk pori maupun ukuran pori. Semakin besar porositas maka nilai fluks dan laju alir dari membran makin besar. Nilai fluks terbesar terdapat pada membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala nomor 6 dengan waktu 1 menit. Komposisi yang terdapat pada membrane selulosa nomor 6 diantara PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,15 gram (dapat dilihat pada Tabel 4) dengan nilai fluks 7,81 L/m<sup>2</sup>.jam. Hal ini disebabkan komposisi polimer yang terdapat pada membrane yang sedikit sehingga derajat ikatan yang terjadi juga sedikit dan menghasilkan porositas yang besar. Porositas besar menghasilkan nilai fluks yang besar (Prasetyo, Adiarto & Soedjono, 2003).

**Tabel 6.** Nilai fluks dan rejeksi dari membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala

<b>Kode Sampel</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Volume permeat (mL)</b>	<b>Luas penampang (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fluks (L/m<sup>2</sup>.jam)</b>	<b>Rejeksi (%)</b>
<b>1</b>	1	1	4	<b>1,56</b>	<b>23</b>
	3	6	4	<b>0,3</b>	<b>25,4</b>
	5	9	4	<b>2,71</b>	<b>28,5</b>
<b>2</b>	1	3	4	<b>4,69</b>	<b>31,1</b>
	3	7	4	<b>3,5</b>	<b>25,7</b>
	5	11	4	<b>3,3</b>	<b>25,4</b>
<b>3</b>	1	3,5	4	<b>5,46</b>	<b>27,5</b>
	3	6	4	<b>0,3</b>	<b>31,6</b>
	5	8	4	<b>2,42</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	1	3	4	<b>4,69</b>	<b>16,7</b>
	3	8	4	<b>4</b>	<b>21,8</b>
	5	12	4	<b>3,61</b>	<b>29,5</b>
<b>5</b>	1	4	4	<b>6,25</b>	<b>20,5</b>
	3	12	4	<b>6</b>	<b>15,9</b>
	5	19	4	<b>5,75</b>	<b>12,3</b>
<b>6</b>	1	5	4	<b>7,81</b>	<b>42,6</b>
	3	14	4	<b>7</b>	<b>24,1</b>

	5	23	4	<b>6,93</b>	<b>18</b>
--	---	----	---	-------------	-----------

Dari Tabel 6. Dapat dilihat, pada penambahan selulosa asetat 0,1 ; 0,15 dan 0,2 gram dengan Berat PVC 0,4 gram nilai fluks yang dihasilkan dari 0,1 dan 0,15 meningkat, akan tetapi pada penambahan selulosa asetat 0,2 gram pada kondisi waktu yang sama nilai fluks yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan pada saat pengujian penambahan 0,15 gram selulosa asetat kurang baik dalam penentuan laju alir yang menyebabkan nilai fluks bertambah. Selain itu, semakin besar komposisi jumlah PVC semakin besar nilai fluks yang dihasilkan dan semakin kecil nilai rejeksinya. Hal ini dikarenakan peningkatan nilai fluks memperbesar pori membran yang terbentuk. Dapat dilihat dari Tabel 5, dimana membran 1 dan membran 2 merupakan variasi penambahan jumlah PVC 0,3 dan 0,4 gram. Nilai fluks dan rejeksi dari membran 1 dan membran 2 dapat dilihat pada Tabel 5. Pada waktu yang sama sekitar 5 menit membrane 1 dan membrane 2 mengalami peningkatan terhadap nilai fluks yaitu sebesar 2,71 dan 3,3 L/m<sup>2</sup>.jam dan nilai rejeksi yang mengalami penurunan sebesar 28,5 dan 25,4 %.

Data yang dipaparkan dari Tabel 6 nilai fluks terkecil terdapat pada membran nomor 1 dan nomor 3 pada menit ke-3. Komposisi membran nomor 1 yaitu PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,1 gram, untuk membrane nomor 3 memiliki komposisi PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,2 gram. Nilai fluks menurut Natalia dkk, (2003) bahwa pori-pori membrane dibentuk karena adanya matrik polimer penyusun membran sehingga semakin banyak selulosa asetat maka polimer semakin rapat dan pori semakin kecil.

Selektivitas membran dinyatakan melalui koefisien rejeksi, yang mana dapat diartikan sebagai ukuran terhadap kemampuan membrane untuk menahan atau melewati suatu spesi tertentu. Selektivitas membrane ini

bergantung kepada interaksi membran dengan partikel terlarut, ukuran pori dan ukuran partikel zat yang akan melewati pori membran tersebut (Silvia dkk, 2016). Nilai rejeksi yang tinggi memperlihatkan bahwa membran memiliki sifat pemisahan yang baik. Jika nilai rejeksi dikaitkan dengan masa molekul dari permeat yang berbeda, maka dapat diperoleh nilai *Molecular Weight Cutt Off* (MWCO). MWCO ini menyatakan suatu batasan nilai berat molekul yang dapat ditahan oleh membran dengan nilai batas rejeksinya diatas 95%. (Apriyani dkk, 2018). Nilai selektivitas membran juga dipengaruhi oleh tekanan. Nilai selektivitas membran berkurang seiring dengan bertambahnya tekanan. Tekanan menyebabkan pori yang ada pada permukaan membran melebar menyebabkan partikel-partikel yang seharusnya dapat ditahan oleh membran menjadi tidak dapat ditahan (Sriandriani dkk, 2020).

## **2) Ketebalan dan kuat tarik membran**

Ketebalan suatu membran erat kaitannya dengan ketahanan membran. Apabila membran yang dihasilkan semakin tebal, ketahanan membran yang dihasilkan juga besar, kekuatan membran meningkat dan nilai fluks yang dihasilkan menjadi kecil. Akan tetapi untuk nilai rejeksi, ketebalan membran tidak berpengaruh (Prasetyo, Adiarto & Soedjono, 2003). Ketebalan suatu membran erat kaitannya dengan kuat tarik dan ketahanan membran, semakin tebal membran yang dihasilkan semakin besar nilai kuat tarik. Kuat tarik suatu membran berkaitan dengan sifat mekaniknya. Semakin sulit membran untuk ditarik, maka semakin baik membran tersebut digunakan dalam pengaplikasiannya. Pengujian kuat tarik ini merupakan parameter yang penting karena kuat tarik akan menjadi pertimbangan dalam pemilihan membran yang akan digunakan pada aplikasinya. Sifat mekanik berupa kekuatan, kekerasan, kekakuan dan elastisitas membran (Ramadhan dkk,

2014). Hasil uji ketebalan dan kuat tarik membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Nilai ketebalan dan kuat Tarik membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala

Kode Sampel	Ketebalan (mm)	Kuat Tarik (Mpa)	Elastic Modulus (Mpa)	Elongation (%)
1	0,11	3,06	0,88	347,39
2	0,17	1,45	0,48	302,31
3	0,13	0,80	0,44	182,45
4	0,20	1,06	0,54	196,81
5	0,17	1,42	0,67	210,97
6	0,14	2,07	0,94	219,95

Tabel 7 memaparkan nilai ketebalan dan kuat tarik membrane selulosa asetat dari cangkang biji pala. Ketebalan membran yang besar terdapat pada membran nomor 4 yaitu 0,20 mm dan membran yang kecil pada membran nomor 1 yaitu 0,11 mm. Hasil kuat tarik dari membran nomor 4 yaitu 1,06 Mpa dan kuat tarik dari membran nomor 1 yaitu 3,06 Mpa. Hasil menyatakan bahwa kuat tarik terbesar terdapat pada membrane nomor 1 yaitu 3,06 Mpa dengan nilai elongation sebesar 347,39%. Hal ini menandakan gaya yang diberikan unuk menarik membran semakin besar (Apipah, Irmansyah & Juansyah, 2014). Apriana dkk, (2018) menjelaskan bahwa peningkatan nilai kuat tarik dipengaruhi oleh ukuran serat penyusun selulosa asetat. Semakin

kecil ukuran serat selulosa asetat semakin tinggi nilai kuat tarik yang dihasilkan.

Hasil uji Tarik dari membrane selulosa asetat limbah cangkang biji pala belum memenuhi standar minimal kuat tarik. Harrison dkk, (2006) menyatakan batas minimal kuat tarik untuk membran selulosa asetat adalah 30 Mpa, sedangkan untuk Polivinil Klorida adalah 20 Mpa.

### 3) Swelling dan ketahanan membran

Derajat swelling merupakan kemampuan suatu membran untuk menyerap air. Derajat swelling ini biasanya digunakan untuk menentukan kualitas dari suatu membran atau dengan kata lain menunjukkan parameter dari kualitas suatu membran (Gunawan, Shofiyani & Zaharah, 2017). Proses mendapatkan derajat swelling ini dengan cara perendaman selama 24 jam didalam air dan dikeringkan. Hasil derajat swelling dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Derajat swelling dan stabilitas membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala

Kode Sampel	Derajat swelling (%)	Stabilitas membran (%)
1	59,52	32,2
2	16,44	8,75
3	4,65	9,34
4	24,06	2,72
5	21,99	5,69
6	10,06	8,40

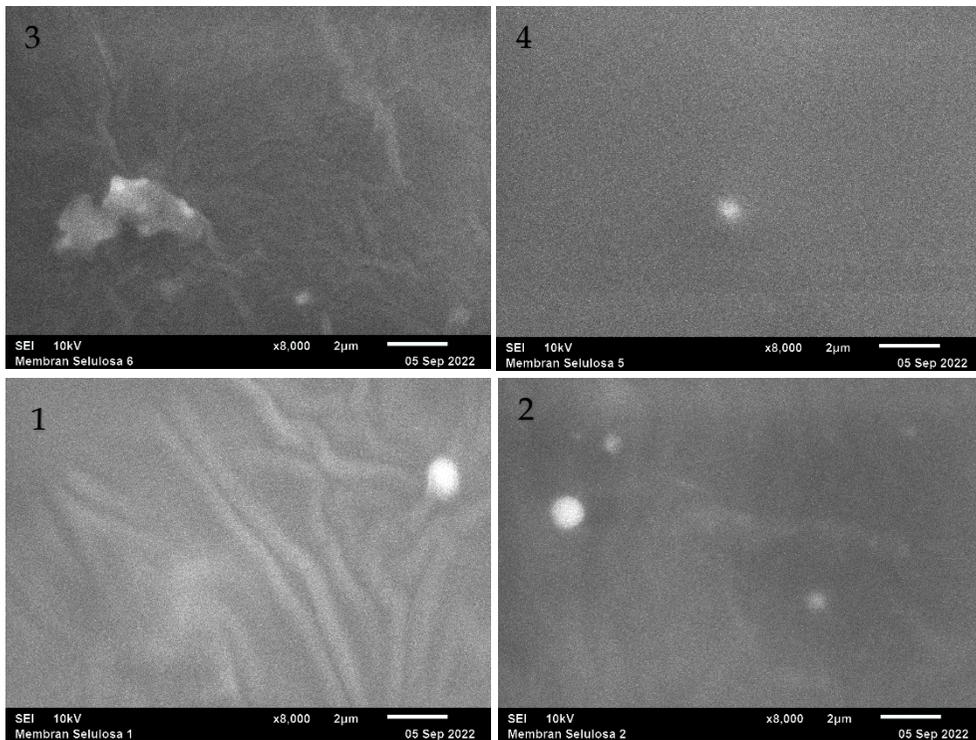
Tabel 8 memaparkan derajat sweling dari membran selulosa asetat. Membran nomor 1 memiliki nilai derajat swelling yang besar yaitu 59,52% dan terkecil membran nomor 3 yaitu 4,65%. Membran nomor 1 memiliki komposisi PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,1 gram sedangkan membran nomor 3 memiliki komposisi PVC 0,3 gram dan selulosa asetat 0,2 gram.

Uji stabilitas membran merupakan salah satu bagian dari parameter uji membran yang sangat penting dilakukan, karena uji stabilitas membran ini menjadi penentu dari kualitas membran yang dihasilkan. Uji stabilitas membran biasanya menggunakan pelarut asam, karena dalam aplikasinya membran digunakan terhadap limbah cair yang bersifat asam. Penelitian ini melakukan perendaman membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala kedalam larutan asam sulfat 5N selama 24 jam. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 8. Hasil yang diperoleh membran nomor 1 memiliki nilai stabilitas membran yang lebih besar dibandingkan membran lainnya.

#### **4) Morfologi membran selulosa asetat menggunakan SEM**

Hasil uji morfologi dari membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala menggunakan analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 14. Dari Gambar 14 tersebut terlihat morfologi permukaan dengan perbesaran 8000 kali dari membran 1, 2, 5 dan 6. Membran 1 memiliki komposisi PVC 0,3 gram dan Selulosa asetat 0,1 gram dimana hasil uji morfologi permukaan membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala terlihat, struktur permukaan yang masih kasar dan kurang rapat dibandingkan dengan membran 2 yang memiliki komposisi PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,1 gram. Hal ini dikarenakan masih ada nya serat dari selulosa asetat, selain itu semakin banyak jumlah PVC yang ditambahkan dalam proses pembuatan membran semakin halus dan rata permukaan membran. Begitu juga halnya untuk membran 5 dan 6. Membran 5 dengan komposisi PVC 0,3 gram dan selulosa

asetat 0,15 gram yang dilihat pada Gambar 14.3, dari gambar tersebut terlihat permukaan yang kasar, tidak rata dan terlihat serat dari selulosa asetat. Berbeda halnya membrane 6 dengan komposisi PVC 0,4 gram dan selulosa asetat 0,15 gram dapat dilihat pada Gambar 14.4, dari gambar tersebut terlihat permukaan membran yang halus dan rata tanpa serat.

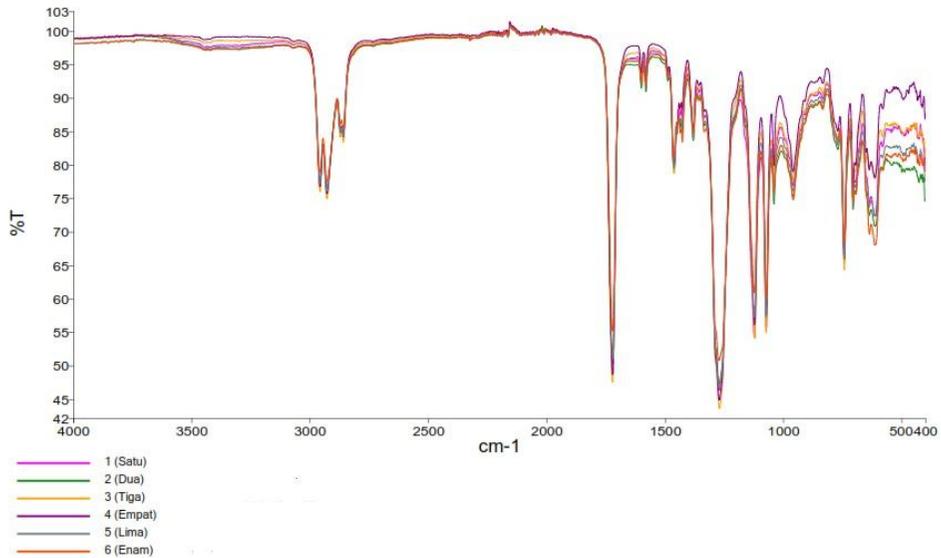


**Gambar 14.** Morfologi permukaan membran selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala

#### 5) Gugus fungsi dari membrane selulosa asetat menggunakan FTIR

Karakterisasi membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala menggunakan FTIR bertujuan untuk melihat gugus yang terdapat pada membran. Gambar 15 merupakan spektrum FTIR dari membran selulosa asetat berdasarkan variasi masa selulosa asetat dan variasi PVC yang. Hasil

yang dipaparkan dari Gambar 15 tersebut, terdapat 6 spektrum dengan intensitas sinar dengan puncak yang hampir sama.



**Gambar 15.** Spektrum FTIR membran selulosa dari limbah cangkang biji pala. Gugus fungsi yang terdapat pada spektrum FTIR diantaranya gugus C - H yang terletak pada rentang intensitas sinar 2959,79  $\text{cm}^{-1}$ , C = O terletak pada 1722,06  $\text{cm}^{-1}$ , C - O asetil terletak pada 1271,04  $\text{cm}^{-1}$  dan C - O ulur terletak di 1072,13  $\text{cm}^{-1}$ , dan yang menandakan adanya gugus PVC terdapat pada 742,12  $\text{cm}^{-1}$ . Nilai intensitas pada membran 2, 3, 4, 5 dan 6 mendekati nilai intensitas dari gugus fungsi yang ada pada membran 1.

## BAB V PENUTUP

### A. Kesimpulan

- 1) Kadar selulosa yang dihasilkan dari limbah cangkang biji pala yaitu 5,29%
- 2) Ukuran Kristal selulosa dari limbah cangkang biji pala yaitu 0,5292 nm
- 3) Limbah cangkang biji pala kurang maksimal untuk dijadikan membran selulosa asetat dikarenakan kadar selulosa yang diperoleh sedikit.
- 4) Karakterisasi membran selulosa asetat yang diperoleh berupa karakterisasi morfologi yang baik terdapat pada membran nomor 2 dan 4, nilai rejeksi dan fluks terdapat pada membran nomor 2 ( $t=1$  menit) 31,1% dan nilai fluks 4,6L/m<sup>2</sup>.jam untuk membran nomor 3 ( $t=3$  menit) 31,6% dan nilai fluks 0,3 L/m<sup>2</sup>.jam. Ketebalan dan Kekuatan membran yang baik terdapat pada membran nomor 1, ketebalan 0,11 mm dan kuat tarik 3,06 Mpa. Swelling dan stabilitas membran yang baik terdapat pada membran nomor 1 59,52% dan 32,2%. Gugus fungsi yang terdapat pada spectrum FTIR tersebut diantaranya gugus C - H yang terletak pada rentang intensitas sinar 2959,79 cm<sup>-1</sup>, C = O terletak pada 1722,06 cm<sup>-1</sup>, C - O asetil terletak di 1271,04 cm<sup>-1</sup> dan C - O ulur terletak di 1072,13 cm<sup>-1</sup>

## **B. Saran**

Saran untuk peneliti selanjutnya

- 1) agar melakukan variasi pemplastis untuk membran selulosa asetat limbah cangkang biji pala, seperti variasi konsentrasi anatar PEG dengan PVC atau formaldehid sehingga menghasilkan membran selulosa yang baik.
- 2) Untuk melakukan isolasi selulosa dari cangkang biji pala disarankan untuk menggunakan metode maserasi atau perkolasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah. I. (2018). Penentuan Derajat Kristalinitas Selulosa,  $\alpha$ -selulosa, mikroselulosa dari Daun Gebang (*Corypha utan Lamk*). Skripsi Sarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Apriani, R., Rohman, T., & Mustikasari, K. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate Membranes from Oil Palm Empty Fruit Bunches). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 9(2), 91-98. <https://doi.org/10.24111/jrihh.v9i2.3305>
- Apipah, E. R., Irmansyah., Juansyah. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Membran Nilon Yang Berasal dari Limbah Benang. *Jurnal Biofisika*. Vol. 10 No. 1 Hal : 8 - 18.
- Asmoro, N, W., Ismawati, A. (2018). Rendemen Selulosa Hasil Ekstraksi Batang Tanaman Jagung (*Zea mays*) Menggunakan Variasi Lama Bleaching dan Konsentrasi NaOH. *Profood (Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan)* Vol. 4 No. 1. Hal : 283 - 288.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh. (2018). *Provinsi Aceh Dalam Angka 2018*. ISSN : 2088-8910. Seri 47. BPS Provinsi Aceh, Aceh.
- Bokau, N.S. (2013). Sintesis Membran Kitosan Termodifikasi Silika Abu Sekam Padi Untuk Proses Dekolorisasi. Skripsi. Jurusan Kimia. Program Studi Kimia, FMIPA. Universitas Negeri Semarang.
- Chandra, J., Goerge, C. and Narayankutty, S. K. (2016) 'Isolation and Characterization of Cellulose Nanofibrils from Arecanut Husk Fibre', *Carbohydrate Polymers*, 142, pp. 158-166. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.carbpor.2016.01.05>
- Dewi, A. M. P., Kusumanigrum. M. Y., Edowati. D., Prayoto. Y & Darmadji. P. (2017). Ekstraksi dan Karakterisasi Selulosa Dari Limbah Ampas

- Sagu. Prosiding. SNST ke-8. Universitas Wahid Hasyim. Smearang. HAL :6-9.
- Fan, M., D. Dai & Huang., B. (2012). Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Natural Fibres. In Fourier Transform - Materials Analysis. Salih Salih (Ed.). Intech. <http://www.intechopen.com/books/fourier-transform-materials-analysis/fourier-transform-infraredspectroscopy-for-natural-fibres>.45-68 pp. [3 Februari 2017].
- Farha, F. I., Kusumawati, N. (2012). Pengaruh PVA Terhadap Morfologi dan Kinerja Membran Kitosan dalam Pemisahan Pewarna Rhodamin B. Prosiding Nasional Kimia. Unesa. pp : 169 - 178.
- Fitriyano, G., & Abdullah, S. (2016). *SINTESIS SELULOSA ASETAT DARI PEMANFAATAN LIMBAH KULIT PISANG DIAPLIKASIKAN SEBAGAI MASKER ASAP ROKOK*. 7.
- Ginting, B., Maira, R., . M., Helwati, H., Desiyana, L. S., & Mujahid, R. (2018). ISOLATION OF ESSENSIAL OIL OF NUTMEG (*Myristica fragrans* Houtt) and ANTIOXIDANT ACTIVITY TEST WITH DPPH. *Jurnal Natural*, 18(1), 11-17. <https://doi.org/10.24815/jn.v18i1.6604>.
- Gunawan., R., Shofiyani, A. Zaharah, T. A. (2017) Pengaruh Penambahan Karbon AKtif Terhadap Sifat Permeabelitas Membran Komposit Kitosan Terikat Silang Epiklorohidrin. JKK. Vol. 7. No. 1. Hal : 1-9.
- Handayani, S., Husnil, Y. A., & Latifa, P. (2017). *Pembuatan Membran Selulosa Asetat untuk Aplikasi Pemekatan Jus Buah*. 20(1), 12.
- Hartanto, S, Handayani, S., Lin, M., Latifah. (2007). Pengaruh Silika Pada Membran Elektrolit Berbasis Polieter (Eterketon). Indonesian Journal Material Science. Vol. 8. No. 3. Hal : 205 208

- Harianingsih, Maharani, F. (2018). Sintesis Membran Selulosa Asetat Cassava Untuk Mikrofiltrasi Fe Pada Limbah Batik Artifisial. *Inovasi Teknik Kimia*. Vol 3 No, 2. Hal : 36- 40.
- Husni, D. A. P., Rahim, E. Abd. Ruslan. (2018) Pembuatan Membran Selulosa Asetat dari Pelelepah Pohon Pisang. *Kovalen*. Vol 4 No. 1 Hal : 41 - 52.
- Husni, Putri D. A. 2018. Pembuatan Membran Selulosa Asetat dari Pelelepah Pohon Pisang. *Kovalen*. Vol. 4. No. 1. Hal : 41-52.
- Kamal, A. H., Fares, M., Abd-Elrah, B., & Lotfy, S. (2014). Characterization and Some Properties Of Cellulose Acetat-Co-Polyethylene Oxide Blends Prepared By The Of Gamma Irradiation. *Journal Of Radiation Research and Applied Science*. Vol. 7. No. 2 Hal. 146-153
- Joko S., Cahya. D & Tutuk. D. (2013). Peningkatan Kinerja Membran Selulosa Asetat Untuk Pengolahan Air Payau Dengan Modifikasi Penambahan Zat Aditif dan Pemanasan, *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol. 2 No. 3. Hal : 96-108.
- Lismeri, L., Zari, P. M., Novarani, T., & Darni, Y. (2016). Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Batang Ubi Kayu. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11(2), 82. <https://doi.org/10.23955/rkl.v11i2.5407>
- Lionetto, F., R.D. Sole, Cannoletta, D., Vasapollo, G., & Maffezzoli, A. (2012). Monitoring Wood Degradation during Weathering by Cellulose Crystallinity. *Materials*. 5:1910-1922.
- Melani, A., Robiah, R.A. (2022). Pengaruh Volume Pelarut NaOH dan Temperatur Pemanasan Pulp Dari Pelelepah Pisang Klutuk. *Distilasi*. Vol. 7. No. 1 Hal : 18- 27.
- Mohadi, R., Adi, S., Nurlisa, H., & Adles, S. (2014). Studi Interaksi Ion Logam Mn<sup>2+</sup> dengan Selulosa dari Serbuk Kayu. *Jurnal kimia*. Vol. 8. No. 1.

- Moreno G., Ramizas K., Esquivel. M., & Jimenez., G. (2018). Isolation and characterization of Nanocellulose Obtained From Industrial Crop Waste Resources by Using Mild Acid Hydrolysis. *J. Renew Mater.* Vo. 6. No. 4. Hal : 362-369.
- Monarisa D., Oktora N., Azora A., Haloho D. A. N., SImanjuntak L., Musri A., SAputra A., Lesbani A. (2012). Ekstraksi Selulosa Dari Katu Gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dan Kayu Serbuk Industri Mebel. *Jurnal Pertanian Sains.* Vol. 15. No. 3 Hal : 96 - 101.
- Murni, S. W. (2014). Preparasi Membran Selulosa Asetat untuk Penyaringan Nira Tebu. *Eksergi*, 10(2), 36. <https://doi.org/10.31315/e.v10i2.338>
- Natalia, S. Totok, A., Atie, S. (2003). Sintesis dan Optimasi Membran Selulosa Asetat Pada Membran Mikrofiltrasi Bakteri. *Unitas.*
- Nafi'ah. R., Primadevi. S. (2020) Sintesis Membran Selulosa Termodifikasi Na<sub>2</sub>EDTA dari Baggase Tebu Untuk Adsorbsi Logam Pb. *Cendikia Utama.* Vo.9. No. 3. Hal : 272-281.
- Nurhayati, Kusumawati R. (2014). Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Pengolahan Agar. *JPB Perikanan.* Vol. 9. No. 2. Hal : 92-107.
- Nurkhadimah S., Ramadhani A., Devi B. C. Febriansyah B. A., Nyamiati R. D., Rahmawati Y. (2019). Modified Of Cellulose Acetate Polyethylene Glycol Membrane By The Addition Of Graphene Oxide. *Indonesian Polymer Journal.* Vol. 22. No. 2. Hal : 16 - 20.
- Nurjannah, N.R., Sudiarti, T., Rahmidar, L. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Termetilasi Sebagai Biokomposit Hidrogel. *AL-Kimiya.* Vo. 7. No. 1 Hal: 19-27.
- Nurmilasari. (2021). Karakterisasi Selulosa dari Limbah Serat Sagu (*Metroxylon sago*) menggunakan XRD (*X-ray diffraction*). Universitas Cokroaminoto.

- Nurmawahyuni, K., Siswanto., Utami, I.L. (2017). Kajian Proses Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 12. No. 1. Hal : 35 - 39.
- Nurlia, N., Anas, M., & Erniwati, E. (2020). Analisis Variasi Temperatur Aktivasi Terhadap Struktur Kristalin Arang Aktif Dari Tandan Aren (Arenga Pinnata Merr) Dengan Agen Aktivasi Potassium Silicate ( $K_2SiO_3$ ). *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(4), 300-305
- Pandey J. Takagi H, Makagaito A, Kim H. (2015) *Handbook of Polymer Nanocomposite. Processing, Performa and Application*, Springer.
- Permatasari, H. R., Gulo, F., Lesmini. B. (2014). Pengaruh Konsentrasi  $H_2SO_4$  dan NaOH Terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (*Gigantochloa apus*). Palembang. Universitas Sriwijaya. ISSN : 2355 - 7184.
- Prasetyo, B., Adiarto, T., Soedjono., E. S., (2003). Rekayasa Pembuatan Membran Selulosa Asetat Untuk Pemisahan Deterjen. *Jurnal Purifikasi*. Vol. 4. No, 3. Hal : 127 - 132.
- Purwaningsih. H. (2012). *Rekayasa Biopolimer dari Limbah Pertanian Berbasis Selulosa dan Aplikasinya sebagai Material Separator*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor.
- Ramadhan, L. O. A. N., Sabarwati, S. H., Amaruddin, Harniati, Susanti. (2014). Sifat Mekanik Membran Berbasis Paduan Kitosan SUksinat-Kitosan Terinsersi Litium. *J. Kimia Kemasan*. Vol 36. Hal : 259 - 264.
- Rachmawaty, R., Meriyani M., & Pruyatno M. S. (2013). Sintesis Selulosa Diasetat dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Potensinya Untuk Pembuatan Membran. *Jurnal Teknik Kimia dan Industri*. Vol. 2 No, 3 Hal : 8-16
- Richa. (2011) *Sintesis Membran Selulosa Asetat Untuk Pengolahan Air Sungai Siak*. Skripsi Sarjana. Universitas Riau.

- Riani P., Syafial., Putri A. (2019) Pembuatan dan Karakteristik Membran Selulosa Asetat Dari Limbah Kakao (*Theobroma cacao L*) dengan Metoda Inversi Fasa Untuk Penyerapan Logam Timbal. 6th ACE Conference. Hal : 1018-1027.
- Rukhmana A M. (2012). Membran Selulosa Berbahan Dasar Kulit Buah Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Biru Metilena. Skripsi Sarjana. Institute Pertanian Bogor.
- Rosnelly C. M. (2012). Pengaruh Rasio Aditif PEG Terhadap Selulosa Asetat Pada Pembuatan Membran Selulosa Asetat Secara Inversi Fasa. *Jurnal rekayasa kimia dan lingkungan*. Vol. 9. No. 1 Hal : 25-29.
- Saenuddin N. M. A., Ansharullah., Faradilla F. (2020) Isolasi dan Karakterisasi Microcrystalline Cellulose (MCC) dari Limbah Padat Tapioka (Onggok). *J. Sains dan Teknologi Pangan*. Vol. 5. No. 5. Hal : 3306 - 3319.
- Sagita, N., Aprilia, H., & Arumsari, A. (2020). *Penggunaan Karbon Aktif Tempurung Pala (Myristica fragrans Houtt) Sebagai Adsorben untuk Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai*. 6(1), 7.
- Salindeho, netty, Mamuaja, C., & Pandey, E. (2018). Potential of Liquid Smoke Product of Pyrolysis of Nutmeg Shell as Smoking Raw Material. *International Journal of ChemTech Research*, 11(6), 239-245. <https://doi.org/10.20902/IJCTR.2018.110630>
- Sapitri, R. A. (2021). ekstraksi dan Karakterisasi Selulosa dari Kulit Buah Aren (*Arenga pinnata*) untuk Penyerapan Ion Logam Cr(IV). Skripsi Sarjana. Universitas Jambi.
- Silvia P., Pinem, J. A., Irianty, R. S. (2016). Sintesis Membran Selulosa Asetat Untuk Desalinasi Air Payau. *Jom Teknik*. Vol. 3. No. 1. Hal : 1-9.
- Shoukoha F. A., Latupelrissa. J. (2018). Sintesis dan Karakteristik Selulosa Asetat. *Indo. J. Chem. Res*. Vol 5. No. 2. Hal : 58-62

- Sopiah, R. (2015). *Analisa Spektrum Senyawa Organik*. Cetakan ke-10. Edisi Ketiga. Penerjemah Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. Penerbit ITB. Halaman :1-100.
- Sofia, A., Prasetya, A. T. & Kusumastuti, E. (2017). Komparasi Bioplastik Kulit Labu Kuning Kitosan dengan Plasticizer dari Berbagai Variasi Sumber Gliserol. *Indonesian Journal Of Chemical Science*. Vol. 6. No. 2. Hal : 110 - 116.
- Sriandriani, E. P., Pinem, J. A., Saputra., E., (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat Dari Serat Daun Nanas Untuk Pengolahan Limbah Pulp dan Paper. *JOM. FTEKNIK*. Vo. 7. No. 2. Hal : 1-6.
- Sulistiyana, Ulfin I., & Kurniawan F. (2014). Pemanfaatan Rebung dan Labu Siam Sebagai Membran Selulosa. *Pros. Semin. Nas. Pendidikan Sains. Unesa. Surabaya*.
- Susana. (2011). Ekstraksi Selulosa Limbah Mahkota Nanas. *Jurnal Vokasi*. Vol. 1. No. 1. Hal : 87 - 94.
- Thaiyibah, N., Alimuddin & Panggabean, S. (2016). *Pembuatan Dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat-PVC Dari Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Untuk Adsorpsi Logam Tembaga (II)*. 14, 7.
- Utami, I., Hasan, A., Junaidi, R. (2021) Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dan  $\alpha$ -selulosa Fiber Cake Kelapa Sawit. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*. Vol. 1 No. 9 Hal : 357 - 364.
- Wardhana, D. I., Ruriani, E., Nafi, A. (2019). Karakterisasi Kulit Kopi Robusta Hasil Samping Pengolahan Metode Kering dari Perkebunan Kopi Rakyat di Jawa Timur. *Agritop*. Vol. 17. No. 2. Hal : 214 - 223.

- Widyastuti, F. K. (2017) Sintesis Membran Selulosa Asetat dari Bakterial Nata De Bamboo dan Aplikasinya sebagai Membran Mikrofiltrasi. Prosiding Seminar Nasional Kimia. UNY. Hal : 313-317.
- Widia, I., Wathani, N. (2017). Review Artike, Selulosa Mikrokristalin : Isolasi, Karakterisasi dan Aplikasi Dalam Bidang Farmasetik. *Farmaka*. Vol. 15. No. 2.
- Zahara, T.A. Shofiyani, A. & sayekti, E. (2015). Karakterisasi Biomassa *Chorella* sp, Termobilisasi Pada Kitosan Untuk Adsorpsi Kromium (III) DAlam Larutan. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*. Vol. 11. No.2 Hal: 15-28.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Perhitungan rendemen selulosa dari limbah cangkang biji pala

Berat cawan = 117,7496

Besar sampel awal = 50,312 gram

Berat sampel akhir = 17,726 gram

Rumus rendemen =

$$\text{rendemen} = \frac{\text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$\text{rendemen} = \frac{17,726}{50,132} \times 100\% = 35,36\%$$

## Lampiran 2. Perhitungan kadar Selulosa

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{B - C}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Berat kering awal sampel

B : Berat residu sampel setelah direfluks pada tahapan b

C : Berat residu sampel setelah diperlakukan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72%

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{1,223 - 1,156}{1,267} \times 100\% = 5,288\%$$

**Lampiran 3.** Perhitungan kadar air

Rumus perhitungan Kadar air :

$$\% X = \frac{w1 - w2}{w1} \times 100\% =$$

Keterangan :

%X = Persen kadar air

w1 = berat sampel awal (gram)

w2 = berat sampel kering (setelah dipanaskan)(gram)

Berat cawan	Berat sampel (gram)	Berat cawan + sampel (gram)	Berat cawan + sampel setelah dipanaskan (gram)	Berat akhir (gram)	Kadar air (%)
51,80	1	52,80	51,9653	0,8347	16,53
52,2085	1	53,2085	52,3542	0,8543	14,57
Rata-rata kadar air					15,55

$$\% X1 = \frac{1 \text{ gram} - 0,8347 \text{ gram}}{1 \text{ gram}} \times 100\% = 16,53\%$$

$$\% X2 = \frac{1 \text{ gram} - 0,8543 \text{ gram}}{1 \text{ gram}} \times 100\% = 14,57\%$$

#### Lampiran 4. Perhitungan kadar asetil (%)

Rumus :

$$X = \frac{[(D-C)Na + (A-B)Nb \times 4,305]}{W \text{ (gram)}}$$

Keterangan

A = Volume NaOH titrasi sampel (ml)

B = Volume NaOH titrasi blanko (ml)

C = Volume HCl titrasi sampel (ml)

D = Volume HCl titrasiblanko (ml)

F = 4,305

W = berat sampel

Na = Normalitas HCl

Nb = Normalitas NaOH

$$X = \frac{[(16,5-4,3)0,5 \text{ N} + (9,5-3,5)0,5\text{N} \times 4,305]}{1 \text{ (gram)}} = \frac{[6,1 + 3] \times 4,305}{1 \text{ (gram)}} = 39,18\%$$

### Lampiran 5. Perhitungan derajat Substitusi (%)

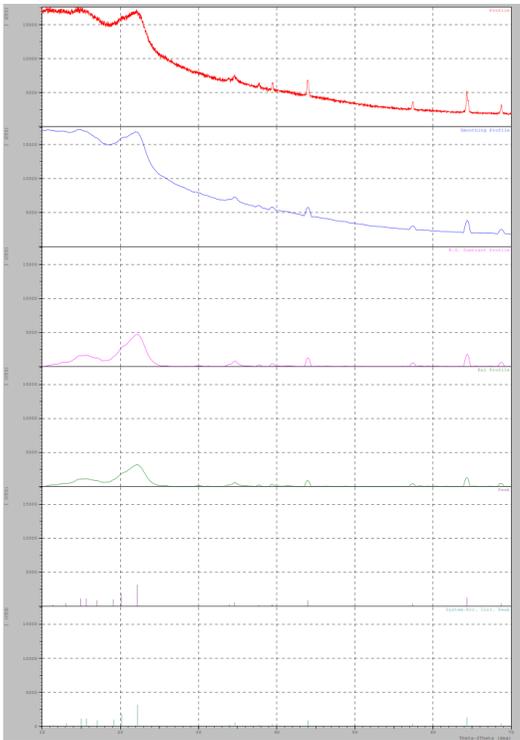
$$DS = \left[ \frac{162 \times \%asetil}{43} \right]$$
$$DS = \left[ 100 - \frac{42 \times \%asetil}{43} \right]$$

$$DS = \left[ \frac{162 \times 39,18}{43} \right]$$
$$DS = \left[ 100 - \frac{42 \times 39,18}{43} \right] =$$

$$= \frac{162 - 0,91}{100 - 39,18} = \frac{161,089}{60,82} = 2,65$$

DS = 2,65

#### 1. X-Ray Difraksi



# Strongest 3 peaks									
no.	peak	2 $\theta$ theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated Int		
		(deg)	(Å)		(deg)	(Counts)	(Counts)		
1	8	22.2111	3.99913	100	2.26940	1910	276266		
2	7	20.1759	4.39770	58	0.00000	1114	0		
3	15	64.3394	1.44677	40	0.55920	758	21459		
# Peak Data List									
peak	no.	2 $\theta$ theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated Int		
		(deg)	(Å)		(deg)	(Counts)	(Counts)		
1	1	11.4369	7.73082	6	1.34000	117	7432		
2	2	13.1099	6.74778	14	2.09600	275	24587		
3	3	14.9843	5.90765	34	2.31000	658	50000		
4	4	15.6827	5.64610	35	0.00000	675	0		
5	5	17.0600	5.19325	27	0.00000	511	0		
6	6	19.1770	4.62446	31	0.00000	587	0		
7	7	20.1759	4.39770	58	0.00000	1114	0		
8	8	22.2111	3.99913	100	2.26940	1910	276266		
9	9	33.9750	2.63654	7	0.71420	135	4717		
10	10	34.6649	2.58563	17	0.84110	324	15043		
11	11	37.7601	2.38050	6	0.53600	106	3208		
12	12	39.4480	2.28244	9	0.53020	174	5219		
13	13	43.9858	2.05692	27	0.56810	515	14328		
14	14	57.3856	1.60441	12	0.59950	232	7974		
15	15	64.3394	1.44677	40	0.55920	758	21459		
16	16	68.7009	1.36517	14	0.55770	258	7410		

```

# Data Infomation
  Group           : Standard
  Data            : Bhayu
  Sample Nmae    : Cangkang Biji Pala
  Comment        : Selulosa
  Date & Time    : 06-10-22 09:26:10

# Measurement Condition
  X-ray tube
  target         : Cu
  voltage        : 40.0 (kV)
  current        : 30.0 (mA)

  Slits
  Auto Slit      : not Used
  divergence slit : 1.00000 (deg)
  scatter slit   : 1.00000 (deg)
  receiving slit  : 0.30000 (mm)

  Scanning
  drive axis     : Theta-2Theta
  scan range     : 10.0000 - 70.0000 (deg)
  scan mode      : Continuous Scan
  scan speed     : 2.0000 (deg/min)
  sampling pitch : 0.0200 (deg)
  preset time    : 0.60 (sec)

# Data Process Condition
  Smoothing      [ AUTO ]
  smoothing points : 51
  B.G.Subtruction [ AUTO ]
  sampling points : 51
  repeat times    : 30
  Kal-a2 Separate [ MANUAL ]
  Kal a2 ratio    : 50 (%)
  Peak Search     [ AUTO ]
  differential points : 51
  FWHM threshold  : 0.050 (deg)
  intensity threshold : 30 (par mil)
  FWHM ratio (n-1)/n : 2
  System error Correction [ YES ]
  Precise peak Correction [ NO ]

```

a) Ukuran kristal, Indeks Kristalinitas dan Derajat Kristalinitas

$$D = \frac{K \times \lambda}{W \cos \theta}$$

Keterangan :

D : Ukuran kristal (nm)

K : Faktor ukuran butir (Konstanta) 0,89

W : Radian setengah maksimum dengan lebar penuh

$\theta$  : Sudut Bragg

$\lambda$  : Panjang gelombang radiasi sinar-X (1,54 Å)

$$CI = \frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \times 100\%$$

$$\%Cr = \frac{I_{002}}{I_{002} + I_{am}} \times 100\%$$

Keterangan :

CI : Indeks kristalinitas

%Cr : Derajat kristalinitas

$I_{002}$  : Intensitas puncak maksimum yang sesuai dengan bidang pada sampel dengan indeks miller (002) pada sudut  $2\theta$  berkisar diantara  $22^\circ - 23^\circ$

$I_{am}$  : Intensitas untuk selulosa *amorf* pada sudut  $2\theta$  berkisar antara  $18^\circ$

$$\begin{aligned} D &= \frac{K \times \lambda}{W \cos \theta} \\ &= \frac{0,89 \times 0,15406 \text{ nm}}{2,26940 \cos 11,11} \\ &= 0,5292 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$CI = \frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \times 100\%$$

$$CI = \frac{1910 - 58 \text{ nm}}{1910} \times 100\% = 96 \%$$

Lampiran 6. Dokumentasi foto kegiatan penelitian

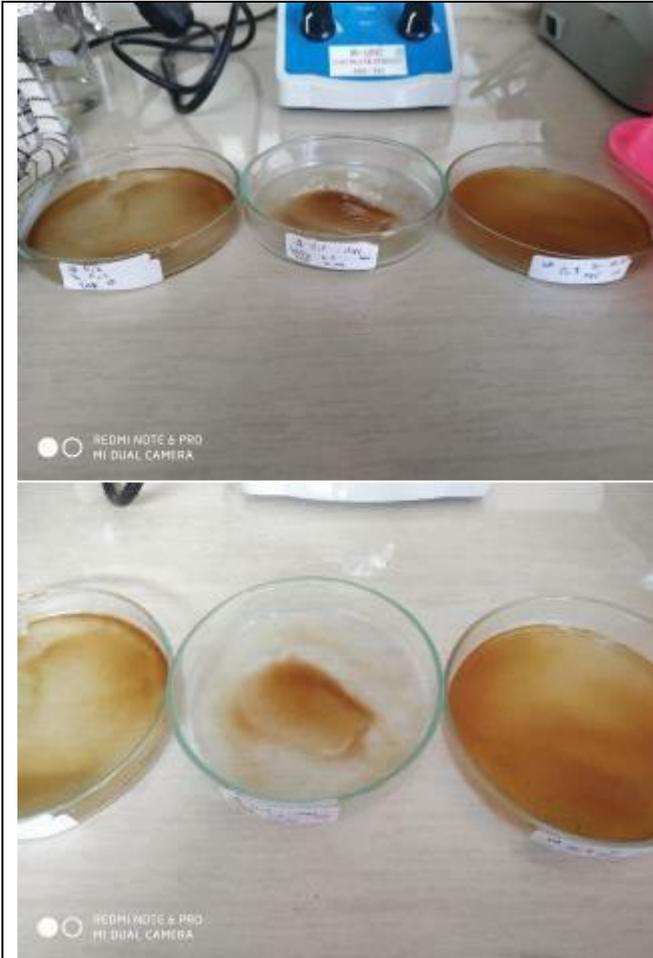
 A photograph showing a large quantity of dark brown, cracked coconut shells spread out on a white tray placed on a wooden stand. The tray is outdoors on a grassy area. In the background, there are more trays and a bag of shells. A watermark "REDMI NOTE 5 PRO MI DUAL CAMERA" is visible in the bottom left corner.	<p>Pengeringan limbah cangkang biji pala</p>
 A close-up photograph of a person's hand wearing a yellow rubber glove, washing dark brown coconut shells in a green plastic sink. Water is being sprayed from a red and blue nozzle. A watermark "REDMI NOTE 5 PRO MI DUAL CAMERA" is visible in the bottom right corner.	<p>Pencucian dan pembersihan limbah cangkang biji pala</p>
 A photograph of a person wearing a red and black patterned hijab, glasses, and a blue surgical face mask. They are standing in a laboratory or kitchen area with white countertops, blue cabinets, and various pieces of equipment. A watermark "REDMI NOTE 5 PRO MI DUAL CAMERA" is visible in the bottom left corner.	<p>Proses ekstraksi selulosa dari limbah cangkang biji pala</p>

	<p>Limbah cangkang biji pala</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------



Sintesis selulosa asetat





Proses pencetakan membran selulosa asetat



**BIODATA PENELITI**  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH**

**A. Identitas Diri**

1.	Nama Lengkap <i>(dengan gelar)</i>	<b>Bhayu Gita Bhernama, S.Si, M.Si</b>
2.	Jenis Kelamin L/P	Perempuan
3.	Jabatan Fungsional	Lektor
4.	NIP	19890123 201403 2 003
5.	NIDN	2023018901
6.	NIPN <i>(ID Peneliti)</i>	202301890110170
7.	Tempat dan Tanggal Lahir	Tanah Datar/23 Januari 1989
8.	E-mail	<a href="mailto:deta.chavez1678@gmail.com">deta.chavez1678@gmail.com</a>
9.	Nomor Telepon/HP	085274105116
10.	Alamat Kantor	Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh Jln. Syeik Badur Rauf Kopelma Darussalam Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh
11.	Nomor Telepon/Faks	-
12.	Bidang Ilmu	Kimia
13.	Program Studi	Kimia
14.	Fakultas	Sains dan Teknologi

**B. Riwayat Pendidikan**

No.	Uraian	S1	S2	S3
1.	Nama Perguruan Tinggi	Universitas Andalas (UNAND)	Universitas Andalas (UNAND)	
2.	Kota dan Negara PT	Padang, Sumatera Barat, Indonesia	Padang, Sumatera Barat, Indonesia	
3.	Bidang Ilmu/ Program Studi	Kimia	Ilmu Kimia	
4.	Tahun Lulus	2011	2013	

### C. Pengalaman Penelitian dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1.	2018	Analisis karakteristik karagina <i>Eucheuma cottonii</i> asal Aceh Jaya menggunakan pelarut alkali KOH dan NaOH	DIPA UIN AR-Raniry
2.	2019		Mandiri
3.			
dst.			

### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
1.	2019	1. Pembuatan sabun cair 2. Pengolahan limbah plastik menjadi karya seni bernilai ekonomis di Gampong Jalin, Kabupaten Aceh Besar	Mandiri
2.	2020	1. Pengabdian masyarakat berbasis penelitian, penulisan buku, dan bakti sosial di masa pandemi covid-19 2. Pembuatan handsanitaizer dalam masa tangkap darurat covid-19	Mandiri
3.	2021	1. Penulisan buku bunga rampai pengabdian kepada masyarakat dengan judul : "Selaksa Harapan di Masa Pandemi"	Mandiri

### E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
1.	Analisis kadar air, abu dan logam berat pada kopi bubuk asal Gayo	Widya Riset	Volume 5 nomor 2 tahun 2019
2.	Ekstraksi gelatin dari ikan kakap putih ( <i>Lates calcarifer</i> ) dengan variasi konsentrasi	Jurnal Sains Natural UNB	Volume 10 nomor 2 tahun 2020

	asam HCl		
3	Aktivitas antibakteri sabun padat yang mengandung ekstrak etanol rumput laut <i>Gracilaria sp</i> , terhadap antibakteri <i>Stapilacoccus aureus</i>	Jurnal Pena akuatika	volume 19 nomor 1 tahun 2020

**F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

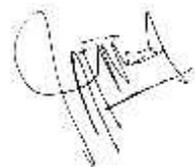
No.	Judul Buku	Tahun	Tebal Halaman	Penerbit
1.				
2.				
dst.				

**G. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.				
2.				
dst.				

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Banda Aceh,  
Ketua/Anggota Peneliti,



**Bhayu Gita Bhernama, S.Si, M.Si**  
NIDN. 2023018901



**BIODATA PENELITI**  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH**

**A. Identitas Diri**

1.	Nama Lengkap <i>(dengan gelar)</i>	<b>Nurhayati, S.Si., M.Si</b>
2.	Jenis Kelamin L/P	P
3.	Jabatan Fungsional	Lektor
4.	NIP	198905142014032002
5.	NIDN	2014058901
6.	NIPN <i>(ID Peneliti)</i>	201405890110140
7.	Tempat dan Tanggal Lahir	Banyumas, 14 Mei 1989
8.	E-mail	nurhayati.sururi@ar-raniry.ac.id
9.	Nomor Telepon/HP	081219549761
10.	Alamat Kantor	Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam
11.	Nomor Telepon/Faks	-
12.	Bidang Ilmu	Fisika
13.	Program Studi	Teknik Fisika
14.	Fakultas	Sains dan Teknologi

**B. Riwayat Pendidikan**

No.	Uraian	S1	S2	S3
1.	Nama Perguruan Tinggi	UNSOED	ITB	-
2.	Kota dan Negara PT	Purwokerto, Indonesia	Bandung, Indonesia	-
3.	Bidang Ilmu/ Program Studi	Fisika	Fisika	-
4.	Tahun Lulus	2010	2013	-

**C. Pengalaman Penelitian dalam 3 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1.	2020	Modifikasi Drum Dekomposter untuk Pembuatan <i>Sargassum Liquid Fertilizer</i> dengan Metode Pengomposan Anaerob	DIPA UIN Ar-RANIRY
2.			
3.			
dst.			

**D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 3 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
1.	2020	Pengabdian Masyarakat Berbasis Penelitian, Penulisan Buku dan Bakti Sosial di Masa Pandemi Covid-19	Pengumpulan Dana Baksos
2.	2022	Pendampingan guru MA dalam menyongsong Assesment kompetensi Madrasah Indonesia (AKMI)	Prodi PFS
3.	2022	Pendampingan Publikasi Ilmiah untuk guru MA menyongsong era 5.0	Prodi PFS
4.	2022	Holiday code camp: pengenalan pemrograman komputer menggunakan scratch bagi siswa SMP	IA-ITB
5.			
dst.			

#### E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
1.	Numerical Analysis of Energy Converter for Wave Energy Power Generation-Pendulum System	International Journal of Renewable Energy Development	Vol. 9 No. 2 (2020), hal. 255-261. ISSN: 2252-4940 (Print), 2716-4519 (Online). DOI: <a href="https://doi.org/10.14710/ijred.9.2.255-261">https://doi.org/10.14710/ijred.9.2.255-261</a> <a href="https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijred/article/view/28620/pdf">https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijred/article/view/28620/pdf</a>
2.	Modifikasi Pompa Air Menggunakan Kincir Kecepatan Rendah Sebagai Tenaga Penggerak.	Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology	Vol. 5 No. 1 (2019), hal. 38-46. ISSN: 2302-2736 (Print), 2549-9335 (Online). DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.22373/ekw.v5i1.4091">http://dx.doi.org/10.22373/ekw.v5i1.4091</a> <a href="https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/elkawnie/article/view/4091/pdf">https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/elkawnie/article/view/4091/pdf</a>
3.	Analisis Kadar Kafein dalam Minuman Kopi Khop Aceh dengan Metode Spektroskopik	Lantanida Journal	Vol. 6 No. 2 (2018), hal. 141-155. ISSN: 2356-3133 (Print), 2548-9062 (Online). DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.22373/lj.v6i2.3624">http://dx.doi.org/10.22373/lj.v6i2.3624</a> <a href="https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/lantanida/article/view/3">https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/lantanida/article/view/3</a>

			<a href="#">624/pdf</a>
4.	TWO DIMENSIONAL DYNAMICS OF SPHERICAL GRAIN FLOATING ON THE PROPAGATING WAVE FLUID SURFACE	SPEKTRA: Jurnal Fisika dan Aplikasinya	Volume 3 Issue 3 (2018), pp. 133-142. ISSN: 2541-3384 (Print), 2541-3392 (Online). DOI: <a href="https://doi.org/10.21009/SPEKTRA.033.01">https://doi.org/10.21009/SPEKTRA.033.01</a> <a href="http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/spektra/article/view/8256/5965">http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/spektra/article/view/8256/5965</a>
5.	Penerapan Formalisme Euler-Lagrange dan Solusi Persamaan Geraknya dalam Perancangan Pompa Air dengan Kincir Sebagai Tenaga Penggerak.	Jurnal Teras Fisika: Teori, Modeling, dan Aplikasi Fisika	Vol. 2 No. 2 (2019), hal. 9-12. ISSN: 2614-7580 (Print), 2615-1219 (Online). DOI: <a href="https://doi.org/10.20884/1.jtf.2019.2.2.2060">https://doi.org/10.20884/1.jtf.2019.2.2.2060</a> <a href="http://jos.unsoed.ac.id/index.php/tf/article/view/2060/1314">http://jos.unsoed.ac.id/index.php/tf/article/view/2060/1314</a>
6.	Penentuan Nilai Hambatan dan Hambatan Jenis pada Arang Batok Kelapa dan Arang Kulit Pisang dengan Metode Eksperimen	CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro	Vol. 4 No. 2 (2020), hal. 96-101. ISSN: 2549-3698 (Print), 2549-3701 (Online). DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.22373/crc.v4i2.6510">http://dx.doi.org/10.22373/crc.v4i2.6510</a> <a href="https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/circuit/article/view/6510/4591">https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/circuit/article/view/6510/4591</a>
7.	Analisis Pengaruh Viskositas pada Self-Siphon	Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan	Vol. 2019 No. 1 (2019), hal. 31-36. ISSN: 2460-4348 (Print), 2549-7162 (Online). DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.22373/pjptf.v2019i1.7438">http://dx.doi.org/10.22373/pjptf.v2019i1.7438</a> <a href="https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/7438/4398">https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/7438/4398</a>
8.	Pemahaman Ulama Aceh Mengenai Energi Nuklir	Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan	Vol. 2019 No. 1 (2019), hal. 37-41. ISSN: 2460-4348 (Print), 2549-7162 (Online). DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.22373/pjptf">http://dx.doi.org/10.22373/pjptf</a>

		Fisika Terapan	v2019i1.7439 <a href="https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/7439/pdf">https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/7439/pdf</a>
9.	Pengukuran Nilai Tegangan Listrik pada Buah Nanas	Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan	Vol. 2019 No. 2 (2019), hal. 1-3. ISSN: 2460-4348 (Print), 2549-7162 (Online). DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.22373/pjpft.v2019i2.7440">http://dx.doi.org/10.22373/pjpft.v2019i2.7440</a> <a href="https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/7440/4407">https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/7440/4407</a>
10.	Pembudidayaan Tanaman Apotek Hidup dengan Memanfaatkan Lahan Kosong di Kantor Desa Blang Krueng, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar	Jurnal Riset dan Pengabdian Masyarakat	Vol. 2, No. 2, 169-175, 2022 <a href="https://journal.arraniry.ac.id/index.php/jrpm/article/view/952">https://journal.arraniry.ac.id/index.php/jrpm/article/view/952</a>
11.	CHEMICAL NUTRIENT CONTENT OF SARGASSUM LIQUID FERTILIZER PRODUCED FROM SHIPHON-CONNECTED DECOMPOSERS	Rasayan J. Chem.,	15(2), 1253-1257(2022) <a href="http://doi.org/10.31788/RJC.2022.1526893">http://doi.org/10.31788/RJC.2022.1526893</a>
12.	Maintaining Favourable Fermentation Conditions in Sargassum Liquid Fertilizer Production using Siphon in A Two-Containers System	<u>Journal of Physics: Conference Series</u>	2022 <i>J. Phys.: Conf. Ser.</i> <b>2243</b> 012069 <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2243/1/012069">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2243/1/012069</a>

	Resulting in Acceptable Levels of Heavy Metals		
dst			

**F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Buku	Tahun	Tebal Halaman	Penerbit
1.	-			
2.				
dst.				

**G. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.	Studi dan Pemodelan Empirik Karakter Fisik Kopi Khop Meulaboh terhadap Cita Rasanya	2018	Laporan Penelitian	EC00201823578
2.	Pemodelan Sifat Fisis Lingkungan di Perkebunan Stroberi Purbalingga dengan metode interpolasi nonlinear	2018	Karya Tulis (Skripsi)	EC00201823579
3.	Analisis Senyawa Penentu Cita Rasa Minuman Kopi Khop Aceh dengan Metode Spektroskopik	2018	Laporan Penelitian	EC00201852374
4.	Modifikasi Drum Dekomposter untuk Pembuatan Sargassum Liquid Fertilizer dengan Metode Pengomposan Anaerob	2020	Laporan Penelitian	EC00202034627
dst.				

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Banda Aceh,  
Anggota Peneliti,

**Nurhayati, S.Si., M.Si**  
NIDN. 2014058901