

**PEMBUATAN KOMPOSIT SELULOSA BERBAHAN DASAR
NATA DE COCO DENGAN MEDIA IKATAN SILANG
(CROSSLINK) ASAM SITRAT DAN GLISEROL**

TUGAS AKHIR

Oleh
ADELIA HAJAR DIASTIRINI
NIM : 1516003



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	07/10/22
No Induk Buku	001/TKP/SB/TA/22

SUMBANGAN ALUMNI

**PEMBUATAN KOMPOSIT SELULOSA BERBAHAN DASAR
NATA DE COCO DENGAN MEDIA IKATAN SILANG
(CROSSLINK) ASAM SITRAT DAN GLISEROL**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Bidang Teknik dari
Politeknik STMI Jakarta**

**Oleh
ADELIA HAJAR DIASTIRINI
NIM : 1516003**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

ABSTRAK

PEMBUATAN KOMPOSIT SELULOSA BERBAHAN DASAR *NATA DE COCO* DENGAN MEDIA IKATAN SILANG (*CROSSLINK*) ASAM SITRAT DAN GLISEROL

Oleh

Adelia Hajar Diastirini

NIM : 1516003

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Material komposit yang dibuat dengan bahan alami semakin banyak dikembangkan dan semakin luas perkembangannya. Penggunaan bahan-bahan alami diminati karena memiliki sifat ramah lingkungan dan mudah terurai. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu material baru yaitu material komposit yang memiliki karakteristik kuat dan ringan dengan memanfaatkan bahan alami yaitu *nata de coco*. Pembuatan komposit berbahan dasar *nata de coco* ini dibuat menggunakan metode ikatan silang (*crosslink*) dengan asam sitrat dan gliserol sebagai media pengikat silangnya dan menggunakan dua jenis metode pengeringan yaitu oven atmosfer dan oven vakum serta empat variasi waktu perendaman yaitu 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 24 jam. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kekuatan tarik dengan menggunakan alat UTM serta dilakukan pengujian gugus fungsi dengan menggunakan alat FTIR. Peningkatan waktu perendaman dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik dari komposit selulosa *nata de coco*. Penggunaan asam sitrat dan gliserol terbukti dapat menghasilkan gugus baru yaitu gugus ester yang terbentuk dari reaksi esterifikasi sehingga menghasilkan reaksi ikatan silang (*crosslink*) yang diinginkan.

Kata kunci: komposit, *nata de coco*, ikatan silang (*crosslink*), kekuatan tarik, gugus fungsi.

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PEMBUATAN KOMPOSIT SELULOSA BERBAHAN DASAR
NATA DE COCO DENGAN MEDIA IKATAN SILANG
(CROSSLINK) ASAM SITRAT DAN GLISEROL**

Adelia Hajar Diastirini
NIM : 1516003
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Agustus 2020

Dosen Pembimbing 1



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T
NIP. 198210012014022001

Dosen Pembimbing 2



Ir. Untung Prayudie, MTA
NIP. 196102081991031001

Menyetujui
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Fitria Ika Arvanti, S.T, M.Eng
NIP. 198505112014022001

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

PEMBUATAN KOMPOSIT SELULOSA BERBAHAN DASAR NATA DE COCO DENGAN MEDIA IKATAN SILANG (*CROSSLINK*) ASAM SITRAT DAN GLISEROL

Adelia Hajar Diastirini
NIM : 1516003
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Cibinong, Agustus 2020

Pembimbing



Nanang Masruchin, ST, MT, Ph.D
NIP. 198107022008011008

Catatan:

- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 ayat 1
"Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini tertanda ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR E
- Surat ini dapat dibuktikan keasliannya dengan menggunakan *qr code* yang telah tersedia

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

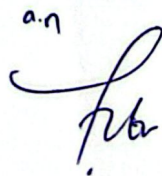
**PEMBUATAN KOMPOSIT SELULOSA BERBAHAN DASAR
NATA DE COCO DENGAN MEDIA IKATAN SILANG
(CROSSLINK) ASAM SITRAT DAN GLISEROL**

Adelia Hajar Diastirini
NIM : 1516003
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

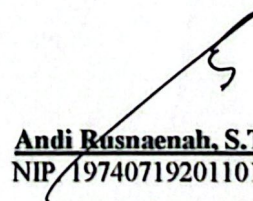
Jakarta, Agustus 2020

Penguji 1

a.n


Syaiful Ahsan, S.T, M.T
NIP. 198407162014021001

Penguji 2



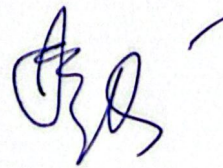
Andi Rusnaenah, S.T, M.T, M.Si
NIP. 197407192011012001

Dosen Pembimbing 1



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T
NIP. 198210012014022001

Dosen Pembimbing 2



Ir. Untung Prayudie, MTA
NIP. 196102081991031001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

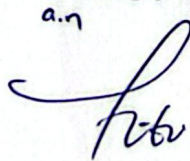
**PEMBUATAN KOMPOSIT SELULOSA BERBAHAN DASAR
NATA DE COCO DENGAN MEDIA IKATAN SILANG
(CROSSLINK) ASAM SITRAT DAN GLISEROL**

Adelia Hajar Diastirini
NIM : 1516003
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

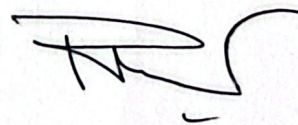
Jakarta, September 2020

Penguji 1

a.n


Syaiful Ahsan, S.T, M.T
NIP. 198407162014021001

Penguji 2



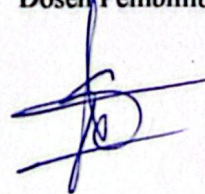
Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

Penguji 3



Ir. Untung Pravudie, MTA
NIP. 196102081991031001

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T
NIP. 198210012014022001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Adelia Hajar Diastirini
NIM : 1516003
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul Pembuatan Komposit Selulosa Berbahan Dasar *Nata de coco* Dengan Media Ikatan Silang (*Crosslink*) Asam Sitrat dan Gliserol.

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survey lapangan dan bimbingan dengan dosen pembimbing, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2020



Adelia Hajar Diastirini

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Laporan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat penyelesaian program Diploma IV pada program studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI. Dalam proses pengumpulan data dan penulisan, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir :

1. Kedua orang tua, kakak, dan adik yang telah memberi dukungan dalam bentuk apapun dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Dr. Mustofa, ST, MT, selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
3. Fitria Ika Aryanti, S.T, M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
4. Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir.
5. Ir. Untung Prayudie selaku dosen pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir.
6. Nanang Masruchin, ST, MT, Ph.D selaku pembimbing penelitian tugas akhir di LIPI Biomaterial Cibinong yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir.
7. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah memberi dukungan dalam bentuk apapun dalam penyusunan laporan tugas akhir.
8. Seluruh Teman-teman seperjuangan penelitian tugas akhir di LIPI Biomaterial Cibinong yang telah memberi dukungan dalam bentuk apapun dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir.

9. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa di dalam pelaksanaan penelitian maupun penyusunan laporan ini terdapat banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan sebagai manusia yang masih dalam tahap belajar. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga laporan penulis selanjutnya dapat menjadi lebih baik. Akhir kata semoga laporan ini dapat memberi manfaat untuk memberikan informasi dalam mengembangkan teknologi penggunaan komposit berbasis *Nata de coco*.

Jakarta, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	vii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvi
Bab I Pendahuluan.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan Penelitian.....	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	3
Bab II Tinjauan Pustaka.....	5
II.1 Komposit.....	5
II.1.1 Komposit Sintetis.....	5
II.1.1.1 Komposit Polimer.....	6
II.1.1.2 Komposit Logam.....	7
II.1.1.3 Komposit Keramik.....	7
II.1.2 Komposit Alami (<i>Bio-Composite</i>).....	8
II.1.3 Komposit Bio-Sintetis.....	8
II.2 Selulosa.....	9
II.2.1 Selulosa Kayu.....	10
II.2.2 Selulosa Non-Kayu.....	10
II.2.3 Selulosa Fauna dan Flora Laut.....	10
II.2.4 Selulosa Bakteri.....	11
II.3 Ikat Silang (<i>Crosslink</i>).....	11
II.4 <i>Nata de coco</i>	12
II.4.1 Aplikasi di Industri Makanan.....	15
II.4.2 Aplikasi Medis.....	15
II.4.3 Aplikasi Industri dan Teknik.....	16
II.5 Gliserol.....	17
II.6 Asam Sitrat.....	18
II.7 NaOH.....	19

II.8 Pengeringan Selulosa <i>Nata De Coco</i>	20
II.9 Karakteristik Gugus Fungsi Komposit Selulosa <i>Nata de coco</i>	21
II.10 Kekuatan Tarik Komposit Selulosa <i>Nata de coco</i>	24
Bab III Metode	28
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
III.2 Alat dan Bahan Penelitian	28
III.2.1 Alat yang digunakan.....	28
III.2.2 Bahan yang digunakan	29
III.3 Variabel Penelitian	29
III.3.1 Variabel Tetap.....	29
III.3.2 Variabel Berubah.....	29
III.4 Prosedur.....	30
III.4.1 Persiapan Bahan	31
III.4.2 Pengeringan <i>Nata de coco</i> dengan Oven.....	31
III.4.3 Perendaman dalam Media Ikatan Silang (<i>crosslink</i>).....	31
III.4.4 Pemanasan dalam Oven Atmosfer	32
III.5 Karakterisasi Komposit Selulosa <i>Nata de coco</i>	32
III.5.1 Pengujian Karakteristik Gugus Fungsi.....	32
III.5.2 Pengujian Kekuatan Tarik.....	33
Bab IV Hasil dan Pembahasan	35
IV.1 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Selulosa <i>Nata de coco</i> dengan Media Ikatan Silang Asam Sitrat dan Gliserol.	35
IV.1.1 Pengaruh Waktu Perendaman yang Berbeda Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Komposit Selulosa <i>Nata de coco</i>	36
IV.2 Hasil Pengujian Gugus Fungsi Komposit Selulosa <i>Nata de coco</i>	38
IV.2.1 Hasil Pengujian Gugus Fungsi Komposit Selulosa <i>Nata de coco</i> dengan Pengeringan Oven Atmosfer.....	38
IV.2.2 Hasil Pengujian Gugus Fungsi Komposit <i>Nata de coco</i> dengan Pengeringan Oven Vakum.....	40
Bab V Penutup	42
V.1 Kesimpulan.....	42
V.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Lembar Surat Permohonan Penelitian.....	48
LAMPIRAN B Lembar Surat Izin Penelitian dari Lembaga Penelitian.....	49
LAMPIRAN C Lembar Bimbingan Tugas Akhir.....	50
LAMPIRAN D Lembar Surat Tugas Dosen Pembimbing 1.....	54
LAMPIRAN E Lembar Surat Tugas Dosen Pembimbing 2.....	55
LAMPIRAN F Gambar Bahan.....	56
LAMPIRAN G Gambar Alat.....	57
LAMPIRAN H Gambar Komposit Selulosa <i>Nata de coco</i>	61
LAMPIRAN I Perhitungan.....	62
LAMPIRAN J Hasil Uji Kekuatan Tarik Komposit Selulosa <i>Nata de coco</i> dengan Media Ikatan Silang (<i>crosslink</i>) Asam Sitrat dan Gliserol.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Klasifikasi komposit sintetis.....	6
Gambar II.2 Struktur bio-komposit alami.....	8
Gambar II.3 Struktur molekul selulosa.....	10
Gambar II.4 Struktur molekul <i>nata de coco</i>	13
Gambar II.5 (a) Struktur skematik dari <i>microfibrils</i> selulosa dan <i>ribbon</i> ., (b) Struktur jaringan dari <i>nata de coco</i> dalam larutan air.....	14
Gambar II.6 <i>Nata de coco</i> di industri makanan.....	15
Gambar II.7 <i>Nata de coco</i> sebagai pembalut luka dibidang medis.....	16
Gambar II.8 <i>Nata de coco</i> sebagai.....	16
Gambar II.9 Komposit <i>nata de coco</i>	17
Gambar II.10 Struktur molekul gliserol.....	18
Gambar II.11 Struktur molekul asam sitrat.....	19
Gambar II.12 Oven atmosfer (a)., Oven vakum (b) (LIPI Biomaterial, 2020).....	20
Gambar II.13 Skema prinsip kerja FTIR.....	22
Gambar II.14 Jenis-jenis vibrasi molekul.....	22
Gambar II.15 Grafik kekuatan tarik.....	25
Gambar II.16 Proses perubahan bentuk material uji.....	26
Gambar III.1 Diagram alir seluruh tahapan proses pembuatan komposit selulosa <i>nata de coco</i>	30
Gambar III.2 Alat <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	33
Gambar III.3 Alat <i>Universal Testing Machine</i> (UTM) (LIPI Biomaterial, 2020).....	34
Gambar IV.1 Pengaruh perbedaan waktu perendaman terhadap kekuatan tarik komposit selulosa <i>nata de coco</i>	36
Gambar IV.2 Spektra FTIR komposit <i>nata de coco</i> pengeringan oven atmosfer.....	39
Gambar IV.3 Spektra FTIR komposit selulosa pengeringan oven vakum.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Jenis Ikatan dan Absorpsi Inframerah.....	23
Tabel II.2 Kekuatan tarik <i>nata de coco</i> murni dan komposit <i>nata de coco</i>	25
Tabel III.1 Matriks Penelitian	30
Tabel IV.1 Data spektra FTIR komposit selulosa <i>nata de coco</i> oven atmosfer.....	39
Tabel IV.2 Data spektra FTIR komposit selulosa <i>nata de coco</i> oven vakum.....	40

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
ATR	: <i>Attenuated Total Reflectance</i>
CMCs	: <i>Ceramics Matrix Composites</i>
FTIR	: <i>Fourier Transform Infrared</i>
MMCs	: <i>Metal Matrix Composites</i>
PVA	: <i>Polivinil Alkohol</i>
UTM	: <i>Universal Testing Machine</i>

Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Teknologi material saat ini semakin banyak dikembangkan untuk menghasilkan suatu material baru yang memiliki karakteristik lebih baik. Material tersebut salah satunya adalah komposit. Material komposit semakin banyak dikembangkan karena memiliki banyak keunggulan seperti tahan korosi, ringan, kuat dan ramah lingkungan. Saat ini material komposit dengan penguat serat alam semakin banyak dan semakin luas perkembangannya (Hastuti dkk., 2018). Penggunaan bahan-bahan alam diminati karena bersifat ramah lingkungan dan mudah terurai. Salah satu bahan alam yang memiliki sifat ramah lingkungan, mudah terurai, tidak beracun, dan ketersediaannya melimpah di bumi adalah selulosa (Diharjo, 2006).

Selulosa menarik untuk dikembangkan dan dijadikan sebagai bahan dalam pembuatan komposit, karena ketersediaannya sangat melimpah di bumi. Selulosa sebagian besar terdapat pada tanaman tingkat tinggi, hingga organisme seperti protozoa, ganggang, dan bakteri (Fatriasari dkk., 2019). *Nata de coco* berasal dari hasil fermentasi air kelapa oleh bakteri *acetobacter xylinum*, bahan ini dipilih dalam pembuatan komposit karena *nata de coco* merupakan bahan alami yang mudah terurai sehingga dapat meminimalisir masalah lingkungan, selain itu *nata de coco* memiliki struktur rantai yang memiliki bentuk menyerupai pita-pita yang menjuntai dengan diameter 20-50 nm dan saling terikat satu sama lain secara kuat membentuk jaringan padat (Darmansyah, 2010). Hal ini yang membuat *nata de coco* menarik untuk dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan komposit.

Soykeabkeaw dkk (2008) telah mengembangkan komposit selulosa dari serat rami yang dibuat dengan metode perendaman dalam larutan LiCl/DMAc. Perendaman dalam larutan LiCl/DMAc dilakukan dengan variasi waktu perendaman 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 dan 12 jam. Hasil uji menunjukkan pada waktu perendaman selama 3-6 jam menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 29-33 MPa dan pada waktu perendaman 9

dan 12 jam menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 37 dan 40 MPa. Hasil nilai kekuatan tarik tersebut dapat dikatakan bahwa dalam waktu perendaman yang lebih lama dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik dari kompositnya.

Chiciudean (2011) telah mengembangkan komposit dari *nata de coco* dengan 2 jenis matriks yang berbeda yaitu PVA dan resin epoksi. Hasil uji menunjukkan bahwa komposit *nata de coco hybrid* dengan matriks resin epoksi memiliki kepadatan, modulus elastisitas, dan kekuatan tarik lebih baik dibandingkan dengan komposit *nata de coco* dengan matriks PVA.

Halpem dkk (2013) telah mengembangkan polimer termoset yang dibuat dengan metode ikatan silang (*crosslink*) menggunakan asam sitrat dan gliserol sebagai media pengikat silang, reaksi antara asam sitrat dan gliserol menghasilkan terbentuknya ikatan silang (*crosslink*) yang dapat membentuk reaksi esterifikasi dan menghasilkan gugus baru yaitu ester tanpa adanya penambahan katalis.

Berdasarkan penjelasan di atas maka menarik untuk membuat dan menghasilkan suatu material baru yaitu material komposit yang memiliki karakteristik kuat dan ringan berbahan dasar *nata de coco*, dibuat melalui proses pembentukan ikatan silang (*crosslink*) dengan media pengikat silang asam sitrat dan gliserol dan menggunakan dua jenis metode pengeringan yaitu oven atmosfer dan oven vakum serta empat variasi waktu perendaman yaitu 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 24 jam. Pengujian yang dilakukan pada pembuatan komposit selulosa *nata de coco* yaitu pengujian gugus fungsi dan pengujian kekuatan tarik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, maka masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bagaimana pengaruh waktu perendaman yang berbeda terhadap sifat kekuatan tarik komposit selulosa berbahan dasar *nata de coco* dengan media ikatan silang (*crosslink*) asam sitrat dan gliserol?
2. Bagaimana karakteristik gugus fungsi pada komposit selulosa berbahan dasar *nata de coco* dengan media ikatan silang (*crosslink*) asam sitrat dan gliserol?

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan baku yang digunakan berupa selulosa bakteri dari bakteri *acetobacter xylinum* yaitu *nata de coco*.
2. Gliserol dan Asam Sitrat digunakan sebagai agen dalam pembentuk Ikatan silang (*Crosslink*).
3. Asam Sitrat dan gliserol dilarutkan dengan perbandingan molaritas 1:1.
4. Metode yang digunakan yaitu metode pembentukan Ikatan Silang (*Crosslink*) yang dilakukan dengan metode perendaman.
5. Pengujian karakteristik sifat kekuatan tarik komposit *nata de coco* dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).
6. Pengujian karakteristik gugus fungsi komposit *nata de coco* dilakukan dengan menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui sifat kekuatan tarik komposit selulosa berbahan dasar *nata de coco* dengan media ikatan silang (*crosslink*) asam sitrat dan gliserol.
2. Mengetahui karakteristik gugus fungsi komposit selulosa berbahan dasar *nata de coco* dengan media ikatan silang (*crosslink*) asam sitrat dan gliserol.

I.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat untuk industri

Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai masukan untuk industri pengolahan *nata de coco*, bahwa *nata de coco* tidak hanya dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan.

2. Manfaat untuk Masyarakat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi produk yang berguna untuk masyarakat dengan memanfaatkan bahan yang mudah didapat yaitu *nata de coco*.

3. Manfaat untuk Perkembangan Ilmu Pengetahuan

- a. Memberikan informasi terkait *nata de coco* yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan material komposit.
- b. Memberikan informasi mengenai penggunaan media ikatan silang (*crosslink*) dalam pembuatan material komposit *nata de coco*.

Bab II Tinjauan Pustaka

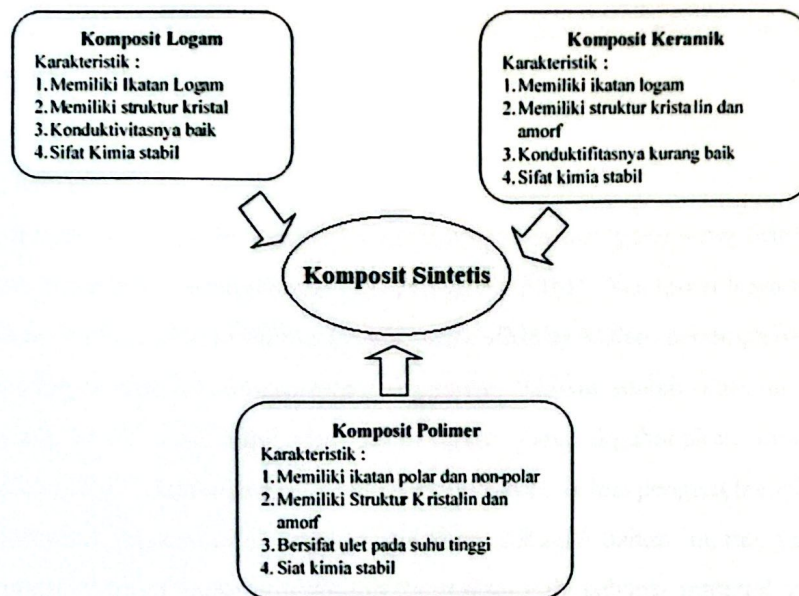
II.1 Komposit

Komposit adalah material yang tersusun dari dua atau lebih bahan yang dibuat dengan cara menggabungkannya, bahan-bahan yang dicampurkan dalam pembuatan material komposit memiliki sifat fisik yang berbeda-beda. Komposit dibuat untuk menghasilkan suatu material baru yang memiliki karakteristik lebih baik seperti kuat, ringan, tangguh, serta dapat diaplikasikan ke berbagai bidang aplikasi seperti pesawat terbang, otomotif, struktur elektronik, dan bahan bangunan (Thomas dkk., 2012).

Komposit umumnya tersusun dari dua bagian yaitu matriks dan penguat. Penguat (*reinforcement*) merupakan bahan yang memiliki sifat ulet, kaku, dan lebih kuat. Fungsi utama penggunaan penguat (*reinforcement*) adalah sebagai penopang material komposit, oleh karena itulah tingkat kekuatan material komposit sangat bergantung pada penguat yang digunakan (Lee dkk., 2009). Komposit diklasifikasikan dalam berbagai jenis diantaranya adalah komposit sintetis, komposit alam (*bio-composite*), dan komposit sintetis alam (Chiciudean, 2011).

II.1.1 Komposit Sintetis

Komposit Sintetis merupakan komposit yang paling banyak ditemukan dalam kehidupan manusia, bahkan hampir lebih dari 50% material yang terdapat di lingkungan tempat manusia tinggal terbuat dari komposit sintetis. Adapun beberapa contoh dari material komposit sintetis yaitu beton, baja, dll (Chiciudean, 2011). Berdasarkan matriksnya komposit sintetis diklasifikasikan menjadi 3 yaitu komposit keramik, komposit polimer, dan komposit logam. Umumnya komposit sintetis polimer biasa disebut komposit dengan resin (Chiciudean, 2011). Karakteristik yang dimiliki oleh ketiga klasifikasi komposit sintetis ditunjukkan pada Gambar II.1.



Gambar II.1 Klasifikasi komposit sintetis (Chiciudean, 2011).

II.1.1.1 Komposit Polimer

Terdapat beberapa jenis polimer yang paling sering digunakan sebagai matriks pada komposit polimer. Matriks pada komposit polimer dikasifikasikan menjadi 2 yaitu polimer termoplastik dan polimer termoset, jenis polimer termoplastik yang banyak digunakan sebagai matriks dalam komposit yaitu polipropilena, polietilena, nilon dan polikarbonat, sedangkan jenis polimer termoset yang sering digunakan dalam komposit yaitu resin epoxy, poliester, *phenolic*, PVA, dan poliamida (Maryanti dkk., 2011). Adapun bahan penguat (*reinforcement*) yang umum digunakan dalam pembuatan komposit polimer adalah serat. Terdapat dua jenis serat dalam komposit polimer yaitu serat keramik dan serat alam, jenis serat keramik yang sering digunakan adalah *fiberglass* dan *basalt fibber*, dan serat alam yang paling sering digunakan adalah serat aramid, serat kapas dan serat rami (Chiciudean, 2011). Karakteristik komposit polimer sangat tergantung pada perbandingan antara penguat (*reinforcement*) dan matriks. Faktor lain yang dapat mempengaruhi karakteristik komposit polimer adalah orientasi seratnya. Produk dari komposit polimer banyak diaplikasikan dalam bidang

industri terutama industri otomotif seperti mobil, pesawat terbang dan kapal laut (Chiciudean, 2011).

II.1.1.2 Komposit Logam

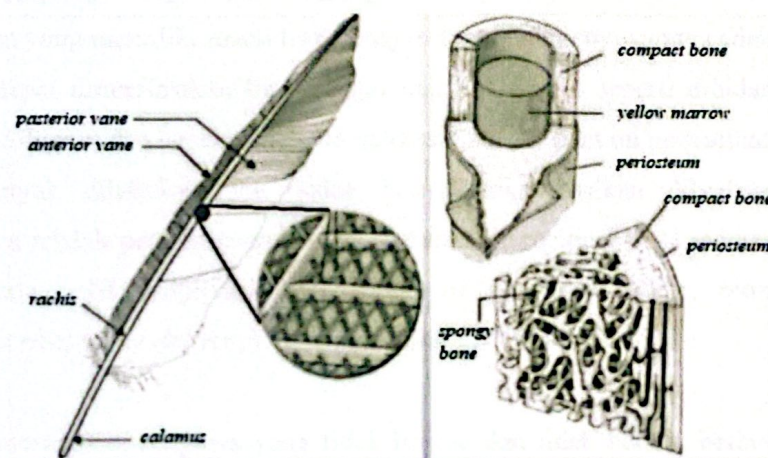
Sesuai dengan namanya Komposit logam merupakan komposit yang dibuat dengan menggunakan matriks berupa logam ulet (Callister, 2014). Komposit logam atau yang lebih dikenal sebagai *Metal Matrix Composites* (MMCs). Dalam beberapa literatur lain komposit logam disebut sebagai material paduan. Paduan adalah material berbentuk padat yang terdiri dari satu atau lebih bahan yang digabungkan menjadi satu (Chiciudean, 2011). Berbeda dengan komposit polimer, bahan penguat (*reinforcement*) pada komposit logam tidak selalu dijadikan sebagai bahan utama yang dapat memperkuat material komposit, namun digunakan pula sebagai material yang dapat mengubah sifat fisik seperti koefisien gesek dan konduktivitas termal. Komposit logam banyak diaplikasikan dalam bidang industri otomotif seperti cakram rem (Chiciudean, 2011). Material logam yang umum digunakan dalam komposit jenis ini yaitu aluminium, magnesium, titanium, dan tembaga. Komposit logam ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan komposit matriks polimer lainnya, beberapa keunggulan yang dimiliki oleh komposit jenis ini adalah tidak mudah terbakar, tingkat resistensi terhadap cairan organik lebih besar (Callister, 2014).

II.1.1.3 Komposit Keramik

Komposit Keramik atau yang lebih dikenal sebagai *ceramics matrix composites* (CMCs). Dalam komposit keramik penggunaan bahan penguat (*reinforcement*) memiliki tujuan untuk memberikan ketangguhan, jika tidak karakteristik komposit keramik akan rapuh. Jenis bahan penguat (*reinforcement*) dalam komposit keramik diklasifikasikan menjadi dua yaitu oksida dan non-oksida. Jenis oksida yang paling umum digunakan dalam komposit keramik adalah alumina, silika, barium aluminosilikat, lithium aluminosilikat, dan kalsium aluminosilikat, dan untuk jenis non-oksida yang paling umum digunakan dalam komposit keramik adalah SiC, Si₃N₄, boron, dan AlN (Chiciudean, 2011).

II.1.2 Komposit Alami (Bio-Composite)

Komposit alam merupakan komposit yang dihasilkan dari proses biologis. Salah satu contoh komposit alam adalah Kayu. Struktur pada kayu mirip dengan struktur pada komposit sintetis, di dalam struktur kayu mengandung fase keras yang berorientasi untuk kekuatan dan kekakuan, serta memiliki fase lunak yang berorientasi untuk ketangguhan. Contoh lain dari komposit alam adalah gigi, tulang, kulit, daun, tanaman, dan bulu burung (Chiciudean, 2011). Pada dasarnya setiap organ pada makhluk hidup merupakan komposit alam karena memiliki struktur dan fungsi biologis. Salah satu struktur komposit alam yaitu bulu burung terlihat pada Gambar II.2.



Gambar II.2 Struktur bio-komposit alami (Chiciudean, 2011)

II.1.3 Komposit Bio-Sintetis

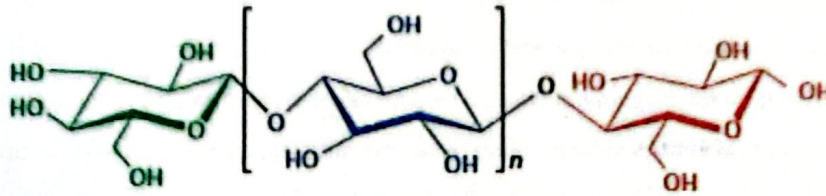
Komposit Bio-sintetis termasuk ke dalam bahan hibrida karena mengandung satu atau lebih senyawa komposit alam (*bio-composite*). Komposit bio-sintetis biasanya digunakan untuk bahan konstruksi seperti jerami, tanah yang dijadikan sebagai konstruksi rumah, selain itu kayu dan batu yang dijadikan sebagai senjata. Saat ini masyarakat modern menggunakan teknologi tinggi telah menjadikan komposit bio-sintetis untuk di aplikasikan dalam bidang industri otomotif dan medis. Di era modern seperti saat ini komposit bio-sintetis terbagi menjadi 2 kelompok, berdasarkan komponen kimia komposit bio-sintetis terdapat 2 jenis yaitu selulosa dan non-selulosa. Umumnya komposit berbasis selulosa merupakan komposit yang mengandung

senyawa alami seperti serat selulosa sedangkan komposit berbasis non-selulosa merupakan komposit yang mengandung kalsium, komposit jenis ini banyak digunakan dalam aplikasi medis (Chiciudean, 2011).

II.2 Selulosa

Selulosa merupakan polimer alami yang ketersediaannya sangat banyak di alam. Perkiraan jumlah produksinya mencapai 10^9 sampai 10^{12} ton/tahun. Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel pada tumbuhan dari pohon tingkat tinggi hingga organisme seperti alga, flagelata, dan bakteri. Selulosa merupakan karbohidrat yang memiliki rantai lurus dengan monomer penyusunnya adalah glukosa. Selulosa dapat dimanfaatkan ke berbagai macam bidang, seperti dibidang industri, bidang kedokteran dan kesehatan, serta aplikasi lainnya. Saat ini pemanfaatan selulosa sudah banyak dilakukan dan sudah banyak diaplikasikan diberbagai bidang, diantaranya adalah pemanfaatan sebagai bahan konvensional pada industri kayu dan kertas, serta aplikasi-aplikasi lainnya seperti penyedia energi, biomedis, dan penghantar obat (*drug delivery*). (Fatriasari dkk., 2019).

Selulosa merupakan senyawa yang tidak berbau dan tidak berasa, berbentuk padat, berwarna putih, memiliki titik leleh $500-510\text{ }^{\circ}\text{C}$ Selulosa memiliki beberapa karakteristik yaitu bersifat terbarukan (*renewable*), memiliki sifat *biokompatible* dengan sel-sel dalam tubuh manusia, dapat terdegradasi secara biologis, memiliki densitas $1,58\text{ g/cm}^3$, nilai kekakuan tinggi sebesar 143 Gpa, kekuatan tarik tinggi hingga mencapai 7,5 Gpa, dan tidak beracun (*non-toxic*). Selulosa merupakan homopolimer dengan rumus kimia $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$, yang terdiri dari unit β -D glukopiranososa yang saling terikat dengan ikatan (1,4) glikosida. Selulosa mengandung 3 komponen yaitu karbon, hidrogen, dan oksigen (Fatriasari dkk., 2019). Struktur molekul selulosa terlihat pada Gambar II.3.



Gambar II.3 Struktur molekul selulosa (Wertz dkk., 2010).

II.2.1 Selulosa Kayu

Selulosa kayu merupakan sumber utama dari selulosa. Dalam kelompok besar Kayu terdiri dari 2 jenis yaitu kayu daun lebar (*hardwood*) dan kayu daun jarum (*softwood*). Perbedaan dari kedua jenis kayu tersebut terletak pada sel-sel penyusunnya. Struktur yang dimiliki oleh kayu daun jarum lebih seragam dibandingkan dengan struktur kayu daun lebar, kayu daun lebar memiliki struktur lebih kompleks. Struktur yang terdapat pada kayu merupakan biokomposit yang terdiri dari matriks dan penguat (*reinforcement*). Biokomposit pada kayu mengandung lignoselulosa dengan struktur kompleks, dengan adanya kandungan dan struktur seperti itulah pohon dapat dikatakan sebagai material yang kuat dan tangguh (Fatriasari dkk., 2019).

II.2.2 Selulosa Non-Kayu

Jenis selulosa ini bersumber pada produk-produk biomassa non-kayu seperti kelompok produk perkebunan meliputi kapas, kapuk, tandan kosong kelapa sawit (tkks), kelompok serat-serat alam meliputi serat rami, serat jute, kenaf, ganja (*hemp*), dan murbai dan kelompok rumput-rumputan meliputi jerami padi, jerami gandum, atau bagas seperti tebu dan sorgum. Selulosa yang bersumber dari bahan-bahan non-kayu memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan selulosa yang bersumber pada kayu, keunggulan-keunggulan tersebut diantaranya adalah memiliki kandungan lignin lebih rendah, waktu panen lebih singkat, dapat diperbaharui dalam waktu singkat (Fatriasari dkk., 2019).

II.2.3 Selulosa Fauna dan Flora Laut

Selulosa yang bersumber pada fauna dan flora laut berbeda dengan selulosa pada sumber-sumber lain. Selulosa jenis ini banyak ditemukan pada binatang laut bernama

tunicin. Struktur selulosa yang dimiliki oleh tunicin berbeda dengan struktur selulosa yang dimiliki oleh sumber selulosa tumbuhan. Struktur selulosa yang dimiliki oleh tunicin tersusun secara acak atau terorganisasi dengan baik seperti membentuk sebuah anyaman, berbeda dengan struktur selulosa pada tumbuhan yang memiliki arah orientasi serat yang membentuk sudut mikrofibril tertentu dan membentuk struktur heliks. Selulosa tunicin diperoleh dari kulit mantel tunicin yang diisolasi melalui proses oksidasi dengan katalis TEMPO atau melalui proses hidrolisis asam menggunakan larutan H_2SO_4 atau HCl dengan konsentrasi tinggi. Selain bersumber dari fauna, selulosa juga terdapat dalam flora laut seperti rumput laut, selulosa dari rumput laut dapat diperoleh melalui proses alkali menggunakan larutan NaOH dan proses pemutihan menggunakan $NaOCl_2$ kemudian dilanjutkan proses oksidasi menggunakan katalis TEMPO (Fatriasari dkk., 2019).

II.2.4 Selulosa Bakteri

Selulosa bakteri merupakan selulosa yang berasal dari proses sintesis dan sekresi dari bakteri hingga membentuk untaian benang selulosa yang membentuk sebuah jaringan hingga menjadi membran selulosa. Selulosa bakteri banyak dihasilkan melalui proses sintesis menggunakan bakteri *acetobacter sp.*, karena bakteri jenis ini merupakan jenis bakteri yang baik. Selulosa bersumber dari bakteri ini memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan selulosa dari bahan lignoselulosa karena selulosa bakteri memiliki derajat kristalinitas tinggi hingga mencapai 85%, densitasnya rendah, kekuatan tarik tinggi serta tidak mengandung komponen non selulosa yaitu lignin dan hemiselulosa (Fatriasari dkk., 2019).

II.3 Ikat Silang (*Crosslink*)

Ikatan silang atau (*crosslink*) merupakan suatu rangkaian rantai polimer yang saling terhubung atau terikat dengan rantai polimer lain (Rachmah, 2012). Ikatan silang merupakan teknik dalam pemrosesan polimer yang melibatkan ikatan kimia antara agen-agen pengikat silangnya (Bhattacharya dkk., 2009). Komposit selulosa *nata de coco* dibuat dengan metode perendaman dalam media ikatan silang (*crosslink*)

menggunakan asam sitrat dan gliserol. Proses perendaman dilakukan untuk sampel yang sudah melalui proses pengeringan menggunakan dua jenis oven, yaitu oven Asam sitrat yang memiliki 3 gugus karboksil yaitu COOH, apabila gugus karboksil dari asam sitrat berikatan dengan gugus hidroksil dari *nata de coco* dan gliserol dapat membentuk gugus baru yaitu gugus ester yang terbentuk dari reaksi esterifikasi. Halpern dkk (2013) telah mengembangkan polimer termoset yang dibuat dengan media ikatan silang (*crosslink*) dengan asam sitrat dan gliserol. Asam sitrat dan gliserol sebagai media ikatan silang dapat membentuk gugus baru yaitu ester.

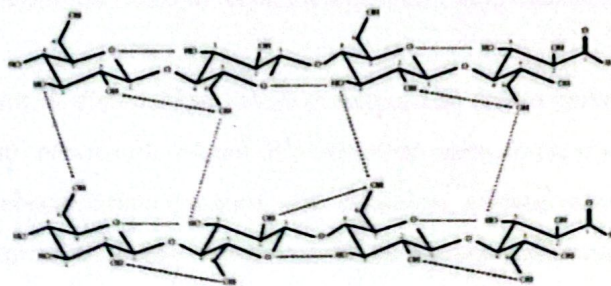
Umumnya Ikatan silang dibedakan menjadi 2 yaitu ikatan silang kimia (*Chemical crosslink*) dan ikatan silang fisika (*Physical crosslink*). Ikatan silang kimia (*Chemical crosslink*) dapat terbentuk dalam ikatan kovalen maupun ion. Ikatan silang fisika atau (*Physical crosslink*) merupakan ikatan yang terbentuk karena adanya proses termal, apabila ikatannya putus akibat mengalami proses pemanasan, ikatan tersebut dapat kembali mengikat setelah proses pendinginan. Proses terbentuknya *crosslink* dalam material polimer memiliki banyak manfaat yaitu dapat meningkatkan kekuatan tarik (*tensile strength*), meningkatkan ketahanan retak pada material, dapat membuat material memiliki sifat tahan panas, dan tahan terhadap bahan kimia (Permono, 2015).

II.4 *Nata de coco*

Nata merupakan suatu zat yang memiliki bentuk menyerupai gel yang tidak larut dalam air (Pardosi, 2008). *Nata de coco* merupakan polimer alami yang sifatnya mirip dengan *hydrogel*, mengandung kadar air tinggi yaitu 98-99%, memiliki kemampuan menyerap cairan yang baik, dan bersifat non-alergenik (Ciechanska, 2004). *Nata de coco* adalah produk hasil fermentasi dari air kelapa dengan bakteri *acetobacter xylinum*. Awal mula adanya *nata de coco* adalah karena seringkali air kelapa dibuang ke lingkungan dan dalam beberapa hari air kelapa yang dibuang tersebut akan membusuk dan menimbulkan bau yang tidak sedap, untuk mengurangi hal tersebut beberapa orang mencoba memanfaatkan air kelapa tersebut menjadi bahan makanan bernama *nata de*

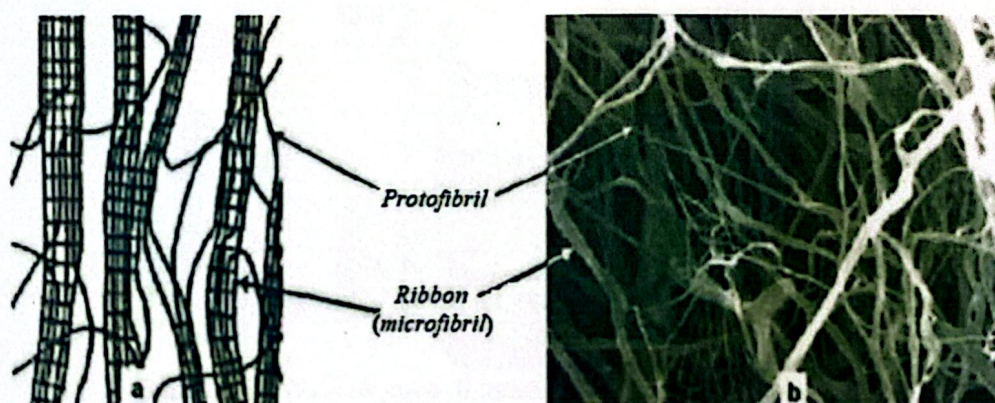
coco melalui proses fermentasi (Nurdyansyah, dan Widyastuti., 2017). Proses pembuatan *nata de coco* diawali dari mencampurkan semua bahan yaitu air kelapa, gula, urea, dan asam asetat glasial, kemudian campuran bahan tersebut dipanaskan selama 5 menit sampai mendidih lalu diamkan selama 24 jam, lalu bibit nata yaitu *acetobacter xylinum* ditumbuhkan ke dalam media air kelapa tersebut, secara perlahan dalam media air kelapa akan membentuk serat, air kelapa yang sudah melalui proses-proses tersebut secara perlahan akan berubah menjadi padatan berwarna putih, semua proses dilakukan secara terkontrol (Darmansyah, 2010). Proses pembuatan *nata de coco* umumnya terjadi selama 6-7 hari pada suhu sekitar 27-28 °C (Hidayati dkk., 2016).

Nata de coco memiliki struktur molekul sama dengan selulosa pada tanaman yaitu $[C_6H_{10}O_5]_n$, namun sifat kimianya berbeda. Meskipun *nata de coco* memiliki struktur molekul sama dengan selulosa pada tanaman namun susunan serat yang dimiliki oleh *nata de coco* lebih baik dibandingkan dengan selulosa pada tanaman. Setiap serat yang terkandung dalam *nata de coco* memiliki diameter 50 nm yang tersusun atas serat-serat tunggal dengan diameter 0,1 - 0,2 nm, serat-serat dalam *nata de coco* saling berikatan satu sama lain membentuk struktur jaringan (Pardosi, 2008). Gugus fungsional yang dimiliki oleh *nata de coco* adalah gugus *hydroxyl* atau gugus -OH. Gugus -OH yang terkandung dalam *nata de coco* inilah yang membuat *nata de coco* memiliki sifat *hydrophilic*, selain itu gugus -OH ini dapat berinteraksi dengan gugus fungsional lainnya seperti gugus -O, -N, dan -S interaksi antara gugus fungsional ini akan membentuk ikatan hidrogen (Darmansyah, 2010). Struktur molekul dari *nata de coco* terlihat pada Gambar II.4.



Gambar II.4 Struktur molekul *nata de coco* (Esa dkk., 2014)

Nata de coco adalah salah satu bahan pangan yang banyak dikembangkan di Indonesia (Darmansyah, 2010). *Nata de coco* merupakan bahan alami yang memiliki beberapa kelebihan yaitu, diproduksi dari hasil pemanfaatan limbah air kelapa, proses pembuatannya mudah dan murah, memiliki sifat mudah terurai atau *biodegradable* (Purwanto A., dan Afrizal, 2011). *Nata de coco* digunakan sebagai bahan dalam penelitian ini, karena *nata de coco* terbukti memiliki banyak keunggulan seperti kemurnian tinggi, derajat kristalinitas tinggi, memiliki nilai kerapatan antara 300 dan 900 kg/m³, kekuatan tarik tinggi dan bersifat elastis (Gustian dkk., 2005). *Nata de coco* memiliki *protofibril* atau struktur serat yang saling terikat satu sama lain seperti pita membentuk *microfibrils* yang memiliki diameter 20-50 nm dengan ketebalan 3-4 nm, lebar ~80 nm dan panjang 1-9 μ m. Struktur serat yang dimiliki oleh *nata de coco* inilah yang membuat *nata de coco* memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi (Darmansyah, 2010). Struktur *nata de coco* dan struktur serat dari *nata de coco* dapat dilihat pada Gambar II.5.



Gambar II.5 (a) Struktur skematik dari *microfibrils* selulosa dan *ribbon*., (b) Struktur jaringan dari *nata de coco* dalam larutan air (Darmansyah, 2010)

Nata de coco banyak dimodifikasi untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti bidang kesehatan, elektronik, teknik dll. Selain itu *nata de coco* juga sudah banyak dimanfaatkan sebagai bahan penguat atau dijadikan sebagai matriks pada material komposit (Muhajir dkk., 2018). Tingginya derajat kristalinitas yang dimiliki oleh *nata de coco* disebabkan karena *nata de coco* tidak mengandung komponen nonselulosa

yaitu lignin dan hemiselulosa (Fatriasari dkk., 2019). *Nata de coco* merupakan bahan alami yang tidak mengandung racun sehingga dapat dimanfaatkan dan diaplikasikan ke berbagai bidang seperti industri makanan, dibidang kesehatan atau medis, serta dibidang teknik seperti material komposit karena *nata de coco* memiliki sifat mekanik yang baik (Chiciudean, 2011).

II.4.1 Aplikasi di Industri Makanan

Nata de coco umumnya dimanfaatkan sebagai bahan makanan yang mirip dengan jeli atau agar-agar, *nata de coco* di beberapa negara banyak dimanfaatkan sebagai makanan penutup. Di negara Filipina dan Jepang *nata de coco* sangat populer dan banyak disukai karena *nata de coco* mengandung serat tinggi, rendah lemak, serta rendah kadar kolesterol nya (Chiciudean, 2011). *Nata de coco* yang diaplikasikan dalam bidang industri makanan dapat terlihat pada Gambar II.6.



Gambar II.6 *Nata de coco* di industri makanan (Chiciudean, 2011)

II.4.2 Aplikasi Medis

Nata de coco yang diperoleh dari aktivitas bakteri dan bukan berasal dari manusia atau hewan saat ini telah dimodifikasi dan dapat dimanfaatkan dalam bidang medis seperti pembalut luka yang dapat menumbuhkan jaringan baru untuk tulang atau sebagai pengganti jaringan lunak. Pemanfaatan *nata de coco* sebagai pembalut luka ini dikarenakan *nata de coco* bersifat aman bagi tubuh atau *biocompatible*, karena *nata de coco* merupakan bahan yang bukan berasal dari hewan atau manusia sehingga

pemanfaatannya untuk bidang medis tidak berisiko terjadinya penularan penyakit jika diaplikasikan sebagai pembalut luka. Pembalut luka dari *nata de coco* ini umumnya digunakan sebagai pembalut luka untuk luka bisul atau luka bakar (Shah dkk., 2013). Saat ini sudah ada industri yang memproduksi pembalut luka dari *nata de coco*. Pembalut luka ini dapat diaplikasikan untuk jenis luka seperti luka bakar, bisul dll (Chiciudean, 2011). Pembalut luka dari *nata de coco* dapat terlihat pada Gambar II.7.



Gambar II.7 *Nata de coco* sebagai pembalut luka dibidang medis (Chiciudean, 2011)

Selain dapat dimanfaatkan sebagai pembalut luka, *nata de coco* juga dapat dimanfaatkan sebagai *dialysis filter* yang digunakan dalam perawatan orang yang memiliki penyakit gagal ginjal (Chiciudean, 2011). Dialysis filter tersebut terlihat pada Gambar II.8.



Gambar II.8 *Nata de coco* sebagai *dialysis filter* di bidang medis (Chiciudean, 2011)

II.4.3 Aplikasi Industri dan Teknik

Nata de coco murni memiliki bentuk berupa lembaran. *Nata de coco* murni terbukti memiliki sifat mekanik diantaranya adalah memiliki sifat modulus elastisitas yang baik

serta memiliki nilai kekuatan tarik yang relatif tinggi. Hal itulah yang membuat *nata de coco* memiliki potensi untuk di aplikasikan ke berbagai bidang industri. Saat ini pemanfaatan *nata de coco* untuk industri sudah cukup banyak salah satunya pada industri kertas dan aplikasi teknik. Mormino R dan Bungay H (2003) telah mengembangkan kertas yang memiliki kekuatan lebih baik, kertas tersebut dibuat dengan cara memodifikasi lembaran *nata de coco* dengan kertas daur ulang, hasilnya dapat diaplikasikan untuk industri pembuatan uang kertas dan perkamen. Selain itu pemanfaatan *nata de coco* untuk aplikasi teknik sudah cukup banyak salah satunya adalah *speaker audio* pada *headphone*. Pemanfaatan *nata de coco* untuk aplikasi teknik seperti *headphone* ini dipilih karena *nata de coco* memiliki stabilitas dimensi yang baik, rentang frekuensi yang luas, serta memiliki sifat kaku. Selain dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan industri kertas dan *headphone*, *nata de coco* juga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan komposit yang diperkuat dengan bahan-bahan polimer seperti plastik (Chiciudean, 2011). Komposit dari *nata de coco* terlihat pada Gambar II.9.

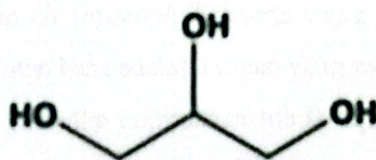


Gambar II.9 Komposit *nata de coco* (Nogi, M., dan Yano, H. 2008)

II.5 Gliserol

Gliserol adalah senyawa dengan rumus molekul $C_3H_5(OH)_3$. Gliserol merupakan senyawa polar yang berbentuk cairan kental, tidak berwarna atau transparan, memiliki rasa manis, tidak larut dalam air, larutar polar, hidrokarbon, dan larutan non polar lainnya (Mota, dkk., 2017). Gliserol memiliki titik lebur $20^{\circ}C$ dan titik didih tinggi

sebesar 290 °C serta bersifat higroskopis. Sifat higroskopis yang dimiliki gliserol menjadikan gliserol sering dimanfaatkan sebagai bahan pemlastis (*plasticizer*) dalam pembuatan *plastic biodegradable* atau *edible film* (Khairun Nisah, 2017). Penggunaan gliserol sebagai bahan pemlastis atau *plasticizer* dalam industri polimer bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik dan sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekakuan, ketahanan elektrik, suhu transisi gelas, dll (Pardosi, 2008). Gliserol merupakan *plasticizer* yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekular (Sinaga dkk., 2014). Gliserol digunakan karena gliserol dapat meningkatkan elastisitas, memperlemah kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer (Utami dan Widiarti, 2014). Awalnya gliserol digunakan dalam produk-produk seperti sabun, kosmetik, obat-obatan, dan produk makanan, namun akhir-akhir ini gliserol lebih sering digunakan dalam industri kimia dan dijadikan sebagai bahan baku untuk produksi polimer (Mota, dkk., 2017). Sumber utama gliserol diperoleh dari pengolahan minyak nabati, biasanya gliserol diperoleh dari hasil produk samping industri oleokimia dan industri petrokimia (Pardosi, 2008). Struktur molekul gliserol terlihat pada Gambar II.10.

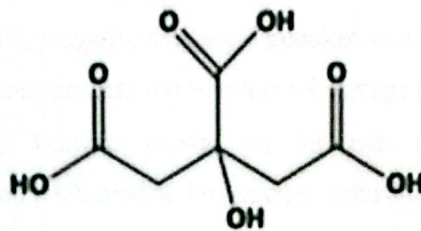


Gambar II.10 Struktur molekul gliserol (Mota, dkk., 2017)

II.6 Asam Sitrat

Asam sitrat adalah asam organik yang memiliki rumus kimia $C_6H_8O_7$. Rasa asam yang terkandung dalam asam sitrat merupakan berasal dari 3 gugus karboksil yang dimiliki oleh asam sitrat yaitu $-COOH$ (Rachmah, 2012). Asam sitrat banyak terkandung dalam daun, buah atau tumbuhan genus citrus (jeruk-jerukan), Selain itu asam sitrat merupakan asam organik yang dapat digunakan sebagai bahan pengawet alami dan

tidak berbahaya. Pada suhu kamar asam sitrat berbentuk bubuk kristal berwarna putih. Asam sitrat dapat digunakan sebagai bahan penyedap makanan dan memberikan rasa asam alami dalam makanan atau minuman (Rachmah, 2012). Asam sitrat dapat juga digunakan sebagai antioksidan yang bersifat ramah lingkungan. Asam sitrat banyak dimanfaatkan diberbagai bidang terutama bidang industri seperti industri farmasi, industri makanan dan minuman sekitar, dan industri lainnya. Struktur molekul asam sitrat terlihat pada Gambar II.11.



Gambar II.11 Struktur molekul asam sitrat (Mota, dkk 2017)

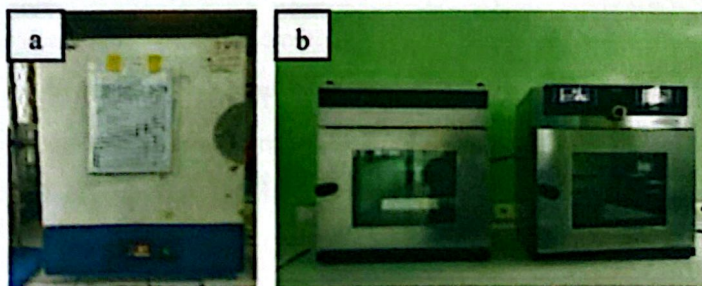
II.7 NaOH

Natrium Hidroksida atau NaOH merupakan bahan kimia yang lebih dikenal soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida. NaOH termasuk larutan basa kuat yang bersifat mudah larut dalam air (*hydrophylic*) serta dapat terionisasi sempurna. Teori Arrhenius mengatakan larutan basa adalah larutan yang membentuk ion OH^- di dalam air. NaOH bersifat iritan terhadap permukaan tubuh seperti kulit, mata dan saluran pernafasan. Sifat iritan yang dimiliki oleh NaOH dapat menyebabkan luka, rasa gatal serta peradangan. Selain itu NaOH bersifat korosif, memiliki bentuk padat berwarna putih dan merupakan bahan kimia reaktif dan mudah terbakar. Selain digunakan sebagai bahan baku industri, NaOH juga banyak digunakan sebagai pelarut alkali dalam proses alkali. NaOH bersifat higroskopis atau mudah menyerap uap air, memiliki kelarutan tinggi (Pumpente dkk., 2019).

II.8 Pengeringan Selulosa *Nata De Coco*

Pengeringan merupakan suatu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan air dari suatu bahan dengan cara menguapkannya menggunakan energi panas (Musaddad, D., 2017). Proses pengeringan selulosa *nata de coco* ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terkandung di dalam *nata de coco*. Pengeringan selulosa *nata de coco* dilakukan menggunakan dua jenis oven yang berbeda yaitu oven atmosfer dan oven vakum. Pengeringan oven atmosfer merupakan metode pengeringan konvensional untuk mengeluarkan air dari bahan yang dikeringkan. Pengeringan menggunakan oven vakum merupakan metode pengeringan yang digunakan untuk mengeluarkan air dari bahan yang dikeringkan dengan cara menurunkan tekanan parsial uap air dari udara di dalam ruang pengering. Tekanan parsial uap air pada saat proses pengeringan menggunakan oven vakum lebih rendah dari tekanan atmosfer (Asgar dkk., 2013).

Proses pengeringan menggunakan oven vakum ini memiliki keunggulan yaitu proses pengeringannya berlangsung lebih cepat walaupun proses pengeringannya terjadi pada suhu dan tekanan rendah (Asgar dkk., 2013). Asgar dkk (2013) mengatakan bahwa proses pengeringan dengan menggunakan oven vakum lebih baik dibandingkan dengan proses pengeringan dengan menggunakan oven atmosfer. Hal ini dikarenakan proses pengeringan dengan menggunakan oven vakum terjadi pada suhu dan tekanan rendah sehingga hasil pengeringannya memiliki kualitas yang lebih baik serta sampel yang dikeringkan tidak mengalami kerusakan warna, rasa, dan sifat fisik bahan. Oven atmosfer dan oven vakum ditunjukkan pada Gambar II.12.

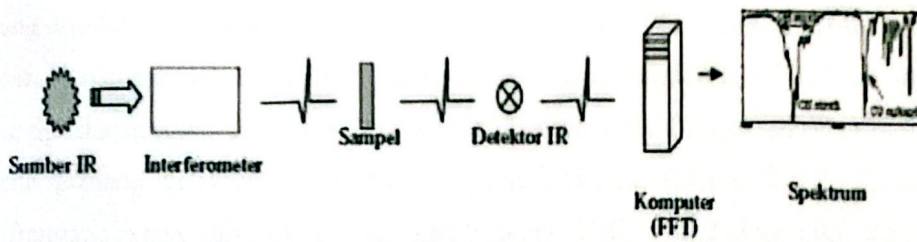


Gambar II.12 Oven atmosfer (a), Oven vakum (b) (LIPI Biomaterial, 2020)

II.9 Karakteristik Gugus Fungsi Komposit Selulosa *Nata de coco*

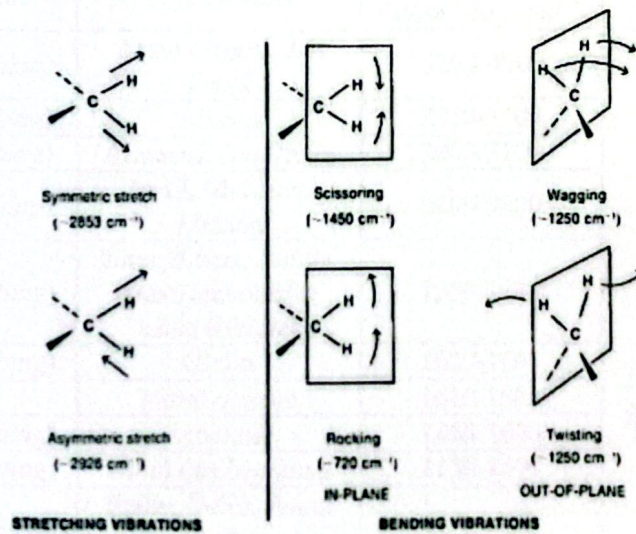
Karakteristik gugus fungsi merupakan pengujian yang umum dilakukan untuk mengetahui atau menganalisis gugus fungsi yang terdapat dalam sampel uji. Karakteristik gugus fungsi pada komposit selulosa berbahan dasar *nata de coco* dapat dipengaruhi oleh penggunaan bahan yaitu *nata de coco* serta penggunaan asam sitrat dan gliserol sebagai media ikatan silang (*crosslink*). Asam sitrat memiliki 3 gugus karboksil yaitu COOH, apabila gugus karboksil dari asam sitrat berikatan dengan gugus hidroksil dari *nata de coco* dan gliserol dapat membentuk gugus baru yaitu gugus ester yang terbentuk dari reaksi esterifikasi. Halpern dkk (2013) telah mengembangkan polimer termoset yang dibuat dengan media ikatan silang (*crosslink*) dengan asam sitrat dan gliserol. Asam sitrat dan gliserol sebagai media ikatan silang dapat membentuk gugus baru yaitu ester. Hasil uji gugus fungsi menunjukkan pada panjang gelombang 3290 cm^{-1} dan 1032 cm^{-1} terdapat gugus O-H dari gliserol, pada panjang gelombang 1694 cm^{-1} terdapat gugus C-O dari asam sitrat, dan pada panjang gelombang 1724 cm^{-1} terdapat gugus baru yaitu C=O dari ester dan pada panjang gelombang 1176 cm^{-1} terdapat gugus C-O dari ester. Untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi dari komposit *nata de coco* perlu dilakukan pengujian karakteristik gugus fungsi dengan menggunakan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

Prinsip kerja dari alat FTIR yaitu dengan cara mendeteksi senyawa melalui prinsip absorpsi inframerah (Sjahfirdi dkk., 2015). FTIR bekerja karena adanya sumber cahaya inframerah yang menghasilkan cahaya polikromatik, kemudian cahaya polikromatik tersebut menghasilkan beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram, kemudian dihasilkan sebuah gelombang yang akan melewati sampel kemudian ditangkap oleh detektor yang sudah terhubung ke komputer sehingga dihasilkan gambaran dalam bentuk spektrum (Suseno dan Firdausi, 2008). Skema prinsip kerja dari FTIR terlihat pada Gambar II.13.



Gambar II.13 Skema prinsip kerja FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008)

Setiap proses pengujian akan memperlihatkan senyawa yang terdapat pada setiap sampel uji, terbentuknya senyawa tersebut karena adanya serapan energi dari cahaya inframerah. Penyerapan energi mengakibatkan terjadinya perubahan energi vibrasi pada molekul. Vibrasi molekul memiliki 2 golongan yaitu vibrasi regangan (*stretching*) dan vibrasi bengkokan (*bending*), dari kedua golongan vibrasi tersebut terdapat beberapa jenis vibrasi molekul, jenis-jenis dan perubahan bentuk dari vibrasi molekul terlihat pada Gambar II.14.



Gambar II.14 Jenis-jenis vibrasi molekul (Pavia, 2009)

Bila suatu senyawa menyerap radiasi pada suatu panjang gelombang tertentu, intensitas radiasi yang diteruskan oleh contoh akan berkurang. Hal ini mengakibatkan suatu penurunan dalam % Transmittansi dan nampak di dalam spektra itu sebagai suatu sumur,

yang disebut puncak absorpsi atau pita absorpsi. Panjang gelombang dari absorpsi oleh suatu ikatan tertentu, bergantung pada jenis getaran dari ikatan tersebut. Oleh karena itu, tipe ikatan (C-C, C-H, O-H dan sebagainya) yang mengabsorpsi radiasi inframerah pada panjang gelombang karakteristik yang berlainan (Stuart, 2004). Spektrum inframerah yang dihasilkan oleh spektroskopi FTIR merupakan pita transmisi (*transmittance*) dari energi vibrasi yang dihasilkan oleh sampel. Pita transmisi berupa bilangan gelombang dengan skala 400 cm^{-1} hingga 13.000 cm^{-1} yang terbagi menjadi tiga wilayah utama yaitu daerah inframerah jauh ($< 400 \text{ cm}^{-1}$), pertengahan (400-4000 cm^{-1}) dan dekat (4000-13000 cm^{-1}) (stuart, 2004).

Tabel II.1 menunjukkan jenis ikatan dan absorpsi inframerah dari berbagai jenis senyawa untuk membedakan gugus fungsi pada absorpsi inframerah.

Tabel II.1 Jenis Ikatan dan Absorpsi Inframerah

Jenis Ikatan	Tipe Getaran	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Referensi
O-H (<i>stretching</i>)	Asam organik dan Fenol	3200-4000	Socrates, 2001
C-H (<i>stretching</i>)	Alkana	3310-3300	
C-H (<i>stretching</i>)	Aromatik dan Olefin	3000-3100	
C-H (<i>stretching</i>)	Metil, Metilena, Metana	2800-3000	
C=O (<i>stretching</i>)	Ester, Keton, Amida, Asam karboksilat, asam anhidrat	1550-1870	
C=C (<i>stretching</i>)	Olefin	1620-1690	
N=O	Nitrat organik	1610-1680	
C=C (<i>stretching</i>)	Aromatik	1450-1600	
H-C-H (<i>bending</i>)	Metil dan Metilena	1150-1490	
S=O (<i>stretching</i>)	Sulfat, Sulfit, Asam Sulfat	990-1420	
C-O-C	Eter (Aromatik, Olefin, dan Alifatik)	1020-1310	
C=C-H	Alifatik (<i>unsaturation</i>)	780-1000	
C-H	Aromatik (<i>Substituted</i>)	670-900	
C-X	Organohalogen	500-800	

Jenis Ikatan	Tipe Getaran	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Referensi
C=O	Aldehid	1740-1720	Pavia dkk., 2009
	Keton	1725-1705	
	Asam Karboksilat	1725-1700	
	Ester	1750-1730	
	Amida	1680-1630	
	Anhidrida	1810 dan 1760	
	Asam Klorida	1800	
C-O	Alkohol, Eter, Ester, Asam Karboksilat, Anhidrida	1300-1000	
O-H	Alkohol, Fenol	3650-3600	
	Asam Karboksilat	3400-2400	
N-H (<i>stretching</i>)	Amina Amida (<i>stretching</i>)	3500-3100	
N-H (<i>bending</i>)	Amina Amida (<i>bending</i>)	1640-1550	
C-N	Amina	1350-1000	
C≡N	Nitril	2260-2240	
X=C=Y	Alkena, Isosianat, Isotiosianat	2270-1940	
N=O	Nitro (R-NO ₂)	1550 dan 1350	
S-H	Merkaptan	2250	
	Sulfoksida	1050	
	Sulfonat, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida	1375-1300 dan 1350- 1140	
C-X	Florida	1400-1000	
	Klorida	785-540	
	Bromida, Iodida	<667	

II.10 Kekuatan Tarik Komposit Selulosa *Nata de coco*

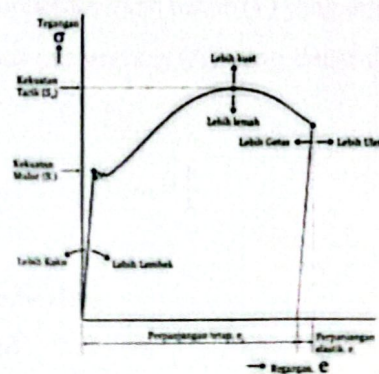
Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanis yang dimiliki oleh suatu material, termasuk material polimer. Sifat mekanis terdiri dari kekuatan luluh (*yield strength*), kekuatan tarik (*tensile strength*), dan perpanjangan patah (*elongation at break*) (Kartini dkk., 2002). Kekuatan tarik ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tarik dari komposit selulosa *nata de coco*. Kekuatan tarik komposit selulosa *nata de coco* dapat dipengaruhi oleh waktu perendaman dan media ikatan silang (*crosslink*) yaitu asam sitrat dan gliserol. Pengaruh waktu perendaman dapat mempengaruhi nilai kekuatan

tariknya. Menurut Soykeabkaew dkk., (2008) semakin lama waktu perendaman dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik dari material komposit selulosa. Selain itu penambahan asam sitrat dan gliserol sebagai media ikatan silang (*crosslink*) dalam pembuatan komposit memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil kekuatan tarik. Karena pada dasarnya asam sitrat yang memiliki 3 gugus karboksil yaitu COOH, apabila gugus karboksil dari asam sitrat berikatan dengan gugus hidroksil dari *nata de coco* dan gliserol dapat membentuk gugus baru yaitu gugus ester yang terbentuk dari reaksi esterifikasi. Apabila kedua gugus tersebut tercampur maka akan membentuk ikatan dan molekul polimer yang saling terikat sehingga mampu meningkatkan kekuatan tarik dari komposit. Kekuatan tarik dari *nata de coco* murni dan komposit *nata de coco* dapat terlihat dalam Tabel II.2.

Tabel II.2 Kekuatan tarik *nata de coco* murni dan komposit *nata de coco* (Kim, J dkk., 2010)

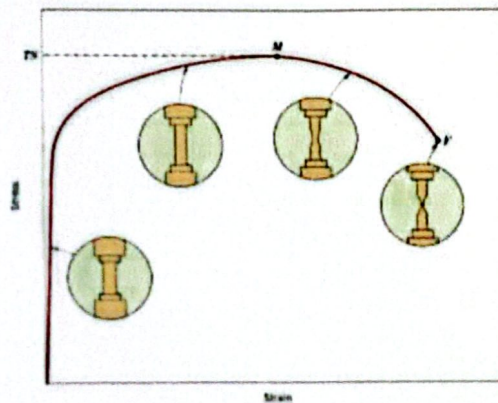
Jenis Material	Nilai Kekuatan Tarik (MPa)
<i>Nata de coco</i> murni	16-170
Komposit <i>Nata de coco</i> dengan chitosan	54-130
Komposit <i>Nata de coco</i> dengan PEG	105
Komposit <i>Nata de coco</i> dengan gelatin	114±11

Untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari komposit *nata de coco* perlu dilakukan pengujian kekuatan tarik komposit *nata de coco* dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Dari hasil uji kekuatan tarik komposit akan diperoleh grafik kekuatan tarik. Contoh grafik kekuatan tarik ditunjukkan pada gambar II.15.



Gambar II.15 Grafik kekuatan tarik (Budiman, 2016)

Nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) dihasilkan pada saat material menerima gaya tarik atau tegangan maksimum. Gaya tarik yang diberikan untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tarik pada material komposit dilakukan secara berlawanan arah dan dilakukan secara terus menerus hingga material patah atau putus. Pada saat uji kekuatan tarik material uji akan mengalami proses perubahan bentuk. Proses perubahan bentuk dari material untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dapat dilihat pada gambar II.16. Titik M menunjukkan kekuatan tarik yang dihasilkan dari suatu material sedangkan titik F menunjukkan titik putus yang dialami material setelah menerima tegangan maksimum secara terus-menerus. Sebelum material mengalami putus atau patah material tersebut akan mengalami penyempitan pada bagian leher yang terjadi secara perlahan-lahan, proses seperti ini dinamakan dengan *necking* (Callister, 2014).



Gambar II.16 Proses perubahan bentuk material uji (Callister, 2014)

Kekuatan tarik dapat diukur berdasarkan beban (F) yang digunakan untuk mematahkan material dibagi dengan luas penampang (A) yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

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

Keterangan :

- σ_t = kekuatan tarik ($N/mm^2 = MPa$)
- F = beban maksimum (N)
- A = luas penampang awal spesimen uji (mm^2)

Sedangkan regangan spesimen dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{L_f - L_o}{L_f}$$

Keterangan :

- ε = regangan (%)
- ΔL = pertambahan panjang spesimen (mm)
- L_o = panjang awal seksi uji (mm)
- L_f = panjang akhir seksi uji (mm)

Bab III Metode

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong, Bogor pada bulan Januari – Juli 2020.

III.2 Alat dan Bahan Penelitian

III.2.1 Alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

a. **Alat Proses terdiri dari :**

1. gelas beker 1000 mL
2. gelas beker 300 mL
3. cawan petri
4. batang pengaduk kaca
5. spatula
6. *tray*
7. teflon
8. kertas pH
9. termometer
10. kotak penyimpanan ukuran besar atau *box container*
11. oven vakum
12. oven atmosfer
13. neraca analitik digital
14. kompor gas
15. panci *stainless*
16. *hotplate*
17. penggaris
18. *cutter*

b. Alat Pengujian :

1. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*
2. *Universal Testing Machine (UTM)*

III.2.2 Bahan yang digunakan

Bahan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. *nata de coco*
2. asam sitrat
3. gliserol
4. akuades
5. NaOH

III.3 Variabel Penelitian

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang dibuat tidak berubah selama penelitian berlangsung sehingga tidak menyebabkan terjadinya perubahan variabel terikat.

Variabel tetap dalam penelitian ini yaitu :

1. Konsentrasi NaOH 1%
2. Pengeringan di oven atmosfer suhu 90 °C, waktu 24 jam
3. Pengeringan di oven vakum suhu 50 °C, tekanan 500 mb, waktu 18 jam
4. Pemanasan di oven atmosfer suhu 130 °C, waktu 15 jam
5. Perbandingan molaritas asam sitrat dengan gliserol 1 : 1
6. Suhu pemanasan pembuatan larutan asam sitrat dengan gliserol 90°C

III.3.2 Variabel Berubah

Variabel berubah adalah variabel yang divariasikan dalam penelitian agar diperoleh hasil yang diinginkan. Variabel berubah memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Variabel berubah dalam penelitian ini menggunakan dua jenis metode pengeringan yaitu metode pengeringan oven atmosfer dan metode pengeringan oven vakum serta dibuat dengan empat jenis variasi waktu

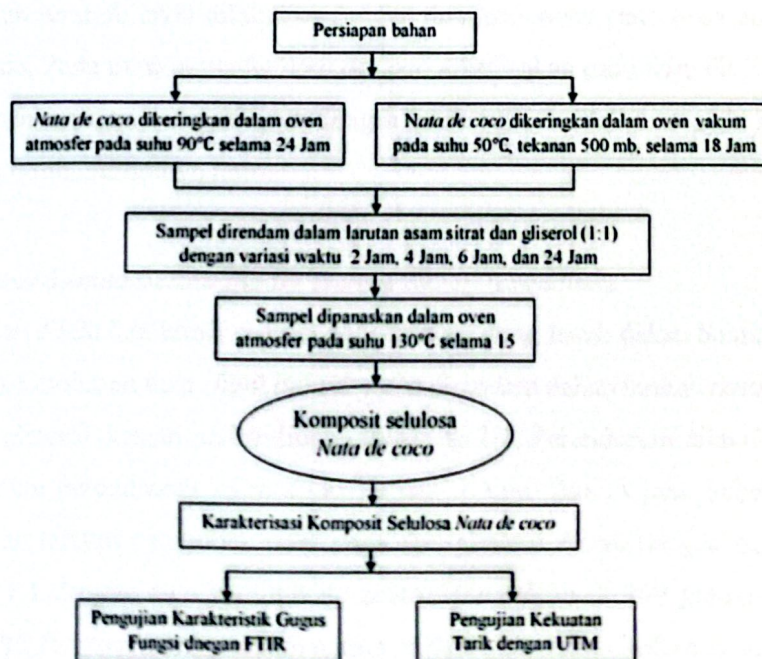
perendaman yaitu 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 24 jam. Matriks penelitian dapat dilihat pada Tabel III.1.

Tabel III.1 Matriks Penelitian

Sampel	Jenis Oven	Waktu Perendaman
1	Atmosfer	2
2		4
3		6
4		24
5	Vakum	2
6		4
7		6
8		24

III.4 Prosedur

Pada Gambar III.1 menunjukkan prosedur pembuatan komposit selulosa *nata de coco* dengan media ikatan silang (*crosslink*) asam sitrat dan gliserol diawali dari proses persiapan bahan hingga proses pengujian. Pada Penelitian ini sampel komposit selulosa *nata de coco* dibuat secara duplo.



Gambar III.1 Diagram alir seluruh tahapan proses pembuatan komposit selulosa *nata de coco*

III.4.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan dimulai dengan proses penghilangan kotoran berupa selaput tipis pada permukaan *nata de coco* hingga bersih dan terlihat lebih cerah. Kemudian *nata de coco* yang sudah dibersihkan dipotong dengan ukuran 9 cm × 5 cm. Setelah dipotong, *nata de coco* dimurnikan dengan cara direbus dalam larutan NaOH 1% selama 1 jam sampai *nata de coco* terlihat lebih bening. Sebelum proses pemurnian, terlebih dahulu membuat larutan NaOH 1% sebanyak 1000 mL. NaOH dalam bentuk butiran ditimbang menggunakan neraca analitik digital sebanyak 10 gram kemudian ditambahkan akuades sebanyak 1000 mL lalu diaduk sampai homogen. Perhitungan untuk konsentrasi NaOH terlihat pada Lampiran J. Kemudian *nata de coco* dicuci kembali dengan air mengalir untuk menghilangkan larutan NaOH yang masih menempel dalam *nata de coco*. Proses pencucian ini diulangi hingga derajat keasaman (pH) pada sampel *nata de coco* netral.

III.4.2 Pengeringan *Nata de coco* dengan Oven

Pengeringan *nata de coco* dilakukan dengan dua jenis oven yaitu oven atmosfer dan oven vakum. Pada oven atmosfer *nata de coco* dikeringkan pada suhu 90 °C selama 24 jam dan pengeringan *nata de coco* dengan oven vakum dilakukan pada suhu 50 °C, tekanan 500 mb, selama 18 jam.

III.4.3 Perendaman dalam Media Ikatan Silang (*crosslink*)

Perendaman dilakukan untuk sampel *nata de coco* yang sudah dalam bentuk lembaran tipis (*film*). Lembaran tipis (*film*) *nata de coco* direndam dalam larutan campuran asam sitrat dan gliserol dengan perbandingan molaritas 1:1. Perendaman dilakukan dengan variasi waktu perendaman yaitu 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 24 jam. Sebelum proses perendaman larutan campuran asam sitrat dan gliserol dibuat dengan perbandingan molaritas 1:1 dengan cara menimbang asam sitrat sebanyak 200 gram dan gliserol sebanyak 95,76 gram menggunakan neraca analitik, kemudian keduanya dicampurkan dan dipanaskan di atas *hotplate* dengan suhu larutan 90°C sampai homogen. Larutan campuran ini digunakan sebagai media pembentukan ikat silang (*crosslink*).

Perhitungan perbandingan molaritas antara asam sitrat dan gliserol terlihat pada Lampiran J.

III.4.4 Pemanasan dalam Oven Atmosfer

Setelah sampel *nata de coco* direndam dalam larutan asam sitrat dan gliserol dengan perbedaan variasi waktu perendaman. Kemudian sampel *nata de coco* dipanaskan menggunakan oven atmosfer pada suhu 130°C selama 15 jam. Komposit selulosa yang dihasilkan setelah proses pemanasan ini memiliki bentuk lembaran tipis dan siap untuk dikarakterisasi.

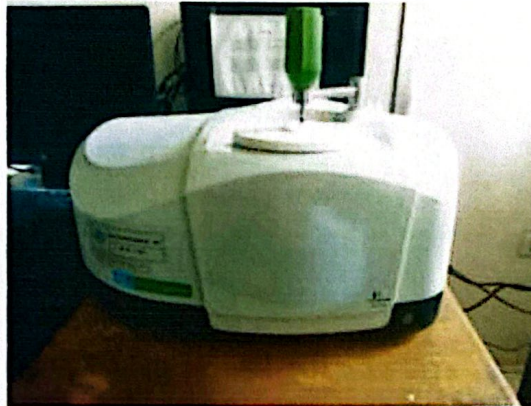
III.5 Karakterisasi Komposit Selulosa *Nata de coco*

Komposit selulosa *nata de coco* yang telah melalui proses pemanasan dengan oven atmosfer pada suhu 130 °C selama 15 jam dilanjutkan untuk proses pengujian. Pengujian yang dilakukan untuk komposit selulosa *nata de coco* meliputi uji karakteristik gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan uji sifat mekanis kekuatan tarik dengan *Universal Testing Machine* (UTM).

III.5.1 Pengujian Karakteristik Gugus Fungsi

Pengujian karakteristik gugus fungsi dilakukan di laboratorium instrumentasi spektrofotometer dan FTIR Pusat Penelitian LIPI Biomaterial Cibinong menggunakan alat FTIR merek Perkin Elmer, tipe *spectrum two* dengan metode *Attenuated Total Reflectance* (ATR), pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung pada komposit selulosa *nata de coco*. Prosedur penggunaan alat FTIR diawali dengan menyalakan alat FTIR dan komputer. Jika seluruh perangkat telah menyala proses pengujian sudah dapat dimulai. Proses pengujian dimulai dari membuka pelindung permukaan uji dan memilih metal tip yang sesuai, setelah itu metal tip dipasang pada ujung tuas hijau. Sebelum meletakkan sampel uji, permukaan uji dibersihkan terlebih dahulu menggunakan aseton. Kemudian sampel diletakkan di atas permukaan uji sampai menutupi area lalu klik “scan” untuk *previewing*, selanjutnya sampel uji ditekan dengan cara memutar tuas hijau secara perlahan sampai *force gauge*

menunjukkan angka 80. Jika *force gauge* telah berada di angka 80 klik kembali “*scan*” untuk memulai proses pengujian dan merekam data hasil spektranya. Selanjutnya data hasil spektra disimpan dalam folder dan lakukan kembali langkah proses pengujian untuk sampel lainnya. Jika seluruh sampel telah selesai diuji, alat FTIR dan juga komputer dimatikan kembali. Alat *Fourier Transform Infrared (FTIR)* terlihat pada Gambar III.2.



Gambar III.2 Alat *Fourier Transform Infrared (FTIR)* (LIPI Biomaterial, 2020)

III.5.2 Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik ini dilakukan di laboratorium uji sifat mekanis pusat penelitian LIPI Biomaterial Cibinong. Pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* merek shimatzu dengan menggunakan standar *American Standard Material and Testing (ASTM) D882-75b Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting* untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari komposit selulosa *nata de coco* yang dihasilkan. Sampel yang digunakan dalam pengujian kekuatan tarik dalam bentuk spesimen. Ukuran spesimen uji yaitu 9×2 cm, ukuran spesimen ini disesuaikan dengan acuan yang digunakan dalam standar ASTM D882-75b. Alat UTM terlihat pada Gambar III.3.



Gambar III.3 Alat *Universal Testing Machine* (UTM) (LIPI Biomaterial, 2020)

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Komposit selulosa *nata de coco* yang dihasilkan pada penelitian ini menggunakan dua jenis pengujian untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman terhadap kekuatan tarik dan gugus fungsi dari komposit selulosa *nata de coco* yang dihasilkan. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekuatan tarik dan uji FTIR.

IV.1 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Selulosa *Nata de coco* dengan Media Ikatan Silang Asam Sitrat dan Gliserol.

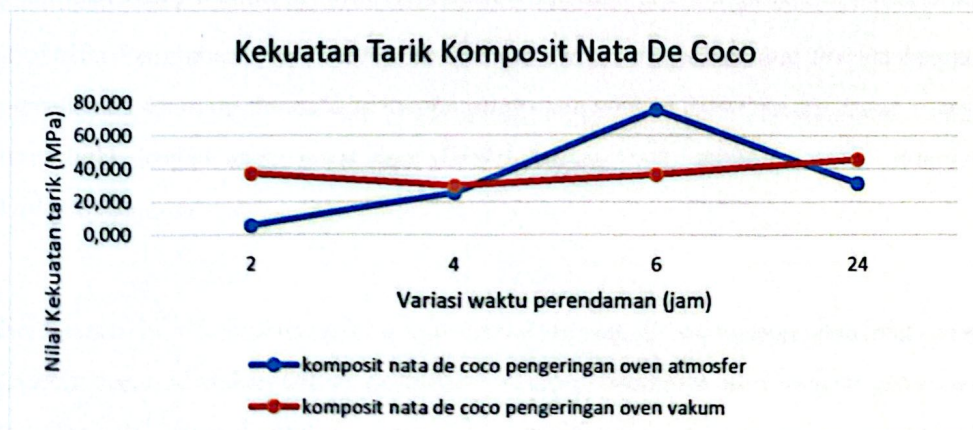
Nilai kekuatan tarik komposit selulosa *nata de coco* dengan dua jenis oven dan variasi waktu perendaman ditunjukkan pada Lampiran J. Nilai kekuatan tarik tersebut merupakan nilai rata-rata dari 2 spesimen yang diuji. Data hasil pengujian dianalisa berdasarkan penggunaan dua jenis oven yaitu oven atmosfer dan oven vakum serta dengan variasi waktu perendaman yang berbeda.

Berdasarkan hasil nilai kekuatan tarik dari masing-masing sampel komposit selulosa *nata de coco*, terlihat bahwa hasil kekuatan tarik dari komposit selulosa *nata de coco* menghasilkan nilai kekuatan tarik yang tidak konsisten. Hasil nilai kekuatan tarik yang tidak konsisten ini disebabkan karena proses perendaman dalam media ikatan silang (*crosslink*) untuk setiap sampel dilakukan di wadah dengan ukuran yang berbeda-beda, sehingga hasil proses penyerapan di setiap sampelnya memiliki perbedaan. Selain itu kualitas hasil pengeringan selulosa *nata de coco* juga dapat mempengaruhi hasil proses penyerapan setiap sampelnya. Penyerapan yang kurang merata atau kurang baik akibat kualitas hasil pengeringan yang kurang baik dapat mempengaruhi hasil kekuatan tariknya. Jika dilihat dari hasil nilai kekuatan tariknya, komposit selulosa *nata de coco* dengan pengeringan oven atmosfer memiliki nilai kekuatan tarik cenderung lebih rendah dibandingkan dengan hasil kekuatan tarik komposit selulosa *nata de coco* dengan pengeringan oven vakum.

Rendahnya nilai kekuatan tarik komposit selulosa *nata de coco* pengeringan oven atmosfer ini disebabkan karena proses pengeringannya terjadi pada suhu tinggi yang menyebabkan sampel *nata de coco* menjadi lebih cepat kering, namun kualitas dari hasil pengeringannya kurang baik. Hasil pengeringan yang kurang baik dapat mempersulit proses penyerapan dalam media ikatan silang (*crosslink*) dengan asam sitrat dan gliserol sehingga nilai kekuatan tariknya menurun. Menurut Asgar dkk (2013) proses pengeringan menggunakan oven vakum lebih baik dibandingkan dengan proses pengeringan menggunakan oven atmosfer. Hal ini dikarenakan proses pengeringan menggunakan oven vakum terjadi pada suhu dan tekanan rendah sehingga hasil pengeringannya memiliki kualitas yang lebih baik serta sampel yang dikeringkan tidak mengalami kerusakan warna, rasa, dan sifat fisik bahan. Tetapi komposit selulosa *nata de coco* dengan pengeringan oven atmosfer masih layak karena memiliki nilai kekuatan tarik yang baik serta memiliki sifat ramah lingkungan.

IV.1.1 Pengaruh Waktu Perendaman yang Berbeda Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Komposit Selulosa *Nata de coco*

Hasil kekuatan tarik dari komposit selulosa *nata de coco* dalam media ikatan silang (*crosslink*) asam sitrat dan gliserol ditunjukkan pada Gambar IV.1. Analisa hasil uji kekuatan tarik dari komposit selulosa *nata de coco* menggunakan dua jenis oven serta variasi waktu perendaman yaitu 2, 4, 6, dan 24 jam.



Gambar IV.1 Pengaruh perbedaan waktu perendaman terhadap kekuatan tarik komposit selulosa *nata de coco*

Pada Gambar IV.1 grafik berwarna biru menunjukkan hasil kekuatan tarik untuk komposit selulosa *nata de coco* dengan pengeringan oven atmosfer. Pada grafik tersebut terlihat bahwa komposit selulosa *nata de coco* yang direndam selama 2 jam sampai dengan 6 jam terus mengalami peningkatan nilai kekuatan tarik, dengan nilai kekuatan tarik yaitu 5,7 MPa, 25,4 MPa dan 75,2 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh komposit selulosa *nata de coco* yang direndam selama 6 jam yaitu 75,2 MPa dan kekuatan tarik terendah dihasilkan oleh komposit selulosa *nata de coco* dengan perendaman selama 2 jam yaitu 5,7 MPa. Tetapi untuk komposit selulosa *nata de coco* yang direndam selama 24 jam mengalami penurunan nilai kekuatan tarik dengan nilai kekuatan tarik yang dihasilkan yaitu 31,0 MPa. Hal ini disebabkan karena proses penyerapan yang terjadi dalam media ikatan silang (*crosslink*) dengan asam sitrat dan gliserol kurang merata atau kurang baik, sehingga nilai kekuatan tariknya menurun.

Komposit selulosa *nata de coco* dengan pengeringan oven vakum ditunjukkan dalam grafik berwarna merah. Pada grafik tersebut terlihat bahwa komposit selulosa *nata de coco* yang direndam selama 2 jam sampai dengan 24 jam cenderung mengalami peningkatan nilai kekuatan tarik dengan hasil kekuatan tarik yaitu 37,3 MPa, 29,6 MPa, 36,3 MPa dan 45,7 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh komposit selulosa *nata de coco* dengan perendaman 24 jam yaitu 45,7 MPa dan kekuatan tarik terendah dihasilkan oleh komposit selulosa *nata de coco* dengan perendaman selama 4 jam yaitu 29,6 MPa. Penurunan nilai kekuatan tarik untuk komposit selulosa *nata de coco* dengan perendaman 4 jam ini disebabkan karena proses penyerapan dalam media ikatan silang (*crosslink*) dengan asam sitrat dan gliserol kurang baik, sehingga nilai kekuatan tariknya menurun.

Berdasarkan hasil kekuatan tarik komposit selulosa *nata de coco* dengan dua jenis oven tersebut dapat dikatakan bahwa perbedaan waktu perendaman memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik, semakin lama waktu perendaman maka nilai kekuatan tariknya

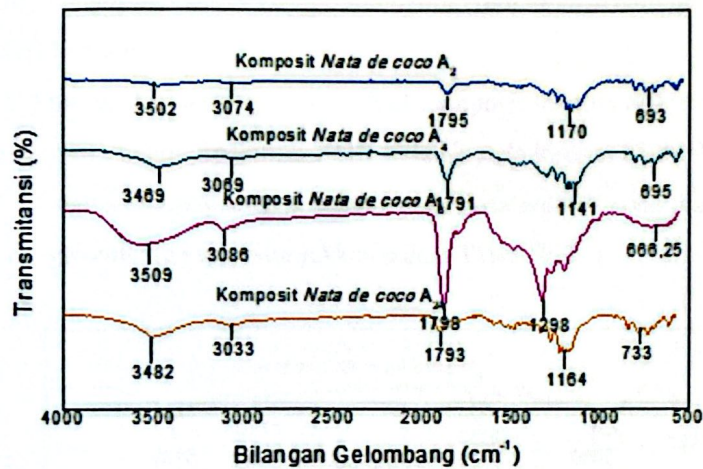
cenderung mengalami peningkatan. Hal ini selaras dengan Soykeabkaew dkk., (2008) yang mengatakan bahwa semakin lama waktu perendaman dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik dari material komposit selulosa. Selain itu penggunaan asam sitrat dan gliserol sebagai media ikatan silang (*crosslink*) dalam pembuatan komposit selulosa *nata de coco* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil kekuatan tarik. Karena pada dasarnya asam sitrat yang memiliki 3 gugus karboksil yaitu COOH, apabila gugus karboksil dari asam sitrat berikatan dengan gugus hidroksil dari *nata de coco* dan gliserol dapat membentuk gugus baru yaitu gugus ester yang terbentuk dari reaksi esterifikasi. Apabila kedua gugus tersebut tercampur maka akan membentuk ikatan dan molekul polimer yang saling terikat sehingga mampu meningkatkan kekuatan tarik dari komposit.

IV.2 Hasil Pengujian Gugus Fungsi Komposit Selulosa *Nata de coco*

Pengujian gugus fungsi komposit selulosa *nata de coco* dilakukan dengan menggunakan FTIR. Analisa hasil uji gugus fungsi komposit selulosa *nata de coco* berdasarkan literatur Hospodarova dkk (2018), Pavia dkk (2009), Socrates (2001). Hasil uji gugus fungsi dari komposit selulosa *nata de coco* dengan dua jenis oven terlihat pada Gambar IV.2 dan Gambar IV.3 serta data spektra FTIR ditunjukkan pada Tabel IV.1 dan Tabel IV.2.

IV.2.1 Hasil Pengujian Gugus Fungsi Komposit Selulosa *Nata de coco* dengan Pengeringan Oven Atmosfer

Gambar IV.2 merupakan hasil spektrum FTIR komposit selulosa *nata de coco* dengan pengeringan oven atmosfer. Spektrum FTIR terletak pada kisaran $500-4000\text{ cm}^{-1}$. Data hasil uji gugus fungsi untuk seluruh sampel komposit selulosa *nata de coco* oven atmosfer terlihat dari hasil nilai panjang gelombang yang ditunjukkan dalam Tabel IV.1.



Gambar IV.2 Spektra FTIR komposit *nata de coco* pengeringan oven atmosfer

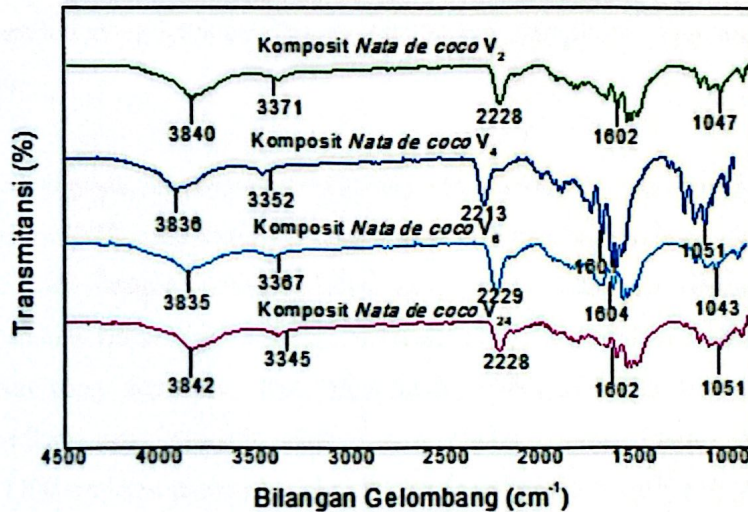
Tabel IV.1 Data spektra FTIR komposit selulosa *nata de coco* oven atmosfer

Gugus Fungsi	Komposit Selulosa (cm ⁻¹)			
	A ₂	A ₄	A ₆	A ₂₄
Polisakarida (O-H)	3502	3469	3509	3482
Asam Karboksilat (O-H)	3069	3086	3086	3033
Ester (C=O)	1795	1791	1798	1793
Asam Karboksilat (C-O)	1170	1141	1259	1164

Dari hasil spektrum FTIR pada Gambar IV.2 terlihat adanya gugus O-H dan C-H dari polisakarida yaitu *nata de coco* yang muncul pada bilangan gelombang sekitar 3660-2900 cm⁻¹ (Hospodarova dkk., 2018). Pada bilangan gelombang sekitar 2400-3400 cm⁻¹ terdapat gugus O-H dari asam karboksilat yaitu asam sitrat, pada bilangan gelombang sekitar 1550-1870 cm⁻¹ terdapat gugus C=O, sementara pada bilangan gelombang 1000-1300 cm⁻¹ muncul gugus C-O *stretching* (Pavia dkk, 2009). Menurut Halpern dkk (2013) pada panjang gelombang 1724 cm⁻¹ muncul gugus baru yaitu C=O dari ester dan pada panjang gelombang 1176 cm⁻¹ terdapat gugus C-O dari ester. Pada penelitian ini hasil spektra FTIR untuk gugus ester muncul pada bilangan gelombang sekitar 1700 cm⁻¹ dan pada bilangan gelombang sekitar 1100 cm⁻¹, munculnya gugus ester menunjukkan adanya ikatan yang terbentuk dari asam sitrat yang memiliki gugus karboksil dengan *nata de coco* dan gliserol yang memiliki gugus hidroksil.

IV.2.2 Hasil Pengujian Gugus Fungsi Komposit *Nata de coco* dengan Pengeringan Oven Vakum

Gambar IV.3 merupakan hasil spektrum FTIR komposit selulosa *nata de coco* dengan pengeringan oven vakum. Spektrum FTIR terletak pada kisaran 850–4500 cm^{-1} . Data spektra FTIR untuk seluruh sampel komposit selulosa *nata de coco* dilihat dari hasil nilai panjang gelombang yang ditunjukkan dalam Tabel IV.2.



Gambar IV.3 Spektra FTIR komposit selulosa pengeringan oven vakum

Tabel IV.2 Data spektra FTIR komposit selulosa *nata de coco* oven vakum

Gugus Fungsi	Komposit Selulosa (cm^{-1})			
	A ₂	A ₄	A ₆	A ₂₄
Asam Organik (O-H)	3840	3838	3835	3842
Polisakarida (O-H)	3344	3352	3367	3345
Ester (C-O)	1047	1051	1043	1051
Asam Karboksilat (C=O)	1602	1601	1604	1602

Dari hasil spektrum FTIR pada Gambar IV.3 terlihat adanya gugus O-H dari asam organik yaitu asam sitrat pada bilangan gelombang sekitar 3200–4000 cm^{-1} (Socrates, 2001). Kemudian terdapat gugus O-H dan C-H dari polisakarida yaitu *nata de coco* yang muncul pada bilangan gelombang sekitar 3660–2900 cm^{-1} (Hospodarova dkk.,

2018). Pada bilangan gelombang sekitar 1550-1870 cm^{-1} terdapat gugus C=O dari asam karboksilat yaitu asam sitrat, sementara pada bilangan gelombang 1000-1300 cm^{-1} terdapat gugus C-O *stretching* (Pavia dkk, 2009). Menurut Halpem dkk (2013) pada panjang gelombang 1724 cm^{-1} muncul gugus baru yaitu C=O dari ester dan pada panjang gelombang 1176 cm^{-1} terdapat gugus C-O dari ester. Pada penelitian ini hasil spektra FTIR untuk gugus ester muncul pada bilangan gelombang sekitar 1100 cm^{-1} , munculnya gugus ester menunjukkan adanya ikatan yang terbentuk dari asam sitrat yang memiliki gugus karboksil dengan *nata de coco* dan gliserol yang memiliki gugus hidroksil.

Dari hasil uji gugus fungsi yang ditunjukkan pada Gambar IV.2 dan Gambar IV.3 serta data spektra FTIR pada Tabel IV.1 dan Tabel IV.2 terlihat bahwa komposit selulosa *nata de coco* dengan dua jenis oven serta variasi waktu perendaman memiliki kemiripan nilai panjang gelombang. Perbedaan waktu perendaman tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Dari hasil kedua spektrum FTIR tersebut keduanya menghasilkan gugus baru yaitu ester, yang muncul pada rentang bilangan gelombang sekitar 1700 cm^{-1} dan pada bilangan gelombang sekitar 1100 cm^{-1} . Munculnya gugus ester tersebut dikarenakan adanya reaksi esterifikasi yang terbentuk dari asam sitrat yang memiliki gugus karboksil dengan *nata de coco* dan gliserol yang memiliki gugus hidroksil. Terbentuknya gugus ester membuktikan bahwa asam sitrat dapat berikatan dengan *nata de coco* dan gliserol dan membentuk ikatan silang (*crosslink*) yang diinginkan.

Bab V Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan serta analisis data hasil pengujian maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan waktu perendaman 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 24 jam menggunakan dua jenis metode pengeringan cenderung dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit selulosa *nata de coco*.
2. Penggunaan asam sitrat dan gliserol sebagai media ikatan silang (*crosslink*) dapat bereaksi dengan baik karena dapat menghasilkan reaksi esterifikasi dengan membentuk gugus baru yaitu gugus ester dan terbukti dapat membentuk ikatan silang (*crosslink*) yang diinginkan.

V.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan serta analisis data hasil pengujian maka didapatkan saran sebagai berikut:

1. Perlu menggunakan wadah dengan ukuran yang sama pada saat proses perendaman.
2. Pada saat melakukan pengujian kuat tarik komposit harus sesuai dengan prosedur metode uji. Apabila terdapat hasil uji dengan nilai yang jauh berbeda atau tidak konsisten, perlu mengulangi pengujian kuat tarik komposit.
3. Perlu melakukan analisa morfologi dengan menggunakan alat *Field Emmision Scanning Electron Microscope* (FESEM) untuk mengetahui struktur permukaan dari komposit selulosa *nata de coco* yang dihasilkan.
4. Perlu melakukan analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA) untuk mengetahui perubahan karakteristik fisiko-kimia dari komposit selulosa *nata de coco*.

Daftar Pustaka

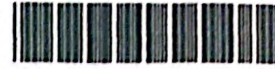
- Afrizal, A., dan Purwanto, A. (2011): Pemanfaatan selulosa bacterial nata de coco sebagai adsorben logam CU(II) dalam system berpelarut air, *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*, 1(1), 27.
- Asgar, A., Zain, S., Widyasanti, A., dan Wulan A. (2013): Kajian karakteristik proses pengeringan jamur tiram (*pleurotus sp*) menggunakan mesin pengering vakum (characteristics study of drying process of oyster mushrooms (*pleurotus sp*) using vacuum dryer), *Jurnal UNPAD*, 23(4), 380.
- Bhattacharya, A., Rawlins, J.W., dan Ray, P. (2009): *Polymer grafting and crosslinking*, Wiley, Canada, 13.
- Budiman, H. (2016): Analisis pengujian tarik (tensile test) pada baja st37 dengan alat bantu ukur load cell, *Jurnal J-Ensitem*, 3(1), 10.
- Callister Jr, W.D., dan Rethwisch, D.G. (2014): *Material science and engineering an introduction 9th edition*, Wiley, 659-660.
- Ciechanska, D. (2004): Multifunctional bacterial cellulose/chitosan composite materials for medical applications, *Journal fibers dan textiles*, 12(4), 69.
- Chiciudean, T.G. (2011): *Production method and characteristics of bacterial cellulose composites*, Thesis, University of Bucharest, 1-121.
- Darmansyah. (2010): *Evaluasi sifat fisik dan sifat mekanik material komposit serat/resin berbahan dasar serat nata de coco dengan penambahan nanofiller*, Tesis, Universitas Indonesia, 1-3.
- Diharjo, K. (2006): Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-poliester, *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), Universitas Negeri Sebelas Maret, 9.
- Esa, F., Tasirin, S.M., dan Abd Rahman, N. (2014): Overview of bacterial cellulose production and application. *Agriculture and Agricultural Science Procedia, Elsevier Ltd*, 2, 113-119.
- Fatriasari, W., Masruchin, N., dan Hermiati, E. (2019): *Selulosa Karakteristik dan Pemanfaatannya*, LIPI Press: Pusat Penelitian Biomaterial, Cibinong, 1-14.

- Gustian, I., Sutanto, T. D., dan Adfa, M. (2006): Efek Perendaman Larutan Alkali Terhadap Prilaku Film Kertas Dari *Nata de coco* yang dimodifikasi, *Jurnal Ilmiah MIPA*, 2(1), 126-129.
- Ghanbarzadeh, B., Almasi, H., dan Entezami, A. A. (2011): Improving the barrier and mechanical properties of corn starch-based edible films: Effect of citric acid and carboxymethyl cellulose. *Industrial Crops and products, Elsevier Ltd*, 33(1), 229-235.
- Halpern, J.M., Urbanski, R., Weinstock, A.K., Iwig, D.F., Mathers, R.T., dan Von Recum, H.A. (2014): A biodegradable thermoset polymer made by esterification of citric acid and glycerol. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 102(5), 1467-1477.
- Hastuti, S., Pramono, C., dan Akhmad, Y. (2018): Sifat Mekanis Serat Enceng Gondok sebagai Material Komposit Serat Alam yang Biodegradable. *Journal of Mechanical Engineering*, 2(1), 23.
- Hidayati, P., Ulfan, I., dan Juwono, H. (2016): Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Menggunakan *Nata de coco*: Optimasi Dosis Adsorben Dan Waktu Kontak. *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 5(2), 135.
- Musaddad, D. (2004): Teknik pengeringan wortel. *Jurnal Pertanian*, 4.
- Hospodarova, V., Singovszka, E., dan Stevulova, N. (2018): Characterization of cellulosic fibers by FTIR spectroscopy for their further implementation to building materials. *American journal of analytical chemistry*, 9(6), 306.
- Kartini, R., Darmasetiawan, H., Karo, A. K., dan Sudirman, S. (2018): Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 3(3), 32.
- Kim, J., Cai, Z., dan Chen, Y. (2010): Biocompatible bacterial cellulose composites for biomedical application. *Journal of nanotechnology in Engineering and Medicine*, 1(1), 5.
- Maryanti, B., Sonief, A. A. A., dan Wahyudi, S. (2011): Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Rekayasa Mesin*, 2(2), 123-124.

- Muhajir, M., Suryanto, H., dan Larasati, A. (2018): Struktur dan sifat mekanis film bacterial cellulose dengan disintegrasi mekanis, *Journal of physical science and engineering* 3(2), 56.
- Mota, C. J. A., Pinto, B. P., dan de Lima, A. L (2017): *Glycerol a versatile feedstock or the chemical industry*, Springer, Switzerland, 11-23.
- Nisah, K. (2018): Study Pengaruh Kandungan Amilosa dan Amilopektin Umbi-umbian terhadap Karakteristik Fisik Plastik Biodegradable dengan Plastizicer Gliserol. *Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 5(2), 107.
- Nurdyansyah, F., dan Widyastuti, D. A. (2017): Pengolahan limbah air kelapa menjadi nata de coco oleh ibu kelompok tani di kabupaten kodus. *Jurnal Kewirausahaan dan Bisnis*, 21(11), 23.
- Pardosi, D. (2008): *Pembuatan material selulosa bakteri dalam medium air kelapa melalui penambahan sukrosa, kitosan, dan gliserol menggunakan acetobacter xylinum*, Tesis, Universitas Sumatera Utara, 9-21.
- Pavia, D. L., Gary, M. L., George, S. K dan James, R.V. (2009): *Introduction to Spectroscopy 4th edition*, Washington, Cengage Learning, 29.
- Permono, R. A. (2018): *Mengenal polimer dan polimerisasi*, Gadjah Mada University Press, 69.
- Pumpente, O. I, Nugroho, L. P. E., dan Syarief, R. (2019): Mutu Fisik dan Rendemen Alkali Treated Cottonii Hasil Pengolahan Pada Berbagai Tingkat Konsentrasi NaOH, Suhu dan Waktu Ekstraksi, *Jurnal Keteknikkan Pertanian*, 7(1), 58.
- Rachmah, S. (2012): *Sintesis dan karakterisasi kopolimer pati sagu (sago starch) dengan agen crosslink asam sitrat*, Skripsi, Universitas Jember, 9-11.
- Shah, N., Ul-Islam, M., Khattak, W. A., dan Park, J. K. (2013): Overview of bacterial cellulose composites: a multipurpose advanced material, *Carbohydrate polymers, Elsevier Ltd*, 98(2), 1585-1598.
- Sinaga, R. F., Ginting, G. M., Ginting, M. H. S., dan Hasibuan, R. (2014): Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan

- Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), 20.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., dan Astuti, P. (2015): Aplikasi Fourier Transform Infrared (FTIR) Dan Pengamatan Pembengkakan Genital Pada Spesies Primata, Lutung Jawa (*Trachypithecus Auratus*) Untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran Hewan-Indonesian Journal of Veterinary Sciences*, 9(2), 158.
- Socrates, G. (2001): *Infrared and raman characteristic group frequencies*, 3rd edition. John Wiley & Sons LTD. 12.
- Soykeabkaew, N., Arimoto, N., Nishino, T., dan Peijs, T. (2008): All-cellulose composites by surface selective dissolution of aligned ligno-cellulosic fibres. *Composites Science and Technology, Elsevier Ltd*, 68(10-11), 2201-2207.
- Stuart, B. (2004): *Infrared spectroscopy: fundamentals and applications*, John Wiley and Sons LTD, 24-47.
- Suseno, J.E., dan Firdausi, K.S (2008): Rancang bangun spektroskopi FTIR (fourier transform infrared) untuk penentuan kualitas susu sapi, *Jurnal UNDIP*, 11(1), 23.
- Sutiani, A. (2009): Metoda karakterisasi bahan polimer, 10(1), *Kultura*, 4.
- Thomas S., Kuruvilla J., Sant K. M., Koichi G., dan Meyyarappallil, S. S. (2012): *Polymer Composites 1st edition*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGa, 1, 13.
- Utami, M. R., Latifah, L., dan Widiarti, N. (2014): Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 164.
- Wertz, J.L., Bedeu, O., dan Mercier, J.P. (2010): *Celullose science and technology*, EPFL Press, 22.

LAMPIRAN



Nomor : 135 /BPSDMI/STMI/XI/2019
Lampiran :
Hal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 25 November 2019

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Pusat Penelitian Biomaterial , LIPI
Kawasan Cibinong Science Center Jl. Raya
Bogor KM 46 Cibinong Bogor

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

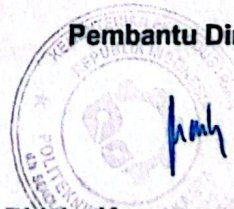
Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Bidang Kompetensi
1.	Adelia Hajar Diastirini	1516003	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,



Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

Nomor : B_2132/IPH.4/KS.02.03/XII/2019
Lamp. : -
Hal : Perizinan Penelitian
a.n. Adelia Hajar Diastirini

Cibinong, 17 Desember 2019

Yang terhormat,
Pembantu Direktur I
Politeknik STMI Jakarta
Jl. Letjen Suprpto No. 26
Cempaka Putih
Jakarta

Sehubungan dengan surat Saudara nomor 135/BPSDMI/STMI/XI/2019, tertanggal 25 November 2019, perihal Permohonan Penelitian, dengan ini kami sampaikan, bahwa pada prinsipnya kami dapat menerima mahasiswa berikut:

Nama : Adelia Hajar Diastirini
NIP : 1516003

untuk melakukan kegiatan penelitian di Pusat Penelitian Biomaterial, LIPI, dibawah bimbingan Nanang Masruchin, Ph.D., pada periode 2 Januari – 30 Juni 2020. Mohon untuk mahasiswa yang akan melakukan kegiatan penelitian, dapat melaksanakan ketentuan yang berlaku, yang informasinya dapat diperoleh di Bidang Pengelolaan Penelitian, Pusat Penelitian Biomaterial LIPI.

Biaya administrasi bimbingan adalah sebesar Rp. 500.000,-/mahasiswa/6 bulan, dapat dibayarkan melalui rekening Bank BRI a.n. Bpn 023 Pusat Penelitian Biomaterial, dengan nomor rekening 0012-01-00-1692-30-2, Bank BRI KC Dewi Sartika, Bogor. Mohon konfirmasi kepada kami dalam 1 x 24 jam setelah pelaksanaan pembayaran.

Atas perhatian dan kerja sama yang diberikan, kami ucapkan terima kasih.

Kepala,



Dr. Iman Hidayat

Tembusan:

1. Kepala Bidang Pengelolaan Penelitian, P2-Biomaterial LIPI
2. Dr. Firda Aulya Syamani
3. Nanang Masruchin, Ph.D.

LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR DENGAN DOSEN

PEMBIMBING

Nama : Adelia Hajar Diastirini
NIM : 1516003
Judul Penelitian : Pembuatan Komposit Selulosa Berbahan Dasar *Nata De Coco* dengan Media Ikatan Silang (*Crosslink*) Asam Sitrat dan Gliserol
Pembimbing I : Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
Pembimbing II : Ir. Untung Prayudie, MTA

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
9 September 2019	-	Diskusi dengan Pak Untung : <ul style="list-style-type: none">• Pembahasan Topik Penelitian dengan menyesuaikan bidang pada saat pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan• Menanyakan dan memastikan kepada pihak perusahaan apakah dapat melaksanakan penelitian di perusahaan tempat pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan.	
18 November 2019	-	Diskusi melalui Whatsapp Grup : <ul style="list-style-type: none">• Memberikan Informasi kepada Ibu Erfina dan Pak Untung terkait hasil berkunjung ke lembaga ilmu pengetahuan Indonesia (LIPI) Biomaterial di daerah	

4 Januari 2020	-	<p>Cibinong.</p> <p>Diskusi melalui Whatsapp Grup :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memberikan Informasi terkait judul penelitian di LIPI Biomaterial 	
28 Januari 2020	-	<p>Diskusi Proposal Penelitian dengan Pak Untung :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan kepada Pak Untung terkait rencana penelitian yang akan dilakukan di LIPI Biomaterial • Memperbaiki atau melakukan revisi pada proposal sesuai dengan arahan dari Pak Untung • Mengumpulkan Proposal Tugas Akhir. 	
8 Februari 2020	-	<p>Diskusi melalui Whatsapp Grup :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memberikan informasi kepada Ibu Erfina dan Pak Untung terkait perubahan judul penelitian dikarenakan terdapat kendala pada bahan dalam rencana penelitian sebelumnya. 	
27 Maret 2020	Bab I	<p>Diskusi <i>Online</i> melalui aplikasi Zoom Meeting :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pembahasan Laporan Tugas Akhir Bab I 	

17 April 2020	Bab I	Perbaiki isi Laporan Tugas Akhir Bab I
28 April 2020	Bab I-II	Perbaiki isi Laporan Tugas Akhir Bab I dan Bab II
29 Mei 2020	Bab III	Melanjutkan Bab III Laporan Tugas Akhir.
26 Juni 2020	Bab IV-V	Melanjutkan Bab IV sampai dengan Bab V Laporan Tugas Akhir.
27 Juli 2020	Bab IV	Perbaiki isi Laporan Tugas Akhir Bab IV: <ul style="list-style-type: none"> • Menambahkan pembahasan mengenai penggunaan <i>nata de coco</i> sebagai bahan pembuatan komposit. • Menambahkan pembahasan terkait peningkatan waktu perendaman terhadap kekuatan tarik komposit selulosa.
28 Juli 2020	Bab IV	Perbaiki isi Laporan Tugas Akhir Bab IV: <ul style="list-style-type: none"> • Perbaiki pembahasan mengenai hasil gugus fungsi dengan mengubah data hasil uji gugus fungsi kedalam tabel. • Mengubah kalimat-kalimat dalam pembahasan agar tidak ada pemborosan kalimat.
		Perbaiki Abstrak:

29 Juli 2020	-	<ul style="list-style-type: none"> • Menambahkan penjelasan mengenai nilai hasil uji kekuatan tarik. <p>Perbaiki isi Laporan Tugas Akhir Bab V:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memperbaiki kalimat dalam kesimpulan. • Memperkuat kalimat dalam kesimpulan. <p>Perbaiki PPT Tugas Akhir</p>	
5 Agustus 2020	-		

Mengetahui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T
NIP. 198210012014022001

Ir. Untung Prayudie, MTA
NIP. 196102081991031001

Menyetujui

Ketua Program Studi

Teknik Kimia Polimer

Fitria Ika Aryanti, S.T, M.Eng
NIP. 198505112014022001

Nomor : 187 /BPSDMI/STMI/PP/II/2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Ibu DR. Erfina Oktariani, S.T., M. T
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDMI/STMI/PP/KEP/II/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Adelia Hajar Diastirini
No. Induk : 1516003

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pembuatan Beads Selulosa berbahan Dasar Nat De Coco dengan Media Cross - Link Polyethylene Glycol dari Asam Sitrat Untuk Adsorben Zat Warna. "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.



Tembusan:
1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;



Nomor : 187 /BPSDMI/STMI/II/2020
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Bapak Ir. Untung Prayudie, MTA
Di Jakarta

Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta No: 01/BPSDMI/STMI/PP/KEP/II/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta, Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Adelia Hajar Diastirini
No. Induk : 1516003

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

" Pembuatan Beads Selulosa berbahan Dasar Nat De Coco dengan Media Cross - Link Polyethylene Glycol dari Asam Sitrat Untuk Adsorben Zat Warna. "

Demikian surat ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.



Tembusan:

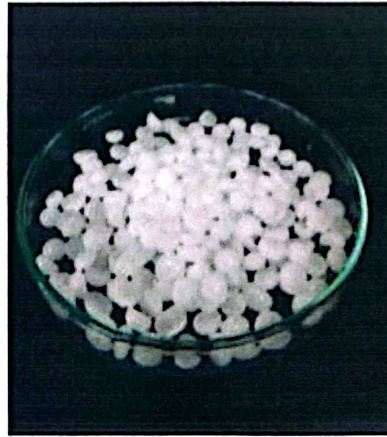
1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Dosen Pembimbing;
4. Mahasiswa yang bersangkutan;



LAMPIRAN F Gambar Bahan



Nata de coco



NaOH

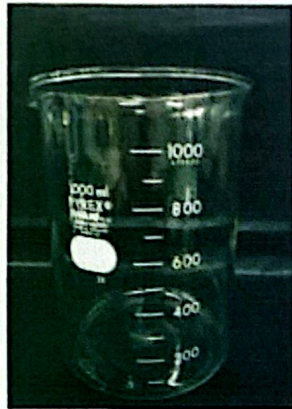


Asam sitrat

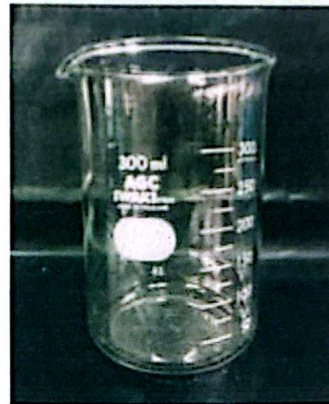


Gliserol

LAMPIRAN G Gambar Alat



Gelas beaker 1000 mL



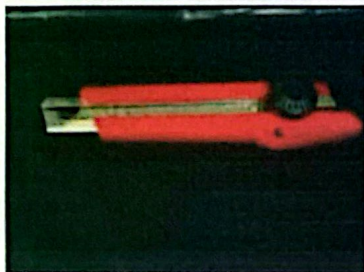
Gelas beaker 300 mL



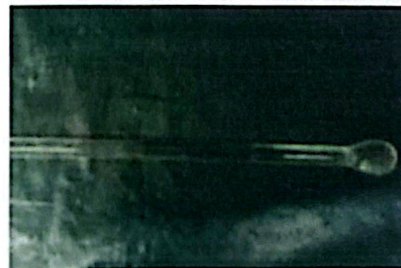
Cawan petri



Termometer



Cutter



Batang pengaduk kaca



Neraca analitik kapasitas 410 gram



Neraca analitik kapasitas 6000 gram



Panci *stainless*



Kompor gas



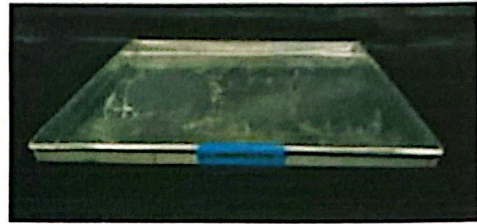
Oven vakum



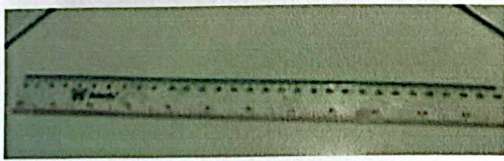
Oven atmosfer



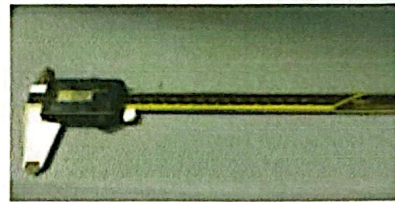
Box container



Tray



Penggaris 30 cm



Caliper



Hotplate



Fourier Transform Infrared (FTIR)



Universal Testing Machine (UTM)

LAMPIRAN H Gambar Komposit Selulosa *Nata de coco*



LAMPIRAN I Perhitungan

Kadar air *Nata de coco*

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat basah}} \times 100\%$$

a. Sampel kadar air 1 = $\frac{61,085 \text{ gram} - 0,356 \text{ gram}}{61,085 \text{ gram}} \times 100\% = 99,44 \%$

b. Sampel kadar air 2 = $\frac{63,652 \text{ gram} - 0,342 \text{ gram}}{63,652 \text{ gram}} \times 100\% = 99,46 \%$

c. Sampel kadar air 3 = $\frac{66,514 \text{ gram} - 0,374 \text{ gram}}{66,514 \text{ gram}} \times 100\% = 99,43 \%$

d. Sampel kadar air 4 = $\frac{63,008 \text{ gram} - 0,339 \text{ gram}}{63,008 \text{ gram}} \times 100\% = 99,46 \%$

e. Sampel kadar air 5 = $\frac{63,007 \text{ gram} - 0,332 \text{ gram}}{63,007 \text{ gram}} \times 100\% = 99,47 \%$

f. Rata-rata persentase kadar air *nata de coco*

$$= \frac{99,44 \% + 99,46 \% + 99,43 \% + 99,46 \% + 99,47 \%}{5}$$

$$= 99,44 \%$$

Konsentrasi NaOH 1% dalam 1000 ml aquades

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH 1\%} &= \frac{\text{gram}}{100} \times 1000 \text{ ml} \\ &= \frac{1 \text{ gram}}{100} \times 1000 \text{ ml} \\ &= \frac{1 \text{ gram}}{100} \times 1000 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$\text{Massa NaOH} = 10 \text{ gram}$$

Perbandingan molaritas asam sitrat : gliserol (1:1) dalam 200 ml larutan

$$\text{mol asam sitrat} = \frac{\text{gram}}{Mr} = \frac{200 \text{ gram}}{192} = 1,04 \text{ mol}$$

$$\text{massa gliserol} = \rho \times v = 1,26 \text{ g/cm}^3 \times 76 \text{ ml} = 95,76 \text{ gram}$$

$$\text{mol gliserol} = \frac{\text{gram}}{Mr} = \frac{95,76 \text{ gram}}{92} = 1,04 \text{ mol}$$

$$\text{molaritas asam sitrat} = \frac{n}{V} = \frac{1,04 \text{ mol}}{200 \text{ ml}} = 0,005$$

molaritas gliserol

$$= \frac{n}{V} = \frac{1,04 \text{ mol}}{200 \text{ ml}} = 0,005$$

Data selisih berat sampel

Sampel Ke	Berat Awal (gram)							
	A ₂	A ₄	A ₆	A ₂₄	V ₂	V ₄	V ₆	V ₂₄
1	0,107	0,123	0,125	0,102	0,113	0,110	0,109	0,110
2	0,109	0,121	0,126	0,107	0,106	0,117	0,108	0,115
Rata-rata	0,108	0,122	0,125	0,104	0,109	0,113	0,108	0,112

Sampel Ke	Berat Setelah Perendaman (gram)							
	A ₂	A ₄	A ₆	A ₂₄	V ₂	V ₄	V ₆	V ₂₄
1	0,138	0,171	0,147	0,200	0,182	0,190	0,187	0,153
2	0,151	0,176	0,170	0,200	0,141	0,212	0,183	0,182
Rata-rata	0,144	0,176	0,158	0,200	0,161	0,201	0,185	0,167

Selisih berat sampel = Berat setelah perendaman – berat awal

$$\text{Sampel A}_2 = 0,144 - 0,108 = 0,036 \text{ gram}$$

$$\text{Sampel A}_4 = 0,176 - 0,122 = 0,054 \text{ gram}$$

$$\text{Sampel A}_6 = 0,158 - 0,125 = 0,033 \text{ gram}$$

$$\text{Sampel A}_{24} = 0,200 - 0,104 = 0,096 \text{ gram}$$

$$\text{Sampel V}_2 = 0,161 - 0,109 = 0,052 \text{ gram}$$

$$\text{Sampel V}_4 = 0,201 - 0,133 = 0,068 \text{ gram}$$

$$\text{Sampel V}_6 = 0,185 - 0,108 = 0,077 \text{ gram}$$

$$\text{Sampel V}_{24} = 0,167 - 0,112 = 0,055 \text{ gram}$$

LAMPIRAN J Hasil Uji Kekuatan Tarik Komposit Selulosa *Nata de coco* dengan Media Ikatan Silang (*crosslink*) Asam Sitrat dan Gliserol.

Sampel	Jenis Oven	Waktu Perendaman (jam)	Hasil pengujian (MPa)
1	Atmosfer	2	5,712
2		4	25,418
3		6	75,271
4		24	31,051
5	Vakum	2	37,086
6		4	29,682
7		6	36,377
8		24	45,714