



**FABRIKASI *NANOFIBER* SINAMALDEHIDA DARI MINYAK  
KAYU MANIS (*Cinnamomum zeylanicum*) DENGAN MATRIKS  
PVA DAN  $\beta$ -SIKLODEKSTRIN**

Skripsi

Disusun sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia

Oleh

**Shafira Moreta**

**4311416035**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul *Fabrikasi Nanofiber Sinamaldehida Dari Minyak Kayu Manis (Cinnamomum zeylanicum) Dengan Matriks PVA dan Siklodekstrin* karya Shafira Moreta 4311416035 ini telah dipertahankan dalam Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada hari Rabu tanggal 19 Februari 2020 dan disahkan oleh Panitia Ujian.

Semarang, 19 Februari 2020

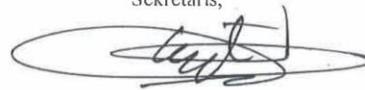
Panitia

Ketua,



UNNES Sugiarto, M.Si  
NIP. 196102191993031001

Sekretaris,



Dr. Sigit Priatmoko, M.Si  
NIP. 196504291991031001

Ketua Penguji



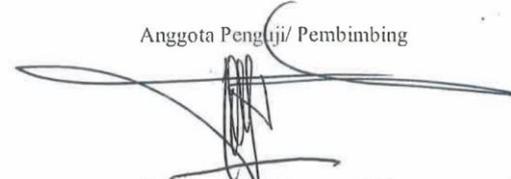
Cepi Kurniawan, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 198104112005011001

Anggota Penguji



Dante Alighiri, S.Si., M.Sc  
NIP. 198506102015041003

Anggota Penguji/ Pembimbing



Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si  
NIP. 196412051990021001

**PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 19 Februari 2020



Shafira Moreta

4311416035

## **MOTO DAN PERSEMBAHAN**

### **Moto**

Boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.

(QS Al-Baqarah ayat 216)

### **Persembahan**

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan kemurahan hatinya peneliti dapat menyelesaikan skripsi tepat pada waktunya. Skripsi ini peneliti persembahkan untuk:

- Kedua orang tua, Papa Sugiarto dan Mama Siti Khotijah.
- Adik, Shalliana Meiraldian.
- Keluarga dan keluarga besar yang selalu memberikan support dan doa di setiap perjalanan penulis.
- Seluruh sahabat: Intan, Hasna, Yemima, Nana, Mila, Yusuf, Tazkia, Mba Ragil, Muli, Zahro, Bening, dll yang selalu ada disetiap penulis merasa *down* dan selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
- Teman teman kimia rombel 1 yang telah menjadi partner mencari ilmu selama 7 semester ini.
- Seluruh Asisten Laboratorium Kimia Organik tahun ajaran 2018/2019 dan 2019/2020.
- Seluruh anggota PSM Bina Vokalia FMIPA yang selalu memberikan pengalaman yang baik bagi penulis.

## PRAKATA

Pertama-tama, peneliti ucapkan syukur dan terima kasih kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi yang berjudul “Fabrikasi *Nanofiber* Sinamaldehyda dari Minyak Kayu Manis (*Cinnamomum zeylanicum*) dengan Matriks PVA dan  $\beta$ -Siklodekstrin” disusun dalam kurun waktu 9 bulan. Skripsi ini kiranya tak akan selesai tanpa bantuan dari beberapa pihak yang terus mendorong peneliti untuk menyelesaikannya. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si, Pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran kepada penulis, menanamkan pola berfikir realistis dan terstruktur, serta selalu memberikan saran, masukan dan motivasi bagi penulis.
2. Cepi Kurniawan, S.Si, M.Si, Ph.D. Penguji 1 skripsi yang telah memberikan saran kepada penulis serta mempermudah akses bagi penulis untuk melakukan penelitian di UiTM Malaysia.
3. Dante Alighiri, S.Si, M.Sc, Penguji 2 skripsi sekaligus dosen wali penulis yang telah memberikan arahan dan bimbingan dari awal kuliah hingga akhir penelitian penulis.
4. Dr. Nor Dalila Nor Affandi, Dr. Fatirah Fadil, Prof Hadariah dan seluruh staff Faculty Sains Gunaan, UiTM Malaysia yang telah membantu penelitian penulis selama di Malaysia.
5. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang membantu menyelesaikan skripsi ini. Semoga amal dan budi baiknya mendapat pahala dari Allah SWT.

Besar harapan penulis di kemudian hari, skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembacanya ataupun penelitian selanjutnya.

Semarang, 19 Februari 2020

Shafira Moreta  
Penulis

## ABSTRAK

Moreta, Shafira. 2020. *Fabrikasi Nanofiber Sinamaldehyda dari Minyak Kayu Manis (Cinnamomum zeylanicum) dengan Matriks PVA dan Siklodekstrin*. Skripsi, Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si.

**Kata Kunci** : nanofiber,  $\beta$ -siklodekstrin, sinamaldehyda, PVA

Perkembangan nanoteknologi dalam kehidupan kini amat pesat dan berdampak besar pada ilmu pengetahuan, biomedik, teknologi industri dan perekonomian. Salah satu produknya yaitu nanofiber yang secara luas dikembangkan dan dipelajari sebagai membran filtrasi, komposit, dan penunjang *drug delivery system*. Dalam perannya sebagai penunjang *drug delivery system*, nanofiber diberi penambahan zat aktif. Zat aktif yang digunakan adalah sinamaldehyda dari minyak kayu manis (*Cinnamomum zeylanicum*) yang memiliki aktivitas antikanker seperti penghambatan invasi, poliferasi dan pertumbuhan tumor. Pada studi ini bertujuan untuk mempelajari cara isolasi minyak kayu manis dari kulit kayu manis, mempelajari isolasi sinamaldehyda dari minyak kayu manis dan mempelajari morfologi nanofiber yang dihasilkan. Metode yang digunakan untuk mengisolasi minyak kayu manis dari batang kayu manis adalah distilasi uap yang dilanjutkan dengan distilasi fraksinasi penurunan tekanan untuk memisahkan kandungan perfraksi. Minyak kayu manis yang berhasil diisolasi dengan persen relatif rendemen sebesar 0,269% dengan kandungan sinamaldehyda sebesar 73,24%. Setelah sinamaldehyda didapatkan, dilanjutkan dengan pengujian kemurnian menggunakan GCMS didapatkan hasil kemurnian sinamaldehyda sebesar 88,90% pada fraksi ketiga isolasi. Step selanjutnya yaitu pembuatan nanofiber menggunakan metode *electrospinning*. Pada penelitian ini berhasil mempreparasi nanofiber sinamaldehyda dari matriks PVA dan  $\beta$ -siklodekstrin menggunakan teknik *electrospinning* dengan tegangan listrik sebesar 13-14 kV. Morfologi nanofiber dianalisa menggunakan SEM, nanofiber PVA memiliki fiber uniform dan tanpa beads sedangkan nanofiber PVA/Sinamaldehyda 5%, PVA/ $\beta$ -siklodekstrin/Sinamaldehyda 5%, PVA/ $\beta$ -siklodekstrin/Sinamaldehyda 10% terbentuk fiber dengan beads. Pengujian gugus fungsi menggunakan FTIR-ATR. Diamati pula pelepasan sinamaldehyda dari nanofiber menggunakan FTIR-ATR, yang didapatkan hasil kandungan sinamaldehyda berkurang tiap harinya.

## ABSTRACT

Moreta, Shafira. 2020. *Cinnamaldehyde Nanofiber Fabrication from Cinnamon Oil (Cinnamomum zeylanicum) of PVA and  $\beta$ -Cyclodextrin Matrix*. Skripsi, Chemistry, Faculty of Mathematics and Science, Universitas Negeri Semarang. Supervisor Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si.

**Keyword** : *nanofiber,  $\beta$ -siklodekstrin, cinnamaldehyde, PVA*

The development of nanotechnology in life is now very rapid and has a huge impact on science, biomedicine, industrial technology and the economy. One of the products is nanofiber which is widely developed and studied as a filtration membrane, composite and supporting drug delivery system. In their role as a supporting the drug delivery system, an active compound were added to the nanofiber. The active ingredient used is cinnamaldehyde from cinnamon oil (*Cinnamomum zeylanicum*) which has an anticancer activities such as inhibit the invansion, poliferation and tumor growth. This study aims to learn how to isolate cinnamon oil from cinnamon bark, to learn about the isolation of cinnamaldehyde from cinnamon oil and to learn about the morphology of the nanofiber that been produced. The method used to isolate cinnamon oil from cinnamon bark is water vapor distillation followed by distillation of pressure drop fractionation to separare every fraction of the oil. Cinnamon oil obtained have relative percent yield in 0.269% with cinnamaldehyde content is 73.24% in the third fraction. After the cinnamaldehyde was obtained, followed by purity testing using GCMS it was obtained that the purity of cinnamaldehyde was 88.90%. The next step is making nanofiber using the electrospinning method. In this research are sucessfully formed a cinnamaldehyde nanofiber from PVA and  $\beta$ -cyclodextrin using electrospinning with applied voltage about 13-14 kV. Nanofiber morphology was analized using SEM, the result is PVA nanofiber has a uniform fiber and have no beads while the nanofibers PVA/Sinamaldehyida 5%, PVA/ $\beta$ -cyclodextrin/cinnamaldehyde 5%, PVA/ $\beta$ -cyclodextrin/cinnamaldehyde 10% formed with beads. The fuctional groups was analized by FTIR-ATR. It was also observed that the release of cinnamaldehyde from nanofiber using FTIR-ATR, which results in reduced cinnamaldehyde content every day.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN .....	iii
MOTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA DAN UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Minyak Atsiri pada Tanaman Kayu Manis .....	6
2.1.1 Kayu Manis ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> ) .....	6
2.1.2 Minyak Kayu Manis .....	9
2.1.3 Sinamaldehyda .....	11
2.2 Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Sinamaldehyda dari Kayu Manis .....	13
2.2.1 Isolasi Minyak Atsiri .....	13
2.2.2 Isolasi Minyak Atsiri dari Kulit Kayu Manis .....	14
2.2.3 Isolasi Sinamaldehyda dari Minyak Kayu Manis .....	15
2.3 <i>Electrospinning</i> dan Karakterisasinya .....	18
2.3.1 <i>Electrospinning</i> .....	18
2.3.2 PVA ( <i>Polyvinyl Alcohol</i> ) .....	23
2.3.3 Siklodekstrin.....	24
2.3.4 Tween 80 .....	27
2.3.5 Karakterisasi Serat Nano Menggunakan FTIR .....	28
2.3.6 Karakterisasi Serat Nano Menggunakan SEM .....	31
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	33
3.2 Variabel Penelitian .....	33
3.2.1 Variabel Bebas .....	33
3.2.2 Variabel Terikat .....	33
3.2.3 Variabel Terkendali .....	33
3.3 Alat dan Bahan .....	34
3.4 Prosedur Kerja .....	34
3.4.1 Isolasi dan Identifikasi Komponen Minyak Atsiri Kayu Manis .....	34

3.4.2 Isolasi dan Identifikasi Sinamaldehyda .....	35
3.4.3 Pembuatan Campuran Emulsi <i>Electrospinning</i> .....	35
3.4.4 Pembuatan <i>Nanofiber</i> Menggunakan <i>Electrospinning</i> .....	37
3.5 Teknik Analisis Data .....	37
3.5.1 Analisis Hasil Minyak .....	38
3.5.1.1 Uji Kandungan Minyak Kayu Manis Menggunakan GC-MS ....	38
3.5.1.2 Uji Rendemen Sinamaldehyda Menggunakan GC .....	38
3.5.2 Analisis dan Karakterisasi <i>Nanofiber</i> .....	38
3.5.2.1 Analisis Gugus Fungsi <i>Nanofiber</i> Menggunakan FTIR.....	38
3.5.2.2 Analisis Morfologi <i>Nanofiber</i> Menggunakan SEM.....	39
3.5.2.3 Uji Kontrol Rilis <i>Nanofiber</i> Menggunakan FTIR.....	39
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1 Isolasi dan Identifikasi Komponen Minyak Atsiri Kayu Manis .....	40
4.1.1 Isolasi Minyak Kayu Manis .....	40
4.1.2 Identifikasi Komposisi Minyak Kayu Manis Menggunakan GC-MS	43
4.1.3 Identifikasi Rendemen Sinamaldehyda Menggunakan GC .....	48
4.2 Isolasi dan Identifikasi Sinamaldehyda.....	50
4.2.1 Karakterisasi Sinamaldehyda Menggunakan FTIR.....	53
4.3 Pembuatan <i>Nanofiber</i> Menggunakan <i>Electrospinning</i> .....	55
4.3.1 Larutan Untuk <i>Electrospinning Nanofiber</i> .....	55
4.3.2 Analisis Morfologi <i>Nanofiber</i> .....	58
4.3.3 Analisis <i>Nanofiber</i> Menggunakan FTIR.....	62
4.4 Uji Kontrol Rilis Menggunakan FTIR .....	66
<b>V. PENUTUP .....</b>	<b>71</b>
5.1 Simpulan.....	71
5.2 Saran.....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>73</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Pohon Kayu Manis .....	8
2.2. Struktur Sinamaldehyda .....	11
2.3. Kromatogram GC-MS Senyawa Sinamaldehyda .....	18
2.4. Visualisasi Kerja Alat Elektrosinning .....	20
2.5. Struktur PVA .....	23
2.6. Struktur Kimia Siklodekstrin .....	24
2.7. Struktur Tween 80 .....	28
4.1. Kulit Kayu Manis ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> ) .....	40
4.2. Minyak Kayu Manis .....	42
4.3. Kromatogram GC-MS Minyak Kayu Manis Nusaroma Essentials Indonesia ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> ) .....	43
4.4. Kromatogram GC-MS Minyak Kayu Manis Hasil Distilasi Uap di Unnes ( <i>Cinnamomum burmanii</i> ) .....	44
4.5. Spektrogram GC-MS Sinamaldehyda .....	47
4.6. Pola Fragmentasi Senyawa Sinamaldehyda .....	47
4.7. Hasil Uji GC Minyak Kayu Manis .....	49
4.8. Hasil Uji GC Pada Hasil Per-fraksi Minyak Kayu Manis .....	51
4.9. Perbandingan Fisik Minyak .....	52
4.10. Spektrum Inframerah Sinamaldehyda .....	54
4.11. Hasil pengujian SEM .....	59
4.12. Grafik Distribusi Diameter <i>Nanofiber</i> .....	60
4.13. Spektra Inframerah <i>Nanofiber</i> dengan PVA & $\beta$ -Siklodekstrin .....	62
4.14. Spektrum Inframerah Sinamaldehyda .....	65
4.15. Spektra Inframerah <i>Nanofiber</i> dengan Sinamaldehyda .....	65
4.16. Uji Kontrol Rilis PVA/Sinamaldehyda 5% .....	67
4.17. Uji Kontrol Rilis PVA/ $\beta$ -Siklodekstrin/Sinamaldehyda 5% .....	68
4.18. Uji Kontrol Rilis PVA/ $\beta$ -Siklodekstrin/Sinamaldehyda 10% .....	69

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Standar SNI Minyak Kayu Manis .....	9
2.2. Referensi Komponen Minyak Kayu Manis .....	10
2.3. Sifat Kimia dan Fisika Sinamaldehyda .....	12
2.4. Keunggulan dan Kekurangan Metode Pembuatan <i>Nanofiber</i> .....	19
2.5 Sifat Fisika dan Kimia PVA .....	23
2.6. Referensi Spektra FTIR.....	29
2.7. Referensi Spektra IR Sinamaldehyda .....	30
2.8. Referensi Spektra IR PVA.....	30
2.9. Referensi Spektra IR $\beta$ -siklodekstrin .....	30
3.1. Pengaturan Distilasi Fraksinasi.....	35
3.2. Komposisi Campuran untuk <i>Electrospinning</i> .....	35
3.3. Data Pengaturan <i>Electrospinning</i> .....	37
4.1. Pola Fragmentasi Senyawa Dalam Minyak Kayu Manis Nusaroma ....	45
4.2. Pola Fragmentasi Senyawa Dalam Minyak Kayu Manis Hasil Distilasi Uap di Unnes.....	46
4.3. Perbandingan Puncak Tertinggi Antar Minyak Kayu Manis .....	49
4.4. Perbandingan Hasil Per-Fraksi .....	50
4.5. Perbandingan Hasil GC .....	51
4.6. Hasil Analisis Spektrum IR Sinamaldehyda .....	54
4.7. Komposisi Campuran untuk <i>Electrospinning Nanofiber</i> .....	55
4.8. Data Pengaturan <i>Electrospinning</i> .....	57
4.9. Data Morfologi <i>Nanofiber</i> .....	59
4.10. Hasil Analisis Spektra Inframerah <i>Nanofiber</i> dengan PVA & $\beta$ -CD .	68
4.11. Hasil Analisis Spektra Inframerah Semua <i>Nanofiber</i> dengan Sinamaldehyda.....	66
4.12. Uji Kontrol Rilis PVA/Sinamaldehyda 5% .....	68
4.13. Uji Kontrol Rilis PVA/ $\beta$ -CD/Sinamaldehyda 5% .....	68
4.14. Uji Kontrol Rilis PVA/ $\beta$ -CD/Sinamaldehyda 10% .....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Bagan Isolasi Minyak Kayu Manis .....	78
2. Pembuatan <i>Nanofiber</i> 1 (PVA).....	79
3. Pembuatan <i>Nanofiber</i> 2 (PVA/sinamaldehyda) .....	80
4. Pembuatan <i>Nanofiber</i> 3 (PVA/ $\beta$ -siklodekstrin/Sinamaldehyda).....	81
5. Pembuatan <i>Nanofiber</i> 4 ( $\beta$ -siklodekstrin/Sinamaldehyda) .....	82
6. Perhitungan .....	83
7. Perhitungan Formulasi Campuran .....	84
8. Hasil GC Minyak Kayu Manis ( <i>Cinnamomum burmanii</i> ).....	86
9. Hasil GC Minyak Kayu Manis ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> ).....	88
10. Hasil GC Fraksi 1 Minyak Kayu Manis.....	90
11. Hasil GC Fraksi 2 Minyak Kayu Manis.....	92
12. Hasil GC Fraksi 3 Minyak Kayu Manis.....	94
13. Gambar <i>Nanofiber</i> .....	96
14. Gambar Hasil Pengujian SEM Dengan Perbesaran 5.000 kali.....	97
15. Gambar Hasil Pengujian SEM Dengan Perbesaran 10.000 kali.....	98
16. Gambar Hasil Pengujian SEM Dengan Perbesaran 20.000 kali.....	99
17. Analisis Rata Rata Diameter <i>Nanofiber</i> PVA Menggunakan <i>Image J</i> .....	100
18. Analisis Rata Rata Diameter <i>Nanofiber</i> PVA/Sinamaldehyda 5% Menggunakan <i>Image J</i> .....	104
19. Analisis Rata Rata Diameter <i>Nanofiber</i> PVA/ $\beta$ -Siklodekstrin/Sinamaldehyda 5% Menggunakan <i>Image J</i> .....	108
20. Analisis Rata Rata Diameter <i>Nanofiber</i> PVA/ $\beta$ -Siklodekstrin/Sinamaldehyda 10% Menggunakan <i>Image J</i> .....	112
21. Set Alat.....	116

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan minyak atsiri sangat beragam, beberapa penelitian terakhir telah mengembangkan minyak atsiri sebagai salah satu pemegang peran penting dalam industri makanan, kosmetik, dan kesehatan (Nainggolan, 2008). Dalam bidang makanan digunakan sebagai rempah tambahan dan pemberi rasa pada makanan (Sastrohamidjojo, 2014). Sedangkan dalam bidang kosmetik digunakan sebagai bahan tambahan pembuatan *toilettries* seperti sabun, pasta gigi, shampoo, *lotion*, dan lain lain (Sastrohamidjojo, 2014). Selain itu dalam bidang kesehatan minyak atsiri memiliki kegunaan sebagai senyawa anti sitotoksik untuk kanker (Herdwiani *et al.*, 2015), anti proliferasi sel (Cabello *et al.*, 2009), anti diabetes (Babu *et al.*, 2007), anti mikroba (Ooi *et al.*, 2006) antioksidan (Wen *et al.*, 2016) dan analgesik.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kayu manis (*Cinnamomum burmanii*) memiliki senyawa aktif yang berperan untuk aktivitas antikanker yang diduga sebagai sinamaldehyda (Herdwiani *et al.*, 2015). Sinamaldehyda mampu menghambat invasi, proliferasi dan pertumbuhan tumor (Cabello *et al.*, 2009). Minyak kayu manis memiliki aktivitas sitotoksik terhadap kultur sel WiDr yaitu  $IC_{50}$  sebesar 13,70  $\mu\text{g/mL}$  (Herdwiani *et al.*, 2015). Sedangkan menurut Sharififar (2009) menyatakan bahwa minyak kayu manis memiliki aktivitas sitotoksik yaitu  $IC_{50}$  sebesar 0,03 mg/mL.  $IC_{50}$  atau lethal concentration 50 merupakan konsentrasi yang menyebabkan kematian pada 50% binatang percobaan, biasanya berhubungan dengan waktu percobaan bahan. Jika senyawa  $IC_{50} - 24$  jam hasilnya kurang dari 1000  $\mu\text{g/mL}$  maka komponen dapat digunakan sebagai obat kemoterapi (Hermawan *et al.*, 2010).

Tiga komponen utama penyusun minyak kulit kayu manis adalah Sinamaldehyda (91,18%), Eugenol (7,64%) dan sinamil asetat (1,18%)(Prasetya & Ngadiwiyana, 2006). Pada tanaman kayu manis, bagian yang mengandung minyak atsiri adalah kulit batang dan daun kayu manis. Bagian kulit kayu lebih dominan

kandungan sinamaldehyda dan pada bagian daun lebih dominan mengandung eugenol (Winarni,2006). Minyak atsiri dari kayu manis mempunyai ciri khas aroma yang pedas, manis dan tajam. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Suryani dan Nurmansyah (2009) menunjukkan bahwa rendemen minyak atsiri kayu manis ada pada kisaran 0,31-1,47%.

Dewasa ini, perkembangan nanoteknologi dalam dunia sangat pesat dan memberikan dampak yang besar pada ilmu pengetahuan, biomedik, teknologi industri bahkan pada perekonomian. Salah satu contoh produk nano partikel yaitu serat nano (*nanofiber*) yang digunakan sebagai penunjang *drug delivery system* atau sistem penghantaran obat dalam tubuh (Yoo *et al.*, 2009). *Nanofiber* memiliki beberapa karakteristik yang khas seperti memiliki luas permukaan yang lebih luas, memiliki sifat berpori yang lebih banyak, dan memiliki efisiensi yang tinggi dalam enkapsulasi dengan senyawa aktif (Celebioglu & Uyar, 2011; Celebioglu & Uyar, 2012; Kayaci *et al.*, 2013; Ramakrishna *et al.*, 2005). *Nanofiber* dapat diaplikasikan pada beberapa bidang seperti membran untuk filtrasi, sistem pelepasan secara berkala pada obat, *drug delivery*, sebagai bahan tekstil, kemasan makanan dan lain lain (Celebioglu & Uyar, 2012; Kayaci *et al.*, 2013; Kayaci *et al.*, 2014). Serat nano dapat didefinisikan sebagai suatu serat yang memiliki diameter kisaran 10 nm hingga beberapa mikron (Celebioglu *et al.*, 2012; Ramakrishna *et al.*, 2005). Sedangkan partikel ukuran nano memiliki diameter pada rentan 1-100 nm (Rengga, 2017). Serat nano dapat dibuat menggunakan bahan bahan alam, bahan sintetis ataupun gabungan antara keduanya (Celebioglu & Uyar, 2012).

Beberapa metode yang bisa digunakan untuk membuat *nanofiber* atau serat nano adalah *drawing*, *template synthesis*, *phase separation*, *self assembly* dan *electrospinning* (Ramakrishna *et al.*, 2005). Beberapa metode ini memiliki kelebihan dan kelemahan masing masing. Keunggulan masing-masing metode ini adalah dapat dilakukan dalam skala laboratorium dan pembuatan dapat dilakukan berulang kali atau secara kontinyu. Beberapa kelemahan yang ada pada metode lain seperti proses tidak dapat diukur terjadi pada semua metode kecuali *electrospinning*. Pada metode *drawing*, *phase separation* dan *self assembly* tidak dapat dilakukan pengontrolan pada dimensi serat (Ramakrishna *et al.*, 2005).

Teknik yang digunakan pada beberapa penelitian dekade terakhir adalah *electrospinning* karena biaya-efektivitas. *Electrospinning* adalah proses untuk membentuk *nanofiber* yang menggunakan bantuan tegangan listrik untuk pemancaran larutan dan penguapan pelarut (Feltz *et al.*, 2017; Wahyudi & Sugiyana, 2018). Dalam prinsip *electrospinning*, matriks harus memiliki berat molekul tinggi, terkonsentrasi tinggi dan memiliki keterikatan rantai dan tumpang tindih (Celebioglu & Uyar, 2012).

Selain penggunaan teknik pembuatan serat nano, ada lagi faktor penting yang mempengaruhi hasil yaitu matriks. Penentuan matriks yang digunakan untuk pembentukan serat nano menggunakan *electrospinning* merupakan hal yang sangat penting. Penentuan matriks akan mempengaruhi morfologi dari serat nano yang akan dibuat (Celebioglu & Uyar, 2012). Karakteristik matriks yang akan digunakan pada pembuatan *nanofiber* ini yaitu memiliki berat molekul yang besar. Berat molekul mengindikasikan panjang rantai polimernya (Ramakrishna *et al.*, 2005). Beberapa penelitian sebelumnya telah menelaah matrik-matrik yang dapat digunakan sebagai bahan dasar *electrospinning nanofiber*. Diantaranya yaitu polivinil alkohol (PVA) (Kayaci *et al.*, 2013; Kayaci *et al.*, 2014), *Poli caprolactone* (PCL) (Lu *et al.*, 2001), poli metil metakrilat (PMMA) (Uyar *et al.*, 2009), siklodekstrin (Kayaci *et al.*, 2013) dan kitosan. Setiap matrik memiliki kelebihan dan kekurangan masing masing. Tetapi menurut penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya oleh Lee (2004) menyatakan bahwa PVA (*polivinyl alcohol*) merupakan bahan yang mempunyai efektivitas tinggi, harganya murah, *biocompatible* tinggi dan tak beracun sehingga baik untuk dijadikan sebagai matrik dalam pembuatan *nanofiber* (Lee *et al.*, 2004).

Pada penelitian ini, penyusunan *nanofiber* dari matriks polimer dan non-polimer diselidiki. Matriks non polimer yang digunakan  $\beta$ -siklodekstrin, yaitu senyawa gula yang terikat dalam bentuk cincin yang didapatkan secara alami dari degradasi pati (Bestari, 2014). Siklodekstrin memiliki bentuk cincin yang mengerucut tak silindris dengan rongga hidrofobik yang dapat mengikat zat aktif dengan ikatan non kovalen antara siklodekstrin dan zat aktif (Valle, 2004). Ikatan ini disebut sebagai salah satu inklusi kompleks (Celebioglu & Uyar, 2013).

Kemampuan siklodekstrin untuk membentuk inklusi kompleks ini membuat siklodekstrin mudah diaplikasikan sebagai pemerangkap zat aktif hidrofob (Celebioglu *et al.*, 2016). Pada senyawa yang bersifat volatil, dan tak stabil seperti minyak atsiri, perasa makanan, dan antioksidan, dapat dilindungi dari penguapan, degradasi dan oksidasi. Selain itu dengan pembentukan inklusi kompleks ini dapat memperpanjang umur simpan suatu bahan, memperlambat pelepasan zat aktif, dan menjaga stabilitas bahan pada suhu tinggi (Hedges, 1998; Kayaci *et al.*, 2013; Szejtli, 1998).

Pada penelitian ini dilakukan studi isolasi dan identifikasi senyawa aktif pada minyak kayu manis, isolasi dan identifikasi sinamaldehida dari minyak kayu manis dan studi teknologi rekayasa pembuatan partikel *nanofiber* menggunakan matriks senyawa polimer dan senyawa non polimer. Matriks polimer yang digunakan adalah PVA dan non polimernya adalah  $\beta$ -siklodekstrin. Penambahan sinamaldehida pada formulasi *nanofiber* dilakukan untuk mengetahui bagaimana senyawa aktif dari minyak atsiri jika disediakan dalam bentuk *nanofiber*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana komposisi dan rendemen minyak kayu manis yang dihasilkan dari distilasi uap air kulit kayu manis?
2. Bagaimana kemurnian sinamaldehida yang dihasilkan dari distilasi fraksinasi minyak kayu manis?
3. Bagaimana karakteristik *nanofiber* sinamaldehida dengan matriks PVA dan  $\beta$ -siklodekstrin yang dihasilkan dengan metode *electrospinning*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui komposisi dan rendemen minyak kayu manis yang dihasilkan dari isolasi distilasi uap air kulit kayu manis.
2. Mengetahui kemurnian sinamaldehida yang dihasilkan dari proses isolasi distilasi fraksinasi minyak kayu manis.

3. Mengetahui karakteristik *nanofiber* sinamaldehyda dengan matriks PVA dan  $\beta$ -siklodekstrin yang dihasilkan dengan metode *electrospinning*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan pengetahuan tentang komposisi dan rendemen minyak kayu manis yang dihasilkan dari distilasi uap air kulit kayu manis beserta prosesnya.
2. Memberikan informasi tentang kemurnian sinamaldehyda yang dihasilkan dari proses isolasi distilasi fraksinasi minyak kayu manis beserta prosesnya.
3. Memberikan pengetahuan tentang karakteristik *nanofiber* sinamaldehyda dengan matriks PVA dan  $\beta$ -siklodekstrin yang dihasilkan dengan metode *electrospinning*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Minyak Atsiri pada Tanaman Kayu Manis**

Minyak atsiri atau yang disebut sebagai *essential oils*, *volatile oils* atau *etherial oil* merupakan ekstrak dari suatu jenis tumbuhan yang berasal dari bunga, daun, biji-bijian, kayu dan bagian lainnya (Gustiana, 2014). Minyak atsiri merupakan cairan hidrofobik pekat yang bersifat mudah menguap dan memiliki aroma yang khas serta pada umumnya mudah larut dalam pelarut organik tetapi tidak larut dalam air (Rahartri, 2017). Definisi minyak atsiri menurut *Encyclopedia of Chemical Technology* adalah merupakan senyawa yang pada umumnya berwujud cairan, yang diperoleh dari bagian tanaman, akar, batang, daun, buah, biji, kulit, maupun bunga dengan cara penyulingan dengan uap (Sastrohamidjojo, 2014).

Indonesia merupakan negara yang kaya akan jenis tumbuhan yang beraneka ragam dan dapat dimanfaatkan minyaknya. Pada tahun 1960-an Indonesia dicatat sebagai salah satu penghasil minyak atsiri terbesar di dunia. Setidaknya ada 70 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan di pasar internasional dan sekitar 40 jenisnya ada di Indonesia (Gustiana, 2014; Nainggolan, 2008). Minyak atsiri atau yang disebut sebagai *essential oils*, *volatile oils* atau *etherial oil* merupakan ekstrak dari suatu jenis tumbuhan yang berasal dari bunga, daun, biji-bijian, kayu dan bagian lainnya (Gustiana, 2014). Ada beberapa jenis minyak atsiri yang sangat mendominasi pasaran Indonesia, yaitu minyak kayu Manis (*Cinnamomum burmani*), minyak akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*), minyak pala (*Myristica fragrans*), minyak bunga kamboja (*Plumeria*), minyak daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*), minyak kayu putih (*Melaleuca leucaendron*), minyak kemangi (*Ocinum citridorum*), minyak nilam (*Pogostemon cablin.*), rimpang jahe (*Zingiber officinale*) dan lain lain (Sastrohamidjojo, 2014).

##### **2.1.1 Kayu Manis ( *Cinnamomum zeylanicum* )**

Tumbuhan kayu manis merupakan salah satu tumbuhan rempah rempah Indonesia (Nainggolan, 2008). Pohonnya berbentuk perdu yang dapat tumbuh hingga 1 sampai 15 meter. Tumbuhan ini termasuk dalam tumbuhan beraroma yang

sering digunakan sebagai dasar aromatik, pemanis, pemberi rasa, pedas dan rempah dalam masakan (Gustiana, 2014). Tumbuhan kayu manis di Indonesia dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 600 m sampai 1500 m di atas permukaan laut. Biasanya mudah ditemukan pada wilayah Sumatera seperti Jambi, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Bengkulu, dan Aceh (Rismunandar & Paimin, 2001). Selain Sumatera, kayu manis dapat dijumpai pada Jawa, Bali, Madura, Flores, Ambon, dan Papua.

Tanaman kayu manis termasuk dalam family *Lauraceae* yang tersebar di Asia dan Australia, dua spesies yang mudah ditemukan di Indonesia yaitu *Cinnamomum burmannii* dan *Cinnamomum zeylanicum* (Inggrid & Djojsubroto, 2008).

Di Indonesia, umumnya kayu manis dikomersialkan dalam bentuk gulungan kayu manis dan bubuk kayu manis. Klasifikasi ilmiah kayu manis menurut Rismunandar & Paimin (2001) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Gymnospermae
Subdivisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dicotyledonae
Sub Kelas	: Dialypetalae
Ordo	: Polycarpicae
Famili	: Lauraceae
Genus	: Cinnamomum
Spesies	: <i>Cinnamomum zeylanicum</i>

Ciri-ciri yang dapat diamati dari pohon kayu manis yaitu memiliki daun yang berwarna hijau duduk berseling atau rangkaian spiral, dan warna pucuk daunnya kemerahan. Memiliki bunga dengan jumlah kelopak enam dan berwarna kuning. Buahnya berwarna ungu jika telah matang, dan batangnya saat berumur 10 tahun dapat mencapai diameter 1 meter dengan warna coklat yang memiliki aroma yang pedas-manis (Rismunandar & Paimin, 2001). Menurut Istikowati *et al.* (2009) berat kulit tanaman kayu manis yang dipanen pada umur panen (8 tahun) mencapai 2-3 kg kulit kering per pohonnya. Menurut Istikowati *et al* (2009) menunjukkan bahwa penghasil kayu manis terbesar di Kalimantan Selatan adalah Kecamatan Loksado

yang mana pada tahun 2000 memiliki produksi sebesar 377,42 ton dari kebun kayu manis 383 ha.



Gambar 2.1. Pohon Kayu Manis  
Sumber : [www.kompasiana.com](http://www.kompasiana.com)

Kulit kayu manis mempunyai tekstur yang halus dengan bentuk serat yang lurus dan agak sedikit bergelombang (Istikowati *et al.*, 2009). Warna pada kayu manis berbeda-beda, semakin tua umur pohon maka warna dari kulit kayu nya pun akan semakin pekat. Pada kulit kayu manis yang masih *fresh* terdapat saluran getah yang sering terlihat seperti bercak warna coklat kehitaman (Istikowati *et al.*, 2009). Kayu manis juga termasuk kayu yang cukup keras meskipun memiliki serat kayu yang lurus (Istikowati *et al.*, 2009).

Kulit kayu manis dan daunnya banyak digunakan sebagai bumbu dan penyedap dalam makanan dan untuk berbagai aplikasi dalam pengobatan. Kayu manis biasanya digunakan untuk pengobatan karena sifatnya yang unik dan beragam. Perlakuannya adalah dengan cara mengeringkan kulit kayu manisnya dan dihaluskan jika perlu. Menurut Schmidth (2008) menyatakan bahwa di Amerika Serikat, kayu manis digunakan untuk memberikan rasa pada sereal, hidangan berbahan dasar gandum, dan buah-buahan. Ini membuktikan bahwa kayu manis

adalah salah satu rempah yang paling banyak digunakan di dunia dan relatif murah (Wong *et al.*, 2014). Kayu manis mengandung antioksidan dan bahan aktif lain yang ditemukan dalam bagian kayu manis yang larut dalam air, dan bukan minyak kayu manis (Wen *et al.*, 2016). Melalui komponen-komponen ini kayu manis diyakini menghasilkan efek kesehatan yang terkait.

Jika serbuk kayu manis umumnya digunakan sebagai rempah-rempah di dapur rumah sedangkan minyak atsiri hasil penyulingannya digunakan sebagai zat penyedap dalam industri makanan dan minuman dan lain lain (Wong *et al.*, 2014). Minyak atsiri dari kulit kayu manis dideteksi kaya akan *trans-cinnamaldehyde* dengan efek antimikroba terhadap patogen hewan dan tumbuhan, keracunan makanan, bakteri dan jamur pembusuk.

### 2.1.2 Minyak Kayu Manis

Minyak kayu manis merupakan salah satu produk minyak hasil penyulingan kulit kayu manis yang sudah dikeringkan (SNI 06-3734-2006). Minyak kayu manis biasanya disebut sebagai minyak sinamon. Ciri fisik minyak kayu manis menurut SNI (06-3734-2006) adalah memiliki warna kuning muda hingga coklat muda, ciri khas aroma yang pedas, manis, dan tajam. Standar mutu minyak kayu manis yang baik menurut SNI (06-3734-2006) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Standar SNI Minyak Kayu Manis

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan	-	
	1.1. Warna	-	Kuning muda - coklat muda
	1.2. Bau	-	Khas Kayu Manis
2.	Bobot jenis 20°C/20°C	-	1,008 – 1,030
3.	Indeks bias (nD <sup>20</sup> )	-	1,559 – 1,595
4.	Putaran optik	-	(-5°C) s/d (0°C)
5.	Kelarutan dalam etanol 70%	-	1:3 larut dan jernih
6.	Kadar Sinamaldehyda	%	Min. 50

Sumber : (SNI 06-3734-2006)

Minyak kayu manis bisa didapatkan dari bagian kulit batang, cabang dan ranting kayu manis, selain itu juga bisa didapatkan dari daun kayu manis (Pebrimadewi, 2011). Kulit kayu memiliki kandungan sinamaldehyda yang lebih dominan sedangkan pada bagian daun lebih dominan mengandung eugenol (Ingrid & Djojubroto, 2008). Meskipun berbeda kandungan utama, tetapi inti dari

kandungan minyak ini adalah berbagai senyawa terpena hidrokarbon dan terpena teroksigenasi yang terbagi menjadi 3 senyawa besar yaitu monoterpena, fenil propanoid, dan sirkuitergen (Inggrid & Djojsubroto, 2008).

Minyak kulit kayu manis memiliki tiga komponen utama penyusunnya yaitu sinamaldehyda (91,18%), eugenol (7,64%) dan sinamil asetat (1,18%) (Prasetya & Ngadiwiyana, 2006). Beberapa penelitian sebelumnya juga menyebutkan kandungan lain dari minyak kayu manis yaitu kumarin 8% dan sinamil alkohol (Alan, 1998), senyawa terpenoid (setengah bagian fenil propanoid dan seperempatnya monoterpena) (Inggrid & Djojsubroto, 2008; Suryani & Nurmansyah, 2009), *trans-cinnamic acid* (5-10%) (Pebrimadewi, 2011) yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Refrensi Komponen Minyak Kayu Manis

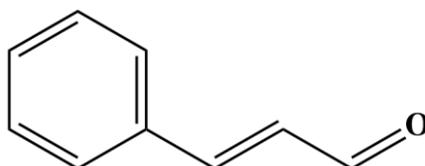
No.	Komponen penyusun	Jenis Kayu Manis	Sumber
1.	Sinamaldehyda (88,2%), benzil alkohol (8,1%), eugenol (1%), sinamaldehyda propilen glikol asetat (0,5%), benzil sinam	<i>C. zelaynicum</i>	(Gülcihan <i>et al.</i> , 2013)
2.	Sinamaldehyda (37,12%), benzil benzoat (11,65%), <i>p</i> -sineol (17,37%), linalool (8,57%), <i>alpha-cubebene</i> (7,77%), <i>alpha-terpineol</i> (4,16%), dan lain-lain.	<i>C. burmanii</i>	(Yuliarto <i>et al.</i> , 2012)
3.	Trans-sinamaldehyda (84,97%), <i>benzopiran-2-one</i> (9,03%), <i>ethanone</i> (1,11%), Borneol (1,03%),	<i>C. cassia</i>	(Kasim <i>et al.</i> , 2014)
4.	Sinamaldehyda (91,18%), eugenol (7,64%), sinamil asetat (1,18%)	<i>C. cassia</i>	(Prasetya & Ngadiwiyana, 2006)

Minyak kayu manis yang baik menurut SNI (06-3734-2006) harus memiliki minimal kandungan sinamaldehyda sebesar 50%. Kadar sinamaldehyda pada minyak kayu manis akan meningkat bila dilakukan isolasi menggunakan metode distilasi uap karena tidak akan rusak karena hidrolisis oleh air pada distilasi air (Pebrimadewi, 2011).

Efek farmakologis yang dimiliki minyak kayu manis yaitu mempunyai daya bunuh terhadap mikroorganisme (antiseptis) (Ooi *et al.*, 2006), peluruh keringat (diaphoretic), anti mikroba (Ooi *et al.*, 2006), antioksidan (Wen *et al.*, 2016), sebagai peluruh angin (*carminative*), antirematik, sitotoksik untuk kanker (Herdwiani *et al.*, 2015), anti poliferasi sel (Cabello *et al.*, 2009), anti diabetes (Babu *et al.*, 2007) dan penghilang rasa sakit (analgesik). Minyak kayu manis memiliki aktivitas sitotoksik terhadap kultur sel WiDr yaitu  $IC_{50}$  sebesar 13,70  $\mu\text{g/mL}$  (Herdwiani *et al.*, 2015). Menurut Sharififar (2009) menyatakan bahwa minyak kayu manis memiliki aktivitas sitotoksik sebesar  $IC_{50}$  sebesar 0,03 mg/mL.  $IC_{50}$  atau *lethal concentration* 50 merupakan konsentrasi yang menyebabkan kematian pada 50% binatang percobaan, biasanya berhubungan dengan waktu percobaan bahan. Jika senyawa  $IC_{50}$ -24 jam hasilnya kurang dari 1000  $\mu\text{g/mL}$  maka komponen dapat digunakan sebagai obat kemoterapi (Hermawan *et al.*, 2010).

### 2.1.3 Sinamaldehyda

Sinamaldehyda merupakan salah satu senyawa aktif yang terkandung dalam minyak kayu manis (Ooi *et al.*, 2006) yang memiliki gugus aldehyd dan alkena terkonjugasi cincin benzen (Amalia *et al.*, 2013). Minyak kayu manis memiliki aroma rempah khas kayu manis yang agak manis dan tajam. Minyak kayu manis didapatkan dengan cara diekstraksi dengan distilasi, lebih spesifiknya yaitu distilasi uap dari kayu manis (Herdwiani *et al.*, 2015). Ekstrak minyak kayu manis akan lebih maksimum didapatkan jika diekstraksi dalam bentuk serbuk (Inggrid & Djojsubroto, 2008; Pebrimadewi, 2011). Struktur dari sinamaldehyda atau 3-fenil-2-propenal dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur Sinamaldehyda

Dalam kayu manis, sinamaldehyda memberikan peranan penting pada pemberian rasa dan aroma. Sifat kimia dan fisika sinamaldehyda dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Sifat Kimia dan Fisika Sinamaldehyda

Sifat Sifat	Data
Rumus Molekul	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O
Nama IUPAC	3-fenil-2-propenal
Massa Molekul Relatif	132,16
Persen Komposisi	C 81,79%; H 6,10%; O 12,11%
Titik Beku	-7,5 °C
Larut baik dalam Pelarut	Alkohol, kloroform, eter
Density ( 25 °C)	1,048 - 1,052
Titik didih pada tekanan:	
- 1 mmHg	76,1 °C
- 10 mmHg	120,8 °C
- 40 mmHg	152,2 °C
- 60 mmHg	163,7 °C
- 100 mmHg	177,7 °C
- 200 mmHg	199,3 °C
- 400 mmHg	246 °C (sebagian sudah terurai)

Sumber : The Merck Index, 2017

Sinamaldehyda memiliki beberapa peranan penting dalam bidang industri, kesehatan, makanan, dan kosmetika. Sinamaldehyda sering digunakan sebagai penambah aroma pada makanan, pemberi rasa pada makanan seperti permen karet, es krim dan minuman. Sinamaldehyda juga disukai sebagai dasar dari aroma parfum (Satya *et al.*, 2012). Dalam bidang kesehatan, sinamaldehyda mampu menghambat invasi, proliferasi, dan pertumbuhan tumor (Cabello *et al.*, 2009). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kayu manis (*Cinnamomum burmanii*) memiliki senyawa aktif yang berperan untuk aktivitas antikanker yaitu IC<sub>50</sub> sebesar 0,03 mg/mL (Herdwiani *et al.*, 2015). Mekanisme toksisitas dari sinamaldehyda yaitu dengan menghambat metabolisme energi pada sel yang menyebabkan ketidakmampuan sel untuk bermetabolisme (Cabello *et al.*, 2009)

Beberapa studi sebelumnya menemukan bahwa sinamaldehyda memiliki untuk menghambat pertumbuhan glukosa yang tinggi yang dibuktikan dengan observasi terhadap penurunan yang signifikan pada ukuran sel, index pertumbuhan sel, dan level protein pada kolagen IV, dan fibronectin (Chuang *et al.*, 2012).

## **2.2 Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Sinamaldehida dari Kayu Manis**

### **2.2.1 Isolasi Minyak Atsiri**

Isolasi merupakan sebuah kegiatan pengambilan atau pemisahan senyawa bahan alam dengan menggunakan pelarut yang sesuai (Dewi *et al.*, 2018). Senyawa yang dipisahkan dapat berupa senyawa metabolit primer maupun senyawa metabolit sekunder. Senyawa metabolit primer adalah senyawa yang berperan secara langsung dalam kelangsungan pertumbuhan suatu tanaman sedangkan metabolit sekunder berperan secara tidak langsung (Dewi *et al.*, 2018). Proses isolasi dihentikan ketika telah mencapai titik kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam sel. Setelah terjadi kesetimbangan, dilakukan pemisahan pelarut agar didapatkan senyawa yang murni (Mukhriani, 2014).

Metode isolasi ada bermacam macam yaitu ekstraksi maserasi, perkolasi, *soxhlet*, *reflux*, distilasi uap, kromatografi lapis tipis, *flash chromatography column*, fraksinasi, dan lain lain (Mukhriani, 2014). Dengan adanya bermacam macam teknik isolasi, menyebabkan perbedaan komposisi senyawa yang dihasilkan. Contohnya jika menggunakan metode isolasi distilasi uap akan menghasilkan rendemen berdasarkan volatilitas bahan, sedangkan jika menggunakan metode ekstraksi dengan pelarut komponen yang dihasilkan akan sesuai dengan sifat kelarutan bahan dalam pelarut (Rydberg, 2004).

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan saat melakukan isolasi adalah sifat dari sampel dan kandungan yang akan di isolasi (Ingrid & Djojsubroto, 2008). Dengan memperhatikan sifat dari sampel dan kandungan, pemilihan metode, dan perlakuan dalam isolasi akan menjadi lebih jelas dan efisien. Seperti yang dinyatakan oleh Dewi (2018) bahwa faktor utama dalam memilih metode isolasi didasarkan pada sifat bahan mentah obat. Faktor lainnya yaitu pelarut, setelah mengetahui sifat sampel harus ditentukan pelarut yang akan digunakan sesuai senyawa yang akan diambil. Pelarut yang digunakan harus memiliki syarat tertentu yaitu tidak beracun, aman, tidak menghasilkan residu, tidak mudah berkarat atau korosif, harganya terjangkau dan tidak mudah meledak (Dewi *et al.*, 2018).

### **2.2.2. Isolasi Minyak Atsiri dari Kulit Kayu Manis**

Minyak atsiri dikenal juga sebagai minyak terbang atau minyak yang mudah menguap. Menurut buku Sastrohamidjojo (2014) menyatakan bahwa minyak atsiri adalah cairan yang berada dalam bagian tanaman seperti biji, buah, akar, kulit, batang, dan daun yang dapat dipisahkan dengan cara distilasi uap. Untuk mengisolasi minyak atsiri dari tanaman kayu manis dapat menggunakan beberapa cara yaitu distilasi dan metode ekstraksi *soxhlet* (Wong *et al.*, 2014). Distilasi merupakan metode yang paling mudah untuk mendapatkan minyak atsiri. Karena tidak membutuhkan pelarut dan metodenya relatif mudah (Wong *et al.*, 2014).

Menurut Guenther (1990) ada 3 jenis distilasi yang dapat digunakan, yaitu distilasi air, uap dan uap air. Distilasi air menggunakan prinsip bahwa bahan mentah akan bersinggungan langsung dengan air mendidih pada suatu tangki. Bahan mentah terapung atau terendam dalam air yang dididihkan sesuai dengan berat jenis bahan tersebut (Effendi & Widjanarko, 2014). Sedangkan pada distilasi uap bahan mentah terpisah dari uap, uap yang digunakan adalah uap jenuh yang kelewat panas yang dialirkan menuju bahan mentah. Pada metode distilasi uap, pemisahan minyak atsiri dari bahan alam didasarkan pada volatilitas bahan (Sastrohamidjojo, 2014).

Pada distilasi uap air, bahan dan air berada dalam satu wadah yang dipisahkan oleh rak berlubang. Air yang akan dipanaskan berada pada bagian bawah dan bahan berada pada rak atas yang nantinya akan dilewati oleh uap air dan dikondensasikan diluar wadah. Tekanan yang biasanya digunakan adalah 1 atm (Guenther, 1990). Pada proses distilasi uap air, kulit kayu manis diletakkan di atas saringan dalam ketel distilasi yang telah diisi air di bagian bawah rak saringan. Uap yang dihasilkan akan memberikan panas sehingga bahan yang akan didistilasi akan memanaskan. Uap tersebut mendorong sel-sel pada jaringan kulit kayu manis membuka sehingga komponen volatil termasuk sinamaldehida akan terbebas. Komponen-komponen yang lebih volatil akan menguap terlebih dahulu dan bergabung dengan uap air sebagai campuran fase gas. Campuran fase gas yang terbentuk kemudian keluar melalui ketel suling menuju proses kondensasi. Proses kondensasi dilakukan dengan bantuan pendinginan oleh air yang mengalir diluar pipa. Dengan demikian minyak atsiri yang dihasilkan tidak bercampur dengan air, sehingga diperoleh dua

fase yang terpisah setelah destilat dikondensasi. Minyak atsiri akan berada di atas lapisan air, kemudian minyak atsiri dipisahkan dan disimpan (Monk, 2004). Untuk pemisahan dapat dilakukan menggunakan corong pisah dengan penambahan garam natrium sulfat anhidrat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) (Prasetya & Ngadiwiyana, 2006). Hasil minyak atsiri sinamon kemudian dianalisis komposisi senyawanya menggunakan *Gas Chromatography* (GC).

Distilasi uap air merupakan metode paling sederhana untuk mengisolasi minyak atsiri dari kayu manis. Distilasi uap air banyak digunakan untuk mengekstraksi berbagai jenis minyak esensial. Keuntungan dari proses distilasi ini adalah prosesnya lebih murah daripada metode ekstraksi lainnya, tidak memerlukan pelarut apa pun dan lebih aman daripada metode lain (Dewi *et al.*, 2018). Selain itu harga pengoperasiannya relatif murah pada tingkat dasar, dan sifat-sifat minyak yang dihasilkan dengan metode ini minim residu (Dewi *et al.*, 2018).

Untuk melakukan distilasi uap air yang dibutuhkan adalah satu *set alat* penyulingan uap skala laboratorium yang terdiri dari : kompor, ketel suling, wadah sampel, pipa saluran uap, kondensor, pipa air masuk dan keluar, penampung destilat.

Pada penelitian Nainggolan (2008) menggunakan destilasi uap air menunjukkan bahwa rendemen akan optimum jika sampel dihaluskan terlebih dahulu. Pada penelitiannya menggunakan serbuk kayu manis sebanyak 20,500 g didapatkan isolat minyak kayu manis sebanyak 19,75 g dengan presentase 0,0963%. Penelitian yang dilakukan oleh Pebrimadewi (2011) yang mengisolasi minyak kayu manis menggunakan KLT didapatkan rendemen sebanyak 0,93% sedangkan saat di distilasi uap air didapatkan rendemen maksimal sebanyak 0,7%.

### **2.2.3. Isolasi Sinamaldehyda dari Minyak Kayu Manis**

Proses isolasi sinamaldehyda dari minyak kayu manis dapat digunakan metode distilasi fraksinasi pengurangan tekanan. Metode distilasi fraksinasi pengurangan tekanan ini dilakukan untuk memisahkan senyawa senyawa yang memiliki titik didih yang tinggi pada minyak kayu manis. Agar senyawa lainnya tak rusak dalam pemanasan suhu tinggi, maka dilakukan pengurangan tekanan

untuk merangsang senyawa keluar pada suhu yang lebih rendah (Priastuti *et al.*, 2012)

Fraksinasi merupakan proses pemisahan suatu kuantitas tertentu dari campuran berdasarkan titik didih suatu senyawa. Senyawa dengan titik didih paling rendah akan menguap terlebih dahulu melalui kolom destilat bertingkat dan dikondensasi pada pipa kondensor dan terkumpul pada labu jantung sebagai fraksi I. Setelah tidak ada zat yang menguap lagi, suhu pemanasan ditambah agar senyawa dengan titik didih yang lebih tinggi dapat menguap dan terkumpul menjadi fraksi ke II pada labu jantung lainnya (Priastuti *et al.*, 2012).

Isolasi senyawa sinamaldehida dapat dilakukan melalui 2 tahapan. Tahap pertama dilakukan distilasi uap yang akan menghasilkan minyak kayu manis lalu dilanjutkan dengan distilasi fraksinasi pengurangan tekanan untuk memperoleh senyawa sinamaldehida. Priastuti (2012) mengemukakan bahwa sinamaldehida terdapat pada fraksi II dengan suhu 120 °C dengan tekanan 80 mmHg.

Setelah hasil per fraksi didapatkan, dilakukan karakterisasi untuk melihat komposisi dan kemurnian dari suatu senyawa. Untuk mengetahui komposisi dan persen relatif suatu senyawa dapat dilakukan menggunakan instrumen kimia GC-MS. *Gas chromatography-mass spectrometer* (GC-MS) merupakan salah satu instrumen yang populer digunakan untuk mengetahui komposisi dari minyak atsiri. GC-MS merupakan metode pemisahan senyawa organik yang menggunakan dua metode analisis senyawa yaitu kromatografi gas (GC) untuk menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif dan spektrometri massa (MS) untuk menganalisis struktur molekul senyawa analit (Sharififar *et al.*, 2009). Komponen yang ada dalam minyak atsiri dapat diidentifikasi dengan membandingkan waktu retensi relatif atau indeks dan spektra massanya (MS) (Adinew, 2014).

Gas kromatografi (GC) merupakan teknik spektroskopi yang menggunakan prinsip pemisahan campuran zat berdasarkan perbedaan kecepatan pergerakan komponen-komponen penyusun campuran tersebut dan menentukan konsentrasi suatu senyawa dalam fase gas. Biasanya sampel yang digunakan adalah minyak (cair) lalu dalam GC akan diubah menjadi fasa gas (Mastovska & Lehotay, 2003). Dalam kromatografi gas, terdapat dua fase yaitu fase yang bergerak dan fase diam.

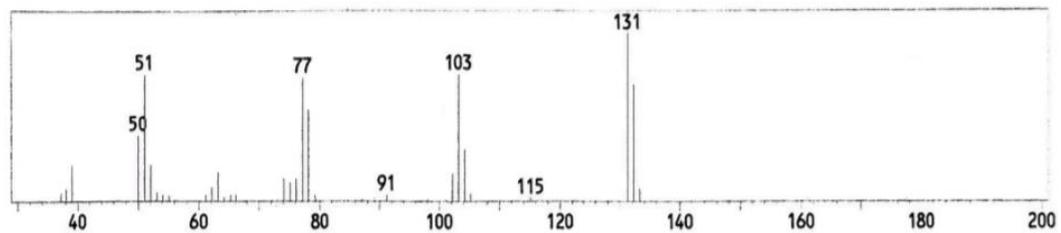
Fase bergerak adalah sebuah operator gas, yaitu sebuah gas yang digunakan untuk menggerakkan sampel sesuai dengan berat molekulnya. Operator gas yang biasanya digunakan adalah gas murni seperti helium atau yang tidak reactive seperti gas nitrogen (Adinew, 2014). Fasa diam adalah sampel yang diinjeksikan yang akan digerakan oleh operator gas sesuai dengan berat molekulnya.

Spektroskopi massa (MS) adalah suatu metode untuk mendapatkan berat molekul dengan cara mencari perbandingan massa terhadap muatan dari ion yang muatannya diketahui dengan mengukur jari-jari orbit melingkarnya dalam medan magnetik seragam (Adinew, 2014). Umumnya spektrum massa diperoleh dengan mengubah senyawa suatu sample menjadi ion-ion yang bergerak cepat yang dipisahkan berdasarkan perbandingan massa terhadap muatan. Spektroskopi massa mampu menghasilkan berkas ion dari suatu zat uji, memilah ion tersebut menjadi spektum yang sesuai dengan perbandingan massa terhadap muatan dan merekam kelimpahan relatif tiap jenis ion yang ada (Mastovska & Lehotay, 2003). Umumnya hanya ion positif yang dipelajari karena ion negatif yang dihasilkan dari sumber tumbukan umumnya sedikit.

Penggunaan kromatografi gas dapat dipadukan dengan spektroskopi massa. Paduan keduanya dapat menghasilkan data yang lebih akurat dalam pengidentifikasian senyawa yang dilengkapi dengan struktur molekulnya. Saat GC dikombinasikan dengan MS, akan didapatkan sebuah metode analisis yang sangat bagus. Peneliti dapat menganalisis larutan organik, memasukkannya ke dalam instrumen, memisahkannya menjadi komponen tunggal dan langsung mengidentifikasi larutan tersebut. Selanjutnya, peneliti dapat menghitung analisis kuantitatif dari masing-masing komponen (Mastovska & Lehotay, 2003).

Pada penelitian Nainggolan (2008) menyebutkan bahwa hasil pengujian sinamaldehida pada minyak sinamon menggunakan GC-MS didapatkan sebanyak 82,83% dengan kisaran Mr senyawa mayoritas adalah 132 sampai 154.

Fragmentasi senyawa sinamaldehida pada hasil uji GC MS dapat dilihat pada hasil penelitian Prasetya & Ngadiwiyanana (2006) pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Kromatogram GC-MS Senyawa Sinamaldehyda

(Sumber : Prasetya & Ngadiwiyana, 2006 )

## 2.3 *Electrospinning* dan Karakterisasinya

### 2.3.1 *Electrospinning*

Beberapa metode yang bisa digunakan untuk membuat *nanofiber* atau serat nano adalah *drawing*, *template synthesis*, *phase separation*, *self assembly*, dan *electrospinning*. Keunggulan masing masing metode ini adalah dapat dilakukan dalam skala laboratorium dan pembuatan dapat dilakukan berulang kali atau secara *kontinyu* (Ramakrishna *et al.*, 2005). Beberapa metode ini memiliki kelebihan dan kelemahan masing masing. Keunggulan dan kelemahan dari metode ini dapat dilihat pada Tabel 2.4. Beberapa teknik pembuatan *nanofiber* dilakukan dalam beberapa dekade ini, tetapi *electrospinning* lebih sering digunakan dalam berbagai penelitian karena merupakan metode yang murah dan satu-satunya proses yang dapat digunakan untuk mengontrol ukuran serat (Feltz *et al.*, 2017).

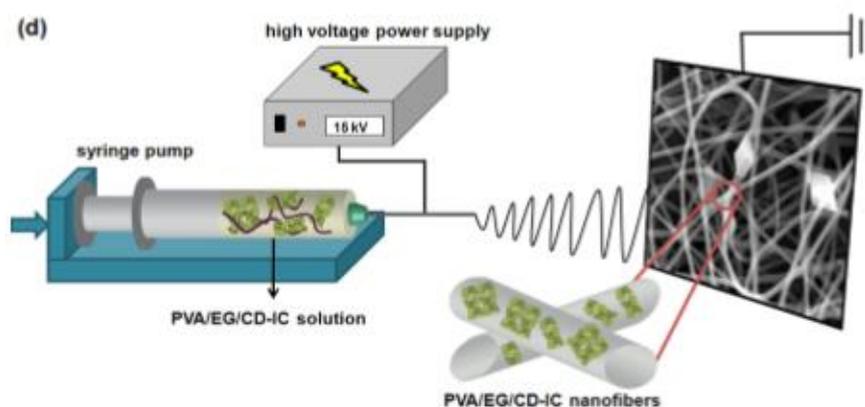
Tabel 2.4. Keunggulan dan Kekurangan Metode Pembuatan *Nanofiber*

Metode	Proses terukur	Proses mudah	Mengatur dimensi serat	Keuntungan	Kekurangan
Drawing	X	V	X	Alat simpel	Diskontinyu proses
Template Synthesis	X	V	V	Dapat menghasilkan ukuran fiber sesuai template	Membuat template susah
Phase Separation	X	V	X	Proses batch Dapat menambah dan mengurangi konsentrasi	Terbatas pada beberapa polimer
Self-Assembly	X	X	X	Menghasilkan <i>nanofiber</i> yang lebih kecil	Proses kompleks
<i>Electrospinning</i>	V	V	V	Murah, Dapat menghasilkan serat yang panjang	Pancaran tak stabil

Sumber : (Ramakrishna *et al.*, 2005)

*Electrospinning* adalah metode pembuatan serat nano yang memanfaatkan gaya tolakan elektrostatis bermuatan tinggi untuk menghasilkan serat yang terkumpul pada permukaan kolektor, serat nano polimer itu terbentuk karena adanya uap pelarut secara berkala (Wahyudi & Sugiyana, 2018; Yoo *et al.*, 2009). Menggunakan 2 elektrode dan arus DC (arus satu arah) pada kisaran kiloVolt (Ramakrishna *et al.*, 2005). *Electrospinning* merupakan salah satu metode yang cukup sederhana, dapat digunakan untuk produksi secara *kontinyu* dan mampu menghasilkan serat nano dengan rentang ukuran paling kecil yakni 1-100 nm (Wen *et al.*, 2016; Ramakrishna *et al.*, 2005; Rengga, 2017). Pada prinsipnya mekanisme pembuatan serat nano *electrospinning* adalah dengan adanya pendorongan larutan polimer dengan tegangan listrik tinggi menggunakan pompa *syringe* hingga membentuk tetes larutan di ujung kapiler *spinneret*. Dalam pengaruh medan listrik pancaran tetesan itu akan meloncat dan menyebar ke arah kolektor diiringi dengan penguapan pelarut, maka yang didapatkan pada permukaan kolektor adalah serat nano polimer (Wahyudi & Sugiyana, 2018). Dalam prinsip *electrospinning*, matriks harus memiliki berat molekul tinggi, terkonsentrasi tinggi dan memiliki keterikatan rantai dan tumpang tindih (Celebioglu & Uyar, 2011, 2012).

Tahapan *electrospinning* dibagi menjadi tiga tahap, tahap pertama yaitu inisiasi, persiapan larutan, dan penembakan serat ke kolektor. Tahap kedua yaitu pemanjangan, adalah proses pemanjangan jaring-jaring serat yang ditembakkan dari *spinneret* ke kolektor. Pada proses ini, penembakan polimer sangat dipengaruhi oleh tegangan permukaan larutan dan potensial listrik yang digunakan (Wahyudi & Sugiyana, 2018). Dimana ketika perbedaan tegangan listrik antara *spinneret* dan kolektor meningkat, akan menyebabkan terjadinya pergerakan muatan ion pada permukaan cairan yang meningkatkan aliran dari *spinneret* ke kolektor. Selanjutnya pada tahap ketiga yaitu tahap pematatan polimer pada kolektor (Lee *et al.*, 2004).



Gambar 2.4. Visualisasi Kerja Alat Elektrospinning  
Sumber : (Kayaci *et al.*, 2014)

Hasil yang didapatkan dari metode *electrospinning* adalah serat yang berukuran nano. Menurut Rengga (2017) menyatakan bahwa serat nano mempunyai ukuran diameter fiber antara 1-100 nm sedangkan menurut Ramakrishna (2005) menyatakan bahwa diameter serat nano berada diantara 10 nm hingga beberapa mikron. Serat yang dihasilkan dari proses *electrospinning* memiliki karakteristik seperti luas permukaan tinggi, mempunyai ukuran pori yang kecil, ukuran partikel kecil, dan lain-lain (Celebioglu & Uyar, 2011; Celebioglu & Uyar, 2012; Kayaci *et al.*, 2013; Ramakrishna *et al.*, 2005).

Serat yang dihasilkan ini dapat digunakan sebagai serat optik, media filtrasi, *food packaging*, pembalut luka, dan penghantaran obat (Celebioglu & Uyar, 2011; 2012; Kayaci *et al.*, 2013; Ramakrishna *et al.*, 2005). Hasil penelitian *nanofiber*

sebagai pembalut luka dilakukan oleh Mutia (2012), menyatakan bahwa hasil pembuatan *nanofiber* menggunakan campuran PVA dan aglinat dapat dihasilkan serat dengan diameter 100-300 nm yang bersifat anti bakteri, tidak menyebabkan iritasi serta dapat menjadi pembalut luka dengan percepatan penyembuhan luka dari 24 jam menjadi 1 jam (Mutia & Eriningsih, 2012).

Penelitian yang dilakukan oleh Celebioglu *et al.* (2017) menyatakan bahwa pembuatan *nanofiber* dapat meningkatkan kelarutan senyawa dalam air dan meningkatkan kestabilan termal. Kestabilan termal diujikan pada senyawa volatil yang dibawa yaitu *cineole* dan *p-cymene*. Setelah dianalisis menggunakan TGA terlihat ketahanannya terhadap panas menjadi lebih baik (Celebioglu *et al.*, 2017). Sedangkan peningkatan kelarutan juga difokuskan pada senyawa *cineole* dan *p-cymene*, karena saat senyawa aktif terikat pada cincin bagian dalam siklodekstrin maka yang akan bersinggungan dengan air adalah bagian luar cincin siklodekstrin yang bersifat polar yang akan meningkatkan kelarutan *cineole* dan *p-cymene* dalam air. Ketika rongga cincin semakin besar maka interaksi *host-guest* antara zat aktif dengan rongga cincin tidak akan stabil yang mengakibatkan zat aktif akan mudah menguap (Celebioglu *et al.*, 2017).

Beberapa hal yang mempengaruhi *electrospinning* yaitu matriks/bahan penyusun larutan, pelarut, tegangan listrik, jarak antara *needle* dengan kolektor, *flow rate*, viskositas, dan konduktivitas larutan. Pengaruh pelarut, viskositas, dan konduktivitas pada pembuatan *nanofiber* menggunakan metode elektrospinning ini dibahas dalam penelitian Celebioglu & Uyar (2012) yaitu menggunakan tiga jenis pelarut yang berbeda beda yaitu air, dimetilformamida (DMF) dan dimetilasetat (DMAc). Hasilnya menunjukkan bahwa yang menggunakan pelarut air akan mendapatkan fiber yang lebih tipis dan dengan ukuran fiber dibawah 100 nm jika dibandingkan dengan yang menggunakan pelarut DMF dan DMAc (Celebioglu & Uyar, 2012). Hal ini dikarenakan larutan siklodekstrin pada pelarut air memiliki viskositas yang rendah dan konduktivitas yang tinggi.

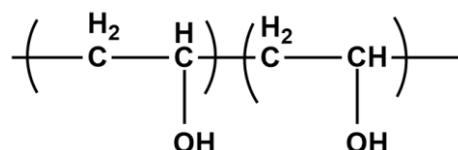
Berbeda dengan hasil *nanofiber* yang dihasilkan oleh pelarut DMF dan DMAc yang memiliki ketebalan fiber yang lebih dari pelarut air, tetapi ukuran fiber yang didapatkan berukuran besar yaitu kisaran 200-500 nm. Hal ini dikarenakan

larutan yang digunakan memiliki karakteristik viskositasnya tinggi dan konduktivitas larutan yang sangat rendah diikuti dengan sukarnya pelarut untuk menguap (Celebioglu & Uyar, 2011, 2012). Dapat disimpulkan bahwa pelarut yang digunakan haruslah mudah menguap saat proses penembakan larutan, viskositas dan konduktivitas yang digunakan harus cukup, tidak boleh terlalu rendah dan tidak boleh terlalu tinggi. Menurut penelitian Kayaci (2013) menunjukkan bahwa viskositas yang baik untuk pembentukan *nanofiber* dari PVA/siklodekstrin dengan zat aktif minyak atsiri berada pada rentan 0,66-1,25 Pa/s dengan konduktivitas 584-638  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sedangkan pada penelitian Celebioglu & Uyar (2012) menunjukkan bahwa viskositas yang baik untuk pembentukan *nanofiber* dari turunan siklodekstrin berada pada rentan 0,05-0,10 Pa/s dengan konduktivitas 979-1177  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Beberapa penelitian sebelumnya telah menelaah matrik – matrik yang dapat digunakan sebagai bahan dasar *electrospinning nanofiber*. Diantaranya yaitu polivinil alkohol (PVA) (Kayaci *et al.*, 2013; Kayaci *et al.*, 2014), *Poli caprolactone* (PCL) (Lu *et al.*, 2001), poli metil metakrilat (PMMA) (Uyar *et al.*, 2009), siklodekstrin (Kayaci *et al.*, 2013), turunan siklodekstrin (Celebioglu & Uyar, 2011, 2012) dan kitosan. Setiap matrik memiliki kelebihan dan kekurangan masing masing. Matriks yang dibutuhkan untuk *elektrospinning* harus memiliki sifat seperti polimer yaitu memiliki berat molekul polimer yang tinggi, memiliki konsentrasi larutan yang tinggi, lilitan ikatan polimer dan adanya tumpang tindih antar ikatan yang merupakan salah satu hal terpenting dalam perenggangan fiber secara kontinyu untuk membentuk serat yang seragam (Celebioglu & Uyar, 2012). Siklodekstrin merupakan oligosakarida yang mampu melakukan *self-assembly* atau berpasangan secara sendirinya dan membentuk agregat melalui ikatan hidrogen antara molekulnya pada suatu larutan, sehingga siklodekstrin mempunyai kemungkinan untuk digunakan sebagai matriks pembuatan *nanofiber* (Celebioglu & Uyar, 2012).

### 2.3.2 PVA (*Polivinil Alkohol*)

Polivinil alkohol atau yang sering disebut sebagai PVA mempunyai rumus  $[\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})]_n$  dan struktur molekul PVA dapat dilihat dalam Gambar 2.4. PVA merupakan salah satu polimer hidrofilik yang berwarna putih kekuningan, berbentuk serbuk halus, tak berbau, memiliki densitas 1,18-1,31  $\text{gram/cm}^3$  (pada  $20^\circ\text{C}$ ) dengan kisaran pH 3,5-7,0 (Chemocart, 2017).



Gambar 2.5. Struktur PVA

PVA memiliki sifat tidak beracun menurut *American National Standart* (ANSI Z129.1-1982) dalam MSDS Chemochart, larut dalam air panas, mempunyai kestabilan yang baik sebagai polimer, memiliki sifat fisik yang elastis, serta memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengembang dalam air (Merck, 2017). Selain itu, PVA merupakan pembentuk film yang baik, tidak korosif, lembut dan bersifat adesif serta mempunyai daya kuat tarik yang baik sifat lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.5. Ditinjau dari sifat kelistrikannya, PVA merupakan bahan isolator dengan resistivitas yang tinggi yaitu  $3,1\text{-}3,8 \times 10^7 \Omega\text{cm}$ . PVA dapat didapatkan dari proses saponifikasi polivinil ester atau polivinil eter.

Tabel 2.5. Sifat Fisika dan Kimia PVA

Sifat	Data
Bentuk	Padat
Warna	Putih
Bau	Tidak berbau
Titik Lebur	160 -240 °C
pH	4-8
Kelarutan dalam air	Larut dalam air panas 20 °C tidak larut
Suhu penguraian	>200 °C

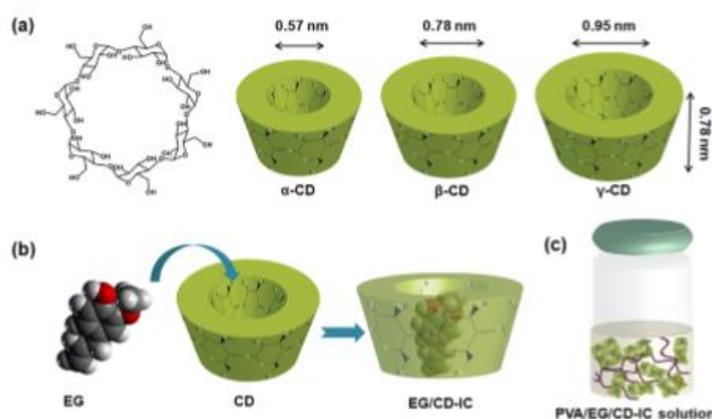
Sumber : (Chemocart, 2017; Merck, 2017)

Polivinil alkohol merupakan bahan polimer yang biasanya digunakan pada pembuatan serat nano dengan *electrospinning* karena sangat ramah lingkungan, memiliki daya resisten yang kuat terhadap senyawa kimia, dan kemampuan biokompabilitinya membuat pemanfaatan resin PVA sudah meluas seperti

digunakan sebagai serat untuk pakaian, sebagai bahan perekat dan bahan pengikat, bahan dasar film, membran, dan sebagai material dalam sistem penghantaran obat. Serat PVA memiliki daya tarik yang tinggi, kekuatan tekan, modulus, dan ketahanan abrasi akibat modulus kisi kristal yang terlalu tinggi (Lee *et al.*, 2004).

### 2.3.3 Siklodekstrin

Siklodekstrin (CD) merupakan senyawa gula yang saling terikat yang tidak beracun, senyawa yang terdiri dari molekul gula yang terikat bersama sama dalam susunan cincin. Struktur cincin ini dapat menangkap dan melingkupi molekul hidrofobik senyawa obat (*guest*) di dalam rongga siklodekstrin (Bestari, 2014). Siklodekstrin memiliki gabungan formulasi dari formulasi awal  $(C_6H_{10}O_3).3H_2O$  (Valle, 2004). Siklodekstrin murni dapat dihasilkan dari degradasi *strach* oleh enzim yang diproduksi oleh *Bacillus* yaitu *cycloglycosyl* transferasi *amylases* (CGTaes) (Szejtli, 1998). Dimana hasil yang didapatkan ada 3 jenis yaitu  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -siklodekstrin yang masing masing terdiri atas 6, 7, 8 unit  $\alpha(1,4)$ -linked D (+)-*glucopyranose* (Setyawan & Isadiartuti, 2009). Ketiga jenis ini juga memiliki perbedaan lain selain jumlah unit glukosa yang membentuk siklik, yaitu perbedaan lebar rongga (Kayaci *et al.*, 2013). Ukuran rongga pada  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -siklodekstrin secara berurutan adalah sebanding dengan 6, 8, dan 10Å pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6.(a) Struktur kimia siklodekstrin dan dimensi dari  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - CD  
 (b) pembentukan inklusi kompleks siklodekstrin dengan zat aktif  
 (c) Larutan PVA/EG/CD-IC (d) *nanofiber* PVA/EG/CD-IC.  
 (Kayaci *et al.*, 2013)

Siklodekstrin (CD) memiliki bentuk cincin yang mengerucut tak silindris, ini dikarenakan kurangnya rotasi yang bebas antar unit glukosa.  $\beta$ -siklodekstrin ( $\beta$ -CD) lebih mudah dijumpai dan di produksi dibandingkan jenis  $\alpha$ - dan  $\gamma$ -. Karena  $\beta$ -siklodekstrin lebih banyak dihasilkan dalam produksi dan lebih stabil (Cengiz-Çallioğlu, 2014; Valle, 2004).  $\beta$ -siklodekstrin memiliki rumus molekul  $C_{42}H_{70}O_{35}$ . Siklodekstrin dengan sifat rongga cincin nya yang dapat melindungi gugus hidrofob ini luas digunakan dalam emulsifikasi, meningkatkan efektifitas zat hidrofob yang dibawa, meningkatkan kelarutan senyawa hidrofob (sesuai dengan kelarutan siklodekstrin) (Setyawan & Isadiartuti, 2009).

Siklodekstrin merupakan salah satu senyawa yang mudah membentuk kompleks inklusi dengan berbagai senyawa lain (Valle, 2004). Kompleks inklusi adalah suatu ikatan non kovalen kompleks yang terdiri dari zat aktif yang terperangkap dalam rongga suatu bahan pembentuk kompleks yang dapat meningkatkan tingkat kelarutan suatu zat aktif itu sendiri. Rongganya yang berbentuk *coneshape* bersifat hidrofobik yang memudahkan untuk mengikat zat-zat non polar seperti sinamaldehida dan bagian-bagian luarnya bersifat hidrofilik sehingga mudah untuk terlarut dalam air (Szejtli, 1998). Setelah terbentuk kompleks inklusi, akan distabilkan oleh gaya intermolekul. Penstabilan ini juga berfungsi untuk memperbaiki sifat-sifat zat aktif yang kurang baik, jika pada sinamaldehida, akan tersamarkan aroma dan rasa yang ditimbulkan, meningkatkan kelarutan dalam air, dan meningkatkan viskositas (Santos *et al.*, 2018). Pembentukan inklusi kompleks ini bertujuan untuk melindungi dari penguapan, degradasi, dan oksidasi. Sebagai kontrol pelepasan obat, memperpanjang jangka waktu hidup, dan stabilitas pada temperatur yang tinggi pada zat tambahan makanan dan komponen bioaktif (Szejtli, 1998).

Pemanfaatan siklodekstrin salah satunya dalam bidang farmasi. Bahan siklodekstrin digunakan sebagai pembentukan kompleks obat untuk meningkatkan kelarutan, bioavailabilitas, stabilitas dan menutupi rasa yang tidak enak dari obat. Beberapa obat yang menggunakan siklodekstrin yaitu obat anti inflamasi, obat antidiabetik dan obat jantung (Bestari, 2014).

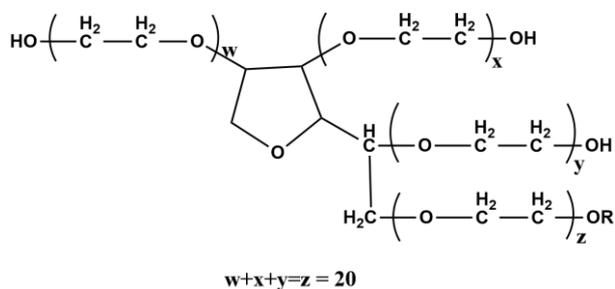
Dari penelitian sebelumnya, sudah dilakukan beberapa pengaplikasian inklusi kompleks siklodekstrin. Menurut Lu (2004) menyatakan bahwa  $\beta$ -siklodekstrin dapat membentuk kompleks inklusi (IC) dengan *Celecoxib* (salah satu golongan obat NSAID), ketoprofena, dan asam mefenamat yang ketiganya memiliki karakteristik sukar larut dalam air, bioavailabilitas yang relatif rendah. Menurut penelitiannya, kelarutan dalam air dan laju disolusinya akan ditingkatkan setelah membentuk kompleks inklusi dengan  $\beta$ -siklodekstrin (CD-IC). Selain dengan *Celecoxib*, ada juga pemanfaatan mentol/CD-IC, Vanillin/CD-IC, triclosan/CD-IC.

Selain itu, siklodekstrin juga dikembangkan dalam bentuk termodifikasi, modifikasi siklodekstrin yang pernah dikembangkan yaitu metil  $\beta$ -siklodekstrin ( $M\beta$ CD), hidroksipropil  $\beta$ -siklodekstrin ( $HP\beta$ CD) dan hidroksipropil  $\gamma$ -siklodekstrin ( $HP\gamma$ CD) yang diteliti oleh Celebioglu & Uyar (2011) dan (2012). Hasil dari modifikasi ini didapatkan bahwa urutan konstanta kestabilan kompleks berada pada  $M\beta$ CD >  $HP\beta$ CD >  $HP\gamma$ CD. Hal ini disebabkan karena ukuran rongga yang lebih besar yang dimiliki  $HP\gamma$ CD menyebabkan tidak dapat terikat dengan kuat antara molekul tamu dengan siklodekstrin.  $M\beta$ CD memiliki kestabilan yang lebih tinggi dibandingkan dengan  $HP\beta$ CD karena  $M\beta$ CD kurang polar dibandingkan dengan  $HP\beta$ CD sehingga tidak terbentuk kompleksasi yang stabil (Celebioglu & Uyar, 2011, 2012). Dalam penelitiannya digunakan tiga jenis pelarut yang berbeda-beda yaitu air, DMF dan DMAc. Dimana hasilnya menunjukkan bahwa yang menggunakan pelarut air akan mendapatkan fiber yang lebih tipis dan dengan ukuran fiber dibawah 100 nm jika dibandingkan dengan yang menggunakan pelarut DMF dan DMAc (Celebioglu & Uyar, 2012). Ini dikarenakan larutan siklodekstrin pada pelarut air memiliki viskositas yang rendah dan konduktivitas yang tinggi. Berbeda dengan hasil *nanofiber* yang dihasilkan oleh pelarut DMF dan DMAc yang memiliki ketebalan fiber yang lebih dari pelarut air, tetapi ukuran fiber yang didapatkan berukuran besar yaitu kisaran 200-500nm. Ini dikarenakan larutan yang digunakan memiliki karakteristik viskositasnya terlalu tinggi dan konduktivitas larutan yang sangat rendah diikuti dengan sukarnya pelarut untuk menguap (Celebioglu & Uyar, 2011, 2012).

Perkembangan saat ini yang sedang berkembang, siklodekstrin juga dapat menjadi bahan polimer dalam pembuatan *nanofiber*. Dalam proses pembuatan *nanofiber* dilakukan dengan menggunakan metode *electrospinning*. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Celebioglu *et al.* (2017) menyatakan bahwa pembuatan *nanofiber* dapat meningkatkan kelarutan senyawa dalam air dan meningkatkan kestabilan termal. Kestabilan termal diujikan pada senyawa volatil yang dibawa yaitu *cineole* dan *p-cymene*. Setelah dianalisa menggunakan TGA terlihat ketahanannya terhadap panas menjadi lebih baik (Celebioglu *et al.*,2017). Proses awal *electrospinning* yaitu membuat larutan, kemudian siklodektrin terlebih dahulu dilarutkan menggunakan air dan diaduk dengan pemanasan kemudian ditambahkan dengan minyak atsiri seperti *cineole* dan *p-cymene* sebagai zat aktifnya. Hasilnya diperoleh *nanofiber* dengan warna putih dan di karakterisasi morfologinya dengan SEM serta pengujian FTIR.

#### **2.3.4 Tween-80**

Tween-80 merupakan nama dagang untuk polisorbat 80. Tween-80 merupakan sebuah molekul amfifatik yang memiliki gugus hidrofilik sebagai kepala dan gugus hidrofobik sebagai ekor (Schramm, 2000). Dengan adanya dua gugus ini menyebabkan tween-80 dapat digunakan sebagai surfaktan hidrofilik/emulsifier dan sebagai agen pendispersi pada produk obat(Aizawa, 2009). Tween-80 merupakan cairan kental berwarna kuning (Quintero *et al.*, 2005). Tween-80 memiliki rumus molekul  $C_{64}H_{124}O_{26}$  dengan nama lain polioksietilen(20) sorbitan monooleat yang strukturnya dapat dilihat pada Gambar 2.6. Memiliki bobot molekul sebesar 1310 gram/mol dengan densitas sebesar 1,06 -1.09 gram/mL (Quintero *et al.*, 2005).



Gambar 2.7. Struktur Tween-80

Tween-80 merupakan surfaktan non-ionik yang bagian alkilnya tidak bermuatan ketika dilarutkan kedalam air. Gugus hidrofilik dalam tween-80 berada pada gugus polietilen oksida sedangkan gugus hidrofobiknya terletak pada rantai karbon yang terdiri dari 8-22 rantai (Schramm, 2000). Mekanisme kerja tween-80 sebagai surfaktan adalah dengan cara berkumpul antarmuka dan menurunkan tegangan dengan cara mengadsorpsi antarmuka cair-cair. Mengadsorosi antarmuka disini memiliki arti gugus hidrofilik akan menarik senyawa air dan gugus hidrofobik akan berhadapan dengan senyawa yang hidrofobik (Schramm, 2000).

### 2.3.5 Karakterisasi Serat Nano Menggunakan FTIR

Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) merupakan instrumen yang digunakan untuk menganalisis gugus fungsi pada suatu sampel. Bilangan gelombang yang tertera pada hasil spektra FTIR akan dibandingkan dengan data referensi bilangan gelombang FTIR (Adinew, 2014).

FTIR merupakan spektrofotometer yang memanfaatkan sinar infra merah. Jangkauan bilangan gelombang yang memungkinkan adalah  $400\text{ cm}^{-1}$  hingga  $4000\text{ cm}^{-1}$  dengan rentang panjang gelombang  $2,5\text{ }\mu\text{m}$  hingga  $25\text{ }\mu\text{m}$  (Rengga, 2017). Jangkauan bilangan gelombang untuk senyawa padatan biasanya digunakan jangkauan frekuensi antara  $650\text{ cm}^{-1}$  hingga  $4000\text{ cm}^{-1}$ . Hasil spektra atau spektrum FTIR dilaporkan dalam bentuk % transmitasi (Adinew, 2014). Spektrum vibrasi rotasi yang muncul karena adanya vibrasi dan rotasi atom-atom pada posisi kesetimbangan molekul (Rengga, 2017).

Spektrofotometer infra merah memiliki sistem optik yang serupa dengan spektrofotometri sinar tampak/ultra violet. Perbedaanya ada pada sumber energi dan sel. Spektrofotometer infra merah menggunakan energi dari laser yang merupakan sumber energi yang lebih rendah daripada sumber energi sinar tampak (Hendayana *et al.*, 1994). Sinar infra merah ditembakkan ke sampel yang diuji lalu radasinya diteruskan/ditransmisikan hingga membentuk sebuah spektrum (Rengga, 2017).

Kurva energi pada spektrum infra merah berbentuk seperti *osilator harmony*, tetapi memiliki penyimpangan pada tingkatan energi tertentu. Model *oscilator harmony* ini dijadikan sebagai perkiraan pendekatan yang baik untuk ikatan kimia suatu molekul. Absorpsi cahaya dengan energi yang sama dengan selisih energi antara dua tingkat energi getaran ( $\Delta E_{\text{get}}$ ) akan menyebabkan transisi getaran. Cahaya dengan energi ini di dapat di daerah inframerah pada spektrum elektromagnet (Hendayana *et al.*, 1994). Refrensi daerah spektrum dengan gugus fungsi yang menyebabkan vibrasi didaerah tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Referensi Spektra FTIR

Daerah Spektrum		Ikatan yang menyebabkan absorpsi
Panjang gelombang (mikrometer)	Bilangan gelombang ( $\nu \text{ cm}^{-1}$ )	
2,7 – 3,3	3750 – 3000	Regang O-H, N-H
3,0 – 3,4	3300 – 2900	-C≡C-H, C=C, Ar-H (regang C-H)
3,3 – 3,7	3000 – 2700	-CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> , -CH, -COH
4,2 – 4,9	2400 – 2100	Regang C≡C, C≡N
5,3 – 6,1	1900 – 1650	Regang C=O (Asam, aldehida, keton, amida, ester, anhidrida)
5,9 – 6,2	1675 – 1500	Regang C=C (alifatik dan aromatik), -C=N-
6,8 – 7,7	1475 – 1300	Lentur C-H
10,0 – 15,4	1000 – 650	Lentur C=C, Ar-H

Sumber : (Hendayana *et al.*, 1994)

Tabel 2.7. Referensi Spektrum IR Sinamaldehyda

Gugus	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Sumber
C=O aldehida	1666,90	(Adinew, 2014)
C=C aromatik	900 – 675 (kuat)	(Adinew, 2014)
	1680 -1600 (lemah)	(Adinew, 2014)
	1451,01	(Marfina <i>et al.</i> , 2019)
	1577,12	(Marfina <i>et al.</i> , 2019)
	1514	(Kayaci <i>et al.</i> , 2013)
	1626,85	(Marfina <i>et al.</i> , 2019)
	1604,77	(Priastuti <i>et al.</i> , 2012)
C=O Karbonil	1676,91	(Marfina <i>et al.</i> , 2019)
	1676,00	(Priastuti <i>et al.</i> , 2012)
C-H aldehid	2820,1	(Marfina <i>et al.</i> , 2019)
	2743,54	(Marfina <i>et al.</i> , 2019)
	2813,9	(Priastuti <i>et al.</i> , 2012)
	2742,6	(Priastuti <i>et al.</i> , 2012)
C-H sp <sup>2</sup>	3030,62	(Marfina <i>et al.</i> , 2019)
	3060,88	(Priastuti <i>et al.</i> , 2012)

Tabel 2.8. Referensi Spektrum IR PVA

Gugus	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Sumber
O-H	3421	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
C-H	2939	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
	2361	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
	1424 (sp <sup>3</sup> )	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
C-O alkohol	1085	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
	1140 – 1000	(Kayaci <i>et al.</i> , 2013)

Tabel 2.9. Referensi Spektrum IR β-Siklodekstrin

Gugus	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Sumber
O-H	3385	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
C-H	2923	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
C-O	1158	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
	1033	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
	1024	(Kayaci <i>et al.</i> , 2013)
	1076	(Kayaci <i>et al.</i> , 2013)
	1153	(Kayaci <i>et al.</i> , 2013)
	948	(Wen <i>et al.</i> , 2016)
α-1,4		

### 2.3.6 Karakterisasi Serat Nano Menggunakan SEM

*Scanning Electron Microscope* atau yang biasa disebut dengan SEM merupakan instrumen karakterisasi fisik permukaan suatu sampel yang menggunakan bantuan pancaran elektron (Cárdenas *et al.*, 2004). Fungsi utama dari SEM yaitu dapat digunakan untuk mengetahui topografi sampel yaitu ciri-ciri permukaan, tekstur, kekerasan, dan sifat memantulkan cahaya. Dapat juga mengetahui morfologi sampel yaitu bentuk dan ukuran sampel, selain itu dapat juga diketahui komposisi penyusunnya dan informasi kristalografinya (Rengga, 2017). Pengujian menggunakan SEM tidak hanya suatu seni fotografi dan pengambilan gambar saja tetapi merupakan suatu proses fisika yang ditunjang dengan adanya interaksi antara elektron sumber dengan atom pada sampel (Sujatno *et al.*, 2015). Sinyal data yang didapatkan lebih kuat dan memiliki kontras yang rendah untuk perbesaran yang tinggi. Untuk komponen yang konduktivitasnya kurang harus dilakukan pelapisan menggunakan logam seperti platina (Pt) atau emas (Au) (Kayaci *et al.*, 2013). Parameter yang harus diperhatikan saat mengoperasikan SEM yaitu ukuran titik sampel, tegangan listrik yang digunakan, *beam current*, dan bias cahaya (Sujatno *et al.*, 2015).

SEM menggunakan pancaran elektron yang difokuskan ke sampel untuk memindai permukaan sampel, yang menghasilkan macam-macam pantulan sinar. Ada 2 macam pantulan sinar dalam SEM yaitu pantulan elastis dan pantulan tak elastis. Pantulan yang elastis disebut sebagai *Backscattered electron* (BSE) dan yang tak elastis disebut dengan *Secondary electron imaging* (SEI) dan *Characteristic X-rays* (EDX). BSE membawa informasi tentang atom yang ditumbuknya beserta ikatan dalam fase, karena BSE terjadi dengan adanya tumbukan elektron ke inti atom yang menyebabkan pantulannya ke arah  $180^\circ$  dan energinya lebih tinggi. Sedangkan SEI membawa informasi tentang topografi sampel, dimana permukaan yang lebih tinggi akan menunjukkan warna yang lebih terang daripada permukaan yang lebih rendah. *Characteristic X-rays* (EDX) memberikan informasi tentang komposisi unsur yang terkandung dalam sampel. EDX hanya dapat menginfokan unsur dengan nomor atom lebih dari 6 (Kutchko &

Kim, 2006). Data BSE dan SEI ditunjukkan dalam bentuk gambar, sedangkan data EDX ditunjukkan dalam bentuk grafik.

Sampel yang digunakan yaitu sampel padatan, dan hanya dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit kurang lebih 2 gram. Sampel yang digunakan harus konduktif, agar dapat menghamburkan kembali elektron (Sujatno *et al.*, 2015). Untuk sampel yang tidak atau kurang konduktif dapat dilakukan perlakuan pelapisan menggunakan logam seperti emas dan platina. Pada preparasi sampel oleh Cárdenas *et al.*, (2004) yang melapisi sampel kitin nya dengan emas menggunakan Edwards S150 *sputter coater*. SEM menggunakan sistem vakum sampel menjamin bahwa kolom SEM bebas dari molekul udara. Pada penelitian Cárdenas *et al.*, (2004) menyatakan bahwa ruang sampel SEM nya divakum hingga  $10^{-6}$  torr.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Simpulan**

Dari penelitian yang sudah dilakukan di Laboratorium UiTM dan UGM ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Rendemen minyak kayu manis yang dihasilkan dari distilasi uap air adalah 0,26% dengan kandungan sinamaldehida tertinggi 73,24%. Dengan komposisi utama penyusun minyak kayu manis yaitu 3-fenil-2-propenal (sinamaldehida).
2. Kemurnian sinamaldehida yang didapatkan dari isolasi menggunakan distilasi fraksinasi penurunan tekanan yang diuji menggunakan GC-MS adalah 89,90% yang berada pada fraksi ketiga.
3. Karakteristik morfologi *nanofiber* yang dihasilkan berbeda-beda sesuai dengan komponen penyusunnya. Secara keseluruhan tampak fisik *nanofiber* yang didapatkan tidak terlalu tebal, lentur dan berwarna putih dengan aroma seperti sinamaldehida. Secara mikro, setelah dianalisis menggunakan SEM didapatkan karakteristik *nanofiber* yang seragam dengan diameter rata-rata tidak lebih dari 100nm. Pada *nanofiber* yang diberikan penambahan komponen  $\beta$ -siklodekstrin dan sinamaldehida diketahui memiliki beberapa butiran/*beads* pada seratnya.

#### **5.2.Saran**

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini selanjutnya adalah :

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dilakukan pembuatan *nanofiber* berbahan dasar PVA dengan waktu yang lebih lama, mungkin lebih dari 3 jam agar didapatkan *nanofiber* yang lebih tebal.

2. Untuk penelitian selanjutnya bisa difokuskan pada salah satu formulasi lalu dilakukan variasi pada teknis seperti tegangan, jarak antara *needle* dengan kolektor dan *feedrate*.
3. Untuk pembentukan *nanofiber* dari siklodekstrin, coba modifikasi terlebih dahulu struktur dari  $\beta$ -siklodekstrin yang akan digunakan baik menjadi metil  $\beta$ -siklodekstrin maupun hidropropil  $\beta$ -siklodekstrin baru digunakan untuk membuat *nanofiber*.
4. Telusuri lebih dalam posisi sinamaldehida dalam hasil fiber yang didapatkan menggunakan TEM.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinew, B. (2014). GC-MS and FT-IR analysis of constituents of essential oil from Cinnamon bark growing in South-west of Ethiopia. *IJHM*, 1(6), 22–31.
- Aizawa, H. (2009). Morphology of polysorbate 80 ( Tween 80 ) micelles in aqueous 1,4-dioxane solutions. *J. Appl. Cryst.*, 42, 592–596.
- Amalia, D., Ngadiwiyan, & Fachriyah, E. (2013). Sintesis Etil Sinamat dari Sinamaldehyd pada Minyak Kayu Manis ( *Cinnamomum cassia* ) dan Uji Aktivitas sebagai Antidiabetes. *JSM*, 21(4).
- Babu, P. S., Prabuseenivasan, S., & Ignacimuthu, S. Ñ. (2007). Cinnamaldehyde - A potential antidiabetic agent. *Phytomedicine*, 14, 15–22.
- Bestari, A. N. (2014). Penggunaan Siklodekstrin Dalam Bidang Farmasi. *Majalah Farmaseutik*, 10(1), 197–201.
- Cabello, C. M., Iii, W. B. B., Lamore, S. D., Ley, S., Bause, A. S., Azimian, S., & Wondrak, G. T. (2009). The cinnamon-derived Michael acceptor cinnamic aldehyde impairs melanoma cell proliferation, invasiveness, and tumor growth. *Free Radical Biology & Medicine*, 46(2), 220–231.
- Cárdenas, G., Cabrera, G., Taboada, E., & Miranda, S. P. (2004). Chitin characterization by SEM, FTIR, XRD, and <sup>13</sup>C cross polarization/mass angle spinning NMR. *Journal of Applied Polymer Science*, 93(4), 1876–1885.
- Celebioglu, A., Sen, H. S., Durgun, E., & Uyar, T. (2016). Molecular entrapment of volatile organic compounds (VOCs) by electrospun cyclodextrin nanofibers. *Chemosphere*. 144, 736-744.
- Celebioglu, A., & Uyar, T. (2011). Electrospinning of polymer-free nanofibers from cyclodextrin inclusion complexes. *Langmuir*, 27(10), 6218–6226.
- Celebioglu, A., & Uyar, T. (2012). Electrospinning of nanofibers from non-polymeric systems: Polymer-free nanofibers from cyclodextrin derivatives. *Nanoscale*, 4(2), 621–631.
- Celebioglu, A., & Uyar, T. (2013). Electrospun gamma-cyclodextrin (γ-CD) nanofibers for the entrapment of volatile organic compounds. *RSC Adv*, 3 (45), 22891-22895.
- Cengiz-C llođlu, F. (2014). Dextran nanofiber production by needleless electrospinning process. *E-Polymers*, 14(1), 5–13.
- Chemocart. (2017). MSDS Polyvinyl Alcohol.
- Chuang, L. Y., Guh, J. Y., Chao, L. K., Lu, Y. C., Hwang, J. Y., Yang, Y. L., Huang, J. S. (2012). Anti-proliferative effects of cinnamaldehyde on human hepatoma cell lines. *Food Chemistry*, 133(4), 1603–1610.
- Dewi, L. K., Friatnasary, D. L., Herawati, W., Nurhadianty, V., & Cahyani, C.

- (2018). Studi Perbandingan Metode Isolasi Ekstraksi Pelarut dan Destilasi Uap Minyak Atsiri Kemangi terhadap Komposisi Senyawa Aktif. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 2(1), 13–19.
- Dos Santos, J. P., Zavareze, E. da R., Dias, A. R. G., & Vanier, N. L. (2018). Immobilization of xylanase and xylanase- $\beta$ -cyclodextrin complex in polyvinyl alcohol via electrospinning improves enzyme activity at a wide pH and temperature range. *J. IJBioMac*, 118, 1676-1684.
- Effendi, V. P., & Widjanarko, S. B. (2014). Distilasi dan Karakterisasi Minyak Atsiri Rimpang Jeringau (*Acorus calamus*) dengan Kajian Lama Waktu Distilasi dan Rasio Bahan: Pelarut. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(2), 1–8.
- Feltz, K. P., Kalaf, E. A. G., Chen, C., Martin, R. S., & Sell, S. A. (2017). A review of electrospinning manipulation techniques to direct fiber deposition and maximize pore size. *Electrospinning*, 2, 46–61.
- Gende, L. B., Loris, I., Fritz, R., & Guaras, M. J. (2008). Antimicrobial activity of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) essential oil and its main components against *Paenibacillus* larvae from Argentine. *Bulletin of Insectology*, 61(1), 1–4.
- Gülcihan, Ü., Mehmet, Şi., & Gülden, Çi. (2013). Antioxidant Activity of Cinnamon Bark Oil (*Cinnamomum zeylanicum* L.) in Japanese Quails Under Thermo Neutral and Heat Stressed Conditions, 19(5), 889–894.
- Gustiana, L. (2014). *Market Brief Minyak Atsiri ATDAG*. Berlin: Kementrian Perdagangan RI.
- Hedges, A. R. (1998). Industrial Applications of Cyclodextrins. *Chem Rev*, 2665(97), 2035–2044.
- Herdwiani, W., Leviana, F., & Sari, R. (2015). Uji Keamanan Dan Uji Aktivitas Sitotoksik Minyak Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *IJPST*, 1, 20–35.
- Hermawan, A., Meiyanto, E., & Susidarti, R. A. (2010). Hesperidin meningkatkan doxorubicin pada sel MCF-7 efek sitotoksik. *Majalah Farmasi Indonesia*, 21(1), 8–17.
- Inggrid, M. H., & Djojsubroto, H. (2008). Destilasi Uap Minyak Atsiri dari Kulit dan Daun Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). Skripsi Universitas Katolik Parahyangan.
- Kasim, N. N., Nursyimi, S., Syed, A., Masdar, N. D., Hamid, F. A., & Nawawi, W. I. (2014). Extraction and Potential of Cinnamon Essential Oil towards Repellency and Insecticidal Activity. *IJSRP*, 4(7), 1–6.
- Kay, T., Seilon, U., Di, B., Percobaan, K., & Solok, L. (2009). Inventarisasi dan Karakterisasi Tanaman Kayu Manis Seilon (*Cinnamomum zelaynicum Blume*) di Kebun Percobaan Laing Solok. *Bul. Littro*, 20(2), 99–105.

- Kayaci, F., Ertas, Y., & Uyar, T. (2013). Enhanced thermal stability of eugenol by cyclodextrin inclusion complex encapsulated in electrospun polymeric nanofibers. *J. Agric. Food Chem*, 61(34), 8156–8165.
- Kayaci, F., Sen, H. S., Durgun, E., & Uyar, T. (2014). Functional electrospun polymeric nanofibers incorporating geraniol-cyclodextrin inclusion complexes: High thermal stability and enhanced durability of geraniol. *J. Food Res.*, 62, 424–431.
- Kikionis, S., Ioannou, E., Konstantopoulou, M., & Roussis, V. (2017). Electrospun Micro / Nanofibers as Controlled Release Systems for Pheromones of *Bactrocera oleae* and *Prays oleae*. *Journal Chemistry Ecol.*
- Kutchko, B. G., & Kim, A. G. (2006). Fly ash characterization by SEM-EDS. *J. Fuel*, 85(17–18), 2537–2544.
- Lee, J. S., Choi, K. H., Ghim, H. Do, Kim, S. S., Chun, D. H., Kim, H. Y., & Lyoo, W. S. (2004). Role of molecular weight of atactic poly(vinyl alcohol) (PVA) in the structure and properties of PVA nanofabric prepared by electrospinning. *Journal of Applied Polymer Science*, 93(4), 1638–1646.
- Marfina, A., Cahyono, E., & Mursiti, S. (2019). Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Minyak Atsiri Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(2), 2–8.
- Mastovska, K., & Lehotay, S. J. (2003). Practical Approaches to Fast Gas Chromatography–Mass Spectrometry. *J. Chromatogr. A*, 1000, 153–180.
- Merck. (2017). Lembaran Data Keselamatan Bahan PoliVinil Alkohol (Vol. 1253, pp. 1–14).
- Mukhriani. (2014). Ekstraksi, pemisahan senyawa, dan identifikasi senyawa aktif. *Jurnal Kesehatan*, VII(2), 361–367.
- Nainggolan, M. (2008). *Isolasi Sinamaldehida Dari Kulit Kayu Manis (Cinnamomum burmannii)*. Tesis Universitas Sumatera Utara.
- Ooi, L. S. M., Li, Y., Kam, S.-L., Wang, H., Wong, E. Y. L., & Ooi, V. E. C. (2006). Antimicrobial Activities of Cinnamon Oil and Cinnamaldehyde from the Chinese Medicinal Herb *Cinnamomum cassia* Blume. *Am. J. Chin. Med.*, 34(03), 511–522.
- Pebrimadewi, E. . (2011). *Isolasi sinamaldehida dari minyak kulit kayu manis sebagai antioksidan*. Skripsi Institut Pertanian Bogor.
- Prasetya, A. N. B., & Ngadiwiyana. (2006). Identifikasi Senyawa Penyusun Minyak Kulit Batang Kayu Manis (*Cinnamomum cassia*) Menggunakan GC-MS. *Jurnal Kimia Sains & Aplikasi*, IX(3), 81–83.
- Priastuti, N., Ngadiwiyana, & Ismiyarta. (2012). Sintesis Amil Sinamat dari Sinamaldehyd dan Uji Aktivitas Sebagai Bahan Aktif Tabir Surya. *Jurnal Kimia Sains & Aplikasi*, 15(2), 39–43.

- Quintero, J. C., Moreira, M. T., Feijoo, G., & Lema, J. M. (2005). Effect of surfactants on the soil desorption of hexachlorocyclohexane ( HCH ) isomers and their anaerobic biodegradation. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 1015(1), 1005–1015.
- Rahartri. (2017). *Minyak Atsiri (Essential Oils)*. Serpong: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah LIPI.
- Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W., Lim, T., & Ma, W. (2005). *An Introduction to Electrospinning and Nanofibers*. Singapore: World Scientific Publishing Company.
- Sastrohamidjojo, H. (2014). *Kimia minyak atsiri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Satya, N. S., Prakash, S., & Meena, V. (2012). Purification of Cinnamaldehyde from Cinnamon Species by Column Chromatography. *I. Res. J. Biological Sci.*, 1(7), 49–51.
- Schramm, L. L. (2000). *Surfactants: Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Setyawan, D., & Isadiartuti, D. (2009). Karakterisasi Kompleks Inklusi Asam Mefenamat -  $\beta$ -Siklodekstrin yang Dibuat dengan Metode Freeze Drying. *Jur. Kefarmasian*, 1(1), 1–9.
- Sharififar, F., Moshafi, M. H., Nudehe, G. D., Ameri, A., Alishahi, F., & Pourhemati, A. (2009). Bioassay Screening of The Essential Oil And various Extracts From 4 Spices Medicinal Plants. *Journal Pharmacy Sciences*, 22(3), 317–322.
- SNI 06-3734-2006. (2006). *Minyak kulit kayu manis*. Bandung.
- Soares, R. M. D., Siqueira, N. M., Prabhakaram, M. P., & Ramakrishna, S. (2018). Electrospinning and electrospray of bio-based and natural polymers for biomaterials development. *J. MSEC*, 92, 969–982.
- Sujatno, A., Salam, R., Dimiyati, A., & Bandriyana. (2015). Studi Scanning Electron Microscopy(SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *JFN*, 9(11), 44–50.
- Szejtli, J. (1998). Introduction and General Overview of Cyclodextrin Chemistry. *Chem. Rev.*, 2665(97), 1743–1753.
- Thompson, T. J. U., Gauthier, M., & Islam, M. (2009). The application of a new method of Fourier Transform Infrared Spectroscopy to the analysis of burned bone. *J. JAS*, 36(3), 910–914.
- Tyas Istikowati, W., Burhanudin, V., & Hamidah, S. (2009). Kajian Sifat-Sifat Dasar Kayu Manis Sebagai Bahan Pertimbangan Pemanfaatan Limbah Pemanenan Kulit Kayu Manis. *J.Hutan Tropis Borneo*, 10(Juni), 210–223.

- Uyar, T., Havelund, R., Nur, Y., Hacaloglu, J., Besenbacher, F., & Kingshott, P. (2009). Molecular filters based on cyclodextrin functionalized electrospun fibers. *J. Mem Sci*, 332(1–2), 129–137.
- Valle, E. M. M. Del. (2004). Cyclodextrins and their uses : a review. *J. Process Biochemistry*, 39, 1033–1046.
- Wahyudi, T., & Sugiyana, D. (2018). Pembuatan Serat Nano Menggunakan Metode Electrospinning. *Arena Tekstil*, 26(1), 29–34.
- Wen, P., Zhu, D. H., Wu, H., Zong, M. H., Jing, Y. R., & Han, S. Y. (2016). Encapsulation of cinnamon essential oil in electrospun nanofibrous film for active food packaging. *Food Control*, 59, 366–376.
- Wong, Y. C., Mudzaqqir, M. Y. A., & Nurdiyana, W. A. N. (2014). Extraction of Essential Oil from Cinnamon ( *Cinnamomum zeylanicum* ). *Orient J Chem*, 30(1), 37–47.
- Yoo, H. S., Kim, T. G., & Park, T. G. (2009). Surface-functionalized electrospun nanofibers for tissue engineering and drug delivery. *J. ADDR*, 61(12), 1033–1042.
- Yulianto, F. T., Khasanah, L. U., & Anandito, R. B. K. (2012). Pengaruh Ukuran Bahan dan Metode Destilasi (Destilasi Air dan Destilasi Uap-Air terhadap Kualitas Minyak Atsiri Kulit Kayu Manis. *Jurnal Teknosains Pangan*, 1(1), 12–23.