

**FORMULASI DAN KARAKTERISASI NANOKAPSUL MINYAK BIJI MAHONI
DENGAN METODE EMULSI SONIKASI**



Oleh:

**Muhamad Nur Aswadi
20144208A**

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2018**

**FORMULASI DAN KARAKTERISASI NANOKAPSUL MINYAK BIJI MAHONI
DENGAN METODE EMULSI SONIKASI**



Oleh:

**Muhamad Nur Aswadi
20144208A**

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2018**

PENGESAHAN SKRIPSI

berjudul

**FORMULASI DAN KARAKTERISASI NANOKAPSUL MINYAK BIJI
MAHONI DENGAN METODE EMULSI SONIKASI**

Oleh :

Muhamad Nur Aswadi
20144208A

Dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi
Fakultas Farmasi Universitas Setia Budi
Pada tanggal : 3 Juli 2018

Mengetahui,
Fakultas Farmasi
Universitas Setia Budi



Dekan,

Prof. Dr. RA. Oetari, SU., MM., M.Sc., Apt.


Pembimbing,

Muhammad Dzakwan, M.Si., Apt.
Pembimbing Pendamping,

Reslely Harjanti, M.Sc., Apt.

Penguji :

1. Siti Aisyah, M.Sc., Apt.

1. 


2. Hery Muhamad Ansory, S.Pd., M.Sc.

2. 

3. Anita Nilawati, S.Farm., M.Farm., Apt.

3. 

4. Muhammad Dzakwan, M.Si., Apt.

4. 

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil kerjaan saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila skripsi ini merupakan jiplakan dari peneliti/karya ilmiah/skripsi orang lain, maka saya siap menerima sanksi, baik secara akademis maupun hukum.

Surakarta, 3 Juli 2018



Muhamad Nur Aswadi

HALAMAN PERSEMBAHAN

Apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, maka
kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain,
(TQS. Alam Nasyrah: 7-8)

Lawan sastra ngesti mulya (Dengan ilmu kita menuju
kemuliaan)

(Ki Hadjar Dewantara)

*Selayaknya hamba Allah yang mengharapkan ridhaNya, sungguh besar harapan
agar karya ini bisa menjadi salah satu amal ibadah kepada Allah SWT.*

Salah satu pengkerdilan terkejam dalam hidup adalah
membiarkan pikiran yang cemerlang menjadi budak bagi
tubuh yang malas, yang mendahulukan istirahat sebelum
lelah.

(Hamka)

Kupersembahkan karya ini untuk kedua orang tuaku (Tasiman dan Siti Maryatun),
nenek (Dalinem), almarhum kakek (H. Djuremi), adikku (Abid),
shohibul FOSMI USB 2014, keluarga takmir masjid Al-Jannah, dan sahabat-
sahabatku.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wata'ala* atas segala rahmat, rezeki serta petunjuk-Nya sehingga skripsi yang berjudul **“FORMULASI DAN KARAKTERISASI NANOKAPSUL MINYAK BIJI MAHONI DEGAN METODE EMULSI SONIKASI”** ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari jurusan Farmasi di Fakultas Farmasi Universitas Setia Budi Surakarta.

Penulis menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu penelitian ini hingga skripsi ini selesai dibuat, terutama kepada:

1. Ayahanda Tasiman Bin Mulyadi dan Ibunda Siti Maryatun serta keluarga besar penulis yang tiada hentinya mendoakan dan mencurahkan kasih sayangnya dan memberikan dukungan setulus hati.
2. Dr. Ir. Djoni Tarigan, MBA selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
3. Prof. Dr. R.A. Oetari, S.U., M.M., M.Sc., Apt selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Setia Budi.
4. Muhammad Dzakwan, M.Si., Apt, selaku pembimbing utama yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dalam membimbing penulis demi kesempurnaan skripsi ini.
5. Reslely Harjanti, M.Sc., Apt, selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, dukungan, nasihat serta ilmunya dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Tim penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan untuk penyempurnaan skripsi ini.
7. Segenap dosen, staf, laboran dan asisten laboratorium Fakultas Farmasi Universitas Setia Budi yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama penelitian berlangsung.
8. Staf DKSH Jakarta yang telah memberikan bimbingan dan mengizinkan menggunakan alat PSA Malvern selama penelitian.

9. D. Andang Arif Wibawa, S.P., M.Si, selaku dosen USB yang telah memberikan ide gagasan penelitian, memberikan bimbingan dan nasihat pada penulis.
10. Kepada teman “*Pejantan Tangguh*” Ikhwan, Pungki, Rasyid, Rio, Hanif, Rahmat, Afif, Daus, Alex, Dzulyan, Fajar, Satriya, Helmi, Hilmi, Adam, Sopan, Udin terima kasih sudah memberikan semangat dan menemani selama penelitian.
11. Azis, hanifah, sulistiana, vesa, kiki ayudita, okta, kiki, nawang, yuyun, suci, kartika, widuri yang memberi dukungan, berbagi ilmu dan nasihat pada penulis.
12. Keluarga besar FOSMI USB, teman seperjuangan angkatan 2014, kelas FSTOA, kakak-kakak, adik-adik di USB Surakarta dan seluruh teman penulis yang turut memotivasi dan berbagi ilmu.
13. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga skripsi ini dapat menjadi lebih baik lagi. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi peneliti-peneliti selanjutnya dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu kefarmasian dan semoga bernilai ibadah disisi Allah *Subhanahu Wata'ala*. Aamiin.

Wassalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarakatuh.

Surakarta, 3 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Kegunaan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Minyak Biji Mahoni	5
B. Pengempaan (<i>Pressing</i>)	8
1. Pengepresan hidrolis	8
2. Pengepresan berulir	8
C. Nanopartikel	8
1. Definisi	8
2. Jenis nanopartikel	9
D. Nanokapsul	10
1. Definisi	10
2. Keuntungan dan Kerugian Nanokapsul	11
2.1 Keuntungan	11
2.2 Kerugian	11
3. Komponen pembuatan nanokapsul	12
3.1 Polimer	12
3.2 Surfaktan	13
4. Prosedur Pembuatan Nanokapsul	14

4.1	Metode Penguapan Pelarut.	15
4.2	Metode Emulsifikasi Spontan/Difusi Pelarut.	15
4.3	Pembuatan Nanopartikel dengan Teknologi Cairan Superkritis.	16
4.4	Metode <i>Spray-drying</i>	16
4.5	Metode Emulsifikasi.	16
4.6	Metode Sonikasi.	17
5.	Sifat fisik nanokapsul minyak biji mahoni.	18
5.1	Uji organoleptis.	18
5.2	Ukuran Partikel dan Distribusi Partikel.	18
5.3	Zeta Potensial.	19
5.4	Persen Transmitan.	20
5.5	TEM (<i>Transmission Electron Microscopy</i>).	20
6.	Stabilitas fisik nanokapsul.	20
6.1	Uji Sentrifugasi.	21
6.2	Uji <i>freeze-thaw cycle</i>	21
E.	Studi Preformulasi.	21
1.	Natrium Alginat.	21
2.	PVA (Polivinil Alkohol).	22
3.	Hidroksipropil metilselulosa (HPMC).	24
4.	Tween 80.	24
F.	Landasan Teori.	25
G.	Hipotesis Penelitian.	28
BAB III METODE PENELITIAN.		29
A.	Populasi dan Sampel.	29
B.	Variabel Penelitian.	29
1.	Identifikasi variabel utama.	29
2.	Klasifikasi variabel utama.	29
3.	Definisi operasional variabel utama.	30
C.	Alat dan Bahan.	31
1.	Alat.	31
2.	Bahan.	31
D.	Jalannya Penelitian.	31
1.	Determinasi tanaman.	31
2.	Pembuatan minyak biji mahoni.	32
3.	Identifikasi minyak biji mahoni.	32
3.1	Penentuan bobot jenis.	32
3.2	Penetapan bilangan Asam.	32
3.3	Penetapan bilangan penyabunan.	33
	Prosedur.	33
3.4	Penetapan bilangan peroksida.	34
4.	Komposisi formula nanokapsul Minyak Biji Mahoni.	34
4.1	Pembuatan nanokapsul minyak biji mahoni dengan metode emulsi sonikasi.	35
4.2	Evaluasi sifat fisik nanokapsul minyak biji mahoni.	35

4.3	Evaluasi stabilitas fisik nanokapsul minyak biji mahoni	35
E.	Analisis Hasil.....	36
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
1.	Hasil determinasi tumbuhan	37
2.	Hasil pengambilan sampel, pengeringan, dan pembuatan minyak	37
2.1.	Pengambilan sampel.....	37
2.2.	Pengeringan sampel.....	37
2.3.	Hasil pembuatan minyak biji mahoni.....	38
3.	Hasil identifikasi minyak biji mahoni	38
4.	Hasil Pembuatan Nanokapsul Minyak Biji Mahoni.....	40
4.1	Pengujian organoleptis	41
4.2	Hasil pengukuran distribusi ukuran partikel.....	43
5.	Stabilitas Fisik Nanokapsul Minyak Biji Mahoni.....	46
5.1	Uji fisik setelah penyimpanan.....	46
5.2	Sentrifugasi	47
5.3	<i>Freeze-thaw Cycle</i>	48
5.4	Persen transmittan	48
5.5	TEM (<i>Transmission Electron Microscopy</i>).....	49
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	51
A.	Kesimpulan.....	51
B.	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Biji mahoni.....	6
Gambar 2 Perbedaan nanosfer dan nanokapsul.....	10
Gambar 3. Molekul Surfaktan (Purwanto & Slamet 2006).	13
Gambar 4. Perbandingan antara obat yang terjerat dalam polimer (A) dan yang teradsorpsi di permukaan partikel (B).....	14
Gambar 5. Proses rapatan dan regangan dalam kaitannya dengan osilasi kavitasi.....	17
Gambar 6. Struktur natrium alginat	22
Gambar 7. Struktur Polivinil Alkohol	23
Gambar 8. Struktur HPMC	24
Gambar 9. Struktur kimia Tween 80	25

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi asam lemak pada minyak biji mahoni hasil analisis kromatografi gas (Daryono <i>et al.</i> 2014).....	7
Tabel 2. Karakteristik Natrium Alginat (Chapman 1980a,1980b).....	22
Tabel 3. Karakter Fisik dari Polivinil Alkohol (Nasrullah 2005).	23
Tabel 4. Formula pembuatan nanokapsul minyak biji mahoni.	34
Tabel 5. Hasil pengeringan biji mahoni.....	37
Tabel 6. Hasil pengepresan biji mahoni	38
Tabel 7. Hasil karakterisasi Minyak Biji mahoni.....	39
Tabel 8. Hasil pengamatan nanokapsul minyak biji mahoni dengan metode sonikasi.....	41
Tabel 9. Hasil pengukuran nanokapsul dengan metode sonikasi.....	44
Tabel 10. Hasil pengukuran visual	46
Tabel 11. Data pemisahan fase nanokapsul sebelum dan sesudah sentrifugasi	47
Tabel 12. Hasil Uji Transmitan	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Alur penelitian	61
Lampiran 2. Surat keterangan determinasi simplisia.....	62
Lampiran 3. Dokumentasi	63
Lampiran 4. Hasil formula nanokapsul dengan metode sonikasi	66
Lampiran 5. Uji sentrifugasi.....	67
Lampiran 6. Hasil uji penyimpanan 4 minggu	68
Lampiran 7. Hasil uji <i>freeze-thaw cycle</i>	69
Lampiran 8. Hasil Uji <i>Freeze-Thaw Cycle</i>	70
Lampiran 9. Perhitungan rendemen sampel	71
Lampiran 10. Perhitungan rendemen minyak biji mahoni	72
Lampiran 11. Hasil perhitungan identifikasi Minyak Biji Mahoni	73
Lampiran 12. Perhitungan dosis	76
Lampiran 13. Hasil ukuran partikel dan distribusi ukuran.....	77
Lampiran 14. Hasil ukuran partikel, distribusi ukuran dan zeta potensial 4 minggu.....	80

INTISARI

ASWADI, M. N., 2018, FORMULASI DAN KARAKTERISASI NANOKAPSUL MINYAK BIJI MAHONI DENGAN METODE EMULSI SONIKASI, SKRIPSI, FAKULTAS FARMASI, UNIVERSITAS SETIA BUDI, SURAKARTA.

Minyak biji mahoni tidak larut dalam air sehingga sulit diaplikasikan ke dalam produk pangan dan sifatnya kurang stabil terhadap panas, sinar *UV*, dan kelembaban sehingga mudah mengalami penurunan aktivitas biologisnya. Salah satu pendekatan kelarutan dan stabilitasnya adalah nanokapsul. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode emulsi sonikasi dapat menghasilkan nanokapsul dengan stabilitas dan karakterisasi yang baik pada berbagai jenis polimer.

Proses nanokapsul minyak biji mahoni dilakukan dengan metode emulsi sonikasi selama 2 menit untuk mengubah menjadi ukuran nanometer menggunakan variasi jenis dan konsentrasi polimer formula PVA, Na-Alginat, dan HPMC berturut-turut 3% ; 0,4% ; 0,3% dengan konsentrasi Tween 80 yang tetap yaitu 3%. Sediaan nanokapsul dari formula di uji ukuran partikel, zeta potensial, persen transmitan, dan stabilitasnya meliputi uji *freeze-thaw cycle*, dan uji sentrifugasi.

Hasil penelitian menunjukkan minyak biji mahoni dapat dibuat menjadi sediaan nanokapsul. Ukuran efisiensi nanokapsul diperoleh dari formula 1, 2, dan 3 sebesar $195,6 \pm 4,979$ nm, $419,9 \pm 33,75$ nm, dan $328,4 \pm 32,57$ nm. Nanokapsul dengan konsentrasi polimer Na-Alginat 0,4% dengan waktu sonikasi 2 menit diperoleh hasil ukuran partikel sebesar $419,5 \pm 33,75$ nm, indeks polidispersitasnya $0,501 \pm 0,009$ menjadi $495,5 \pm 81,13$ nm, indeks polidispersitas $0,488 \pm 0,108$, dan zeta potensial sebesar $-74,1 \pm 3,11$ mV sehingga terpilih ukuran, keseragaman, dan stabilitas yang paling baik dibandingkan dengan formula lain.

Kata Kunci : Minyak biji mahoni, nanokapsul, polimer Na-Alginat, sonikasi

ABSTRACT

ASWADI, M. N., 2018, FORMULATION AND CHARACTERIZATION NANOCAPSULE OILS OF MAHOGANY SEED WITH SONICATION EMULSION METHODS, THESIS, PHARMACEUTICAL FACULTY, UNIVERSITY OF SETIA BUDI, SURAKARTA.

Oils of mahogany seed is not soluble in water consequently it was difficult to applied to inappropriate in the product of food and are first of all the less volatile with respect to heat, UV ray, and moisture so that it can easily has experienced a fall in the activity of but. One of the approaches the solubility of and stability is nanocapsule. This study aims to in order to understand the a method of an emulsion sonication to be able to produce nanocapsule with the stability of the country and characterization as it seemed good to a variety of the kinds of polymer .

The process of nanocapsule oils of mahogany seed have been carried out with a method of an emulsion sonication as long as 2 minutes to turn to be nanometer size employing variations the type and the concentration of a polymer PVA and final day of formula , Na-alginat , and HPMC consecutive 3% ; 0,4% ; 0,3% by concentration of the tween 80 still 3%. Preparations nanocapsule from a formula tested size of particles, zeta potencial, percent transmitan, and the stability take in freeze-thaw cycle test, and centrifugation test.

The results showed oils of mahogany seed can be made into nanocapsule preparations. Size of nanocapsule efficiency was obtained from formula 1, 2, and 3 by $195,6 \pm 4,979$ nm, $419,9 \pm 33,75$ nm, dan $328,4 \pm 32,57$ nm. Nanocapsule concentration of polymer Na-alginat 0,4% with time sonication two minutes the results size of particles of $419,5 \pm 33,75$ nm, polidispersity index $0,501 \pm 0,009$ to $495,5 \pm 81,13$ nm, polidispersity index $0,488 \pm 0,108$, and zeta potential of $-74,1 \pm 3,11$ mV so elected measure, uniformity, and stability which is best compared to other formula.

Keywords: Mahogany seed oil, nanocapsule, Na-Alginate polymer, sonication

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Minyak nabati adalah minyak yang diperoleh dari proses pengepresan yang berasal dari suatu tumbuhan digunakan dalam pengobatan contohnya minyak biji mahoni, minyak zaitun, minyak biji kranberi. Minyak biji-bijian terkandung banyak asam lemak tidak jenuh. Jumlah minyak yang dihasilkan biji mahoni lebih banyak dibandingkan minyak biji jarak pagar yaitu sekitar 30-50% (Ong *et al.* 2011). Komposisi asam lemak pada minyak biji mahoni terdiri atas asam stearat (10,41%), asam palmitat (21,39%), asam oleat (64,62%) dan asam-asam lain (3,58%) (Okieimen *et al.* 1999). Penelitian Genus mahoni semakin berkembang. Peneliti banyak memusatkan pada biji mahoni karena mengandung senyawa bioaktif yang memiliki efek terapeutik seperti malaria, diare, hipertensi, dan obat antihiperlikemik. Negara di beberapa benua Afrika, minyak biji mahoni digunakan sebagai terapi salep tubuh alternatif untuk penyakit kulit seperti gatal dan luka (Naveen *et al.* 2014).

Menurut Subhadip *et al.* (2013) aktivitas minyak biji mahoni menghambat amilase sehingga mengurangi penyerapan glukosa dan efektif dalam mengendalikan diabetes. Hiperlikemik pada penderita diabetes akan mengakibatkan stres oksidatif, sehingga kebutuhan antioksidan eksogen meningkat. Antioksidan yang terkandung dalam biji mahoni secara empiris telah digunakan sebagai herbal untuk pengobatan diabetes. Penelitian terdahulu dilakukan uji terhadap aktivitas minyak biji mahoni pada hiperlikemia dan dapat mengendalikan sindrom metabolisme serta mampu menurunkan kadar glukosa darah pada tikus resistensi insulin, maupun pada tikus yang mengalami kerusakan pankreas akibat induksi aloksan (Wiriana 2015). Kadar glukosa terjadi penurunan 55,47% setelah pemberian terapi ekstrak metanol biji mahoni pada dosis 100 mg/kg BB pada tikus hasil induksi *Multiple Low Dose-Streptozotocin* (MLD-STZ) (Suryani *et al.* 2013).

Obat herbal sering dipromosikan sebagai produk alami dan aman untuk dikonsumsi, senyawa bioaktif obat herbal umumnya bersifat tidak stabil sehingga mudah mengalami penurunan aktivitas biologisnya. Salah satu cara meningkatkan stabilitas senyawa aktif dan melindunginya dari degradasi karena pengaruh lingkungan adalah menggunakan teknologi nanokapsul. Partikel droplet berukuran 1-1.000 nm memiliki kelebihan diantaranya dapat meningkatkan stabilitas fisik komponen bioaktif, melindungi dari kerusakan kimiawi, melindungi interaksi dengan bahan tambahan makanan, terdispersi dengan baik dalam sistem tirtawi (*aqueous*), dapat diterapkan pada berbagai sasaran pengobatan karena nanopartikel masuk dalam sistem peredaran darah dan dibawa oleh darah menuju target pengobatan (Agustinisari *et al.* 2014).

Pengembangan minyak biji mahoni bentuk sediaan nanokapsul dengan metode emulsi sonikasi sangat potensial terkait banyaknya khasiat yang dimiliki oleh minyak biji mahoni sehingga luas permukaan partikel, kelarutan, laju disolusi, absorpsi dan bioavailabilitas obat yang bersifat lipofilik akan meningkat (Cho Y *et al.* 2008). Rasa pahit minyak biji mahoni dapat ditutupi yang disebabkan adanya senyawa limonoid yaitu swietenolid, mencegah bioaktif minyak biji mahoni sehingga tidak mudah menguap dan mudah terdekomposisi oleh kelembaban udara, oksigen, panas maupun cahaya karena minyak biji mahoni mengandung banyak asam lemak ganda tak jenuh yaitu asam linoleat dan oleat yang memiliki sifat mudah teroksidasi oleh udara dan cahaya luar yang dapat menghasilkan tengik sehingga akan menurunkan kualitas minyak biji mahoni (Ping 2012).

Proses enkapsulasi dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel sehingga material inti dikemas dalam sebuah dinding untuk membentuk kapsul sehingga pengembangan metode enkapsulasi ini sebagai pelindung komponen bioaktif (mikronutrien, polifenol, enzim, antioksidan). Ukuran nanopartikel yang kecil memungkinkan akumulasi minyak biji mahoni yang bersifat lipofilik akan lebih efisien di lokasi yang ditargetkan ke dalam tubuh serta dapat dikombinasikan antara dilusi dan mekanisme pelepasan obat (Diba 2014).

Komponen yang mempengaruhi keberhasilan pembuatan nanokapsul selain zat aktif minyak biji mahoni juga membutuhkan polimer sebagai penyalut.

Jenis polimer yang banyak dikembangkan saat ini adalah polimer dengan sifat biodegradabel yang baik dan biokompatibel seperti *Polyethylene glycol*, polivinil alkohol, asam oleat, *dextran* (Mustawarman *et al.* 2015).

Berdasarkan uraian diatas, digunakan variasi polimer natrium alginat, PVA dan HPMC (Hidroksipropil metilselulosa). Polimer alam seperti natrium alginat digunakan sebagai bahan penyalut obat karena sifatnya yang biokompaktibel, *biodegradable* dan tidak beracun. Polimer PVA (Polivinil Alkohol) efektif digunakan dalam aplikasi biomedis karena dapat didegradasi oleh proses hidrolisis dalam tubuh (biodegradabel), dan dalam waktu sekitar satu bulan dapat diabsorpsi sehingga tidak meracuni tubuh (biokompatibel) (Sousa *et al.* 2014). Polimer hidroksipropil metilselulosa (HPMC) merupakan polimer semi sintetik yang dapat mengembang terbatas dalam air, netral serta memiliki viskositas yang stabil dalam penyimpanan jangka panjang. Formulasi film dengan polimer HPMC bersifat bioadhesi yang maksimum dibandingkan dengan film yang mengandung PVA (polivinil alkohol) dan kombinasi PVA dan PVP (Doshi *et al.* 2011).

Surfaktan yang sering digunakan adalah golongan nonionik yang bersifat tidak toksik yaitu tween 80. Konsentrasi tween 80 sebagai surfaktan dalam suatu sediaan berkisar antara 1-10% (Rowe *et al.* 2009). Fungsi surfaktan untuk mencegah terjadinya gumpalan dan menurunkan tegangan permukaan antara dua fase (Sugita *et al.* 2010).

Pengembangan pada penelitian ini, akan dilakukan formulasi dan evaluasi nanokapsul yaitu ukuran partikel, uji TEM (*Transmission Electron Microscopy*), zeta potensial, uji sentrifugasi dan persen transmittan untuk karakterisasi dan stabilitas fisik sediaan nanokapsul yang terbentuk. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode emulsi sonikasi. Metode sonikasi memanfaatkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 42 kHz sehingga mempercepat waktu kontak antara sampel dan pelarut meskipun pada suhu ruang. Efek kavitasi yang ditimbulkan dari aplikasi gelombang ultrasonik digunakan dalam pembuatan bahan berukuran nano dengan metode emulsifikasi (Nakahira 2007).

B. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah:

Pertama, apakah minyak biji mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) dapat dibuat sediaan nanokapsul dengan metode emulsi sonikasi?

Kedua, apakah variasi jenis dan konsentrasi polimer PVA, Na-Alginat, HPMC dan tween 80 dapat menghasilkan nanokapsul?

Ketiga, manakah sediaan nanokapsul minyak biji mahoni yang stabil selama penyimpanan?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

Pertama, untuk mengetahui metode emulsi sonikasi minyak biji mahoni dapat dibuat dalam sediaan nanokapsul.

Kedua, untuk mengetahui nanokapsul minyak biji mahoni yang dilakukan dengan variasi jenis dan konsentrasi polimer PVA, Na-Alginat, HPMC dan tween 80.

Ketiga, untuk mengetahui kestabilan minyak biji mahoni dalam sediaan nanokapsul selama penyimpanan.

D. Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dalam pengembangan berbagai metode pembuatan nanokapsul dan polimer yang digunakan untuk pembentukan sediaan nanokapsul sehingga penggunaan minyak biji mahoni dapat memberikan solusi untuk menurunkan kadar glukosa darah pada tubuh atau antihiperqlikemik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Minyak Biji Mahoni

Tanaman mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) merupakan salah satu tanaman tropis yang dianjurkan dalam pengembangan HTI (Hutan Tanaman Industri) yang ditemukan tumbuh liar di hutan jati atau ditanam ditepi jalan sebagai pohon pelindung. Mahoni berasal dari Hindia Barat, merupakan tanaman tahunan yang berakar tunggang, batangnya bulat, banyak bercabang dan kayunya bergetah (Agoes 2010). Depkes RI (2000) mengklasifikasikan tanaman mahoni sebagai berikut :

Divisi : Spermatophyta (Menghasilkan Biji)
Sub divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledoneae
Bangsa : Rutales
Suku : Meliaceae
Marga : *Swietenia*
Jenis : (*Swietenia macrophylla* King).

Tanaman mahoni diketahui memiliki nama lain diantaranya mahoni (Jawa Tengah), Mahok (Belanda), acajon (Perancis), cheriamagany, caoba (Spanyol), mahogany (Inggris) (Orwa *et al.* 2009). Biji mahoni umumnya berbentuk kapsul bercuping 5, mempunyai panjang sekitar 12-15cm, dan berwarna abu-abu coklat. Bagian luar buah mengeras, ketebalan 5-7 mm dan bagian dalam lebih tipis. Bagian tengah buah mengeras seperti kayu, berbentuk kolom dengan 5 sudut yang memanjang menuju ujung. Buah yang sudah tua akan kering mekar dan pecah mulai dari ujung atau pangkal pada saat masak. Tanaman mahoni tersebut menghasilkan banyak biji berwarna coklat, lonjong padat, bagian atas memanjang menjadi sayap, dengan panjang mencapai 7,5-15 cm (Direktorat Perbenihan Hutan 2001).

Biji mahoni yang diproses menjadi minyak tersebut menempel pada kolumela melalui sayapnya, meninggalkan bekas setelah benih terlepas. Umumnya setiap buah terdapat 35-45 biji seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Biji mahoni (Hartati *et al.* 2013).

Biji mahoni banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai obat tradisional dengan menelan bijinya setelah membuang bagian yang pipih untuk menyembuhkan penyakit seperti diabetes, hipertensi, dan malaria (Kadota *et al.* 1990). Menurut peneliti sebelumnya minyak biji mahoni memiliki aktivitas sebagai antibakteri dan mikroba (Majid *et al.* 2004).

Subhadip *et al.* (2013) mengemukakan bahwa minyak biji mahoni memiliki aktivitas menghambat amilase sehingga dapat mengurangi penyerapan glukosa dan efektif dalam mengendalikan diabetes. Penelitian terdahulu dilakukan uji terhadap aktivitas minyak biji mahoni pada hiperglikemia dan sindrom metabolisme akibat kerusakan sel pankreas oleh paparan aloksan dan obesitas pada tikus. Hasilnya menunjukkan bahwa minyak biji mahoni memiliki aktivitas tinggi dalam mengendalikan sindrom metabolisme, dan mampu menurunkan kadar glukosa darah pada tikus resistensi insulin, maupun pada tikus yang mengalami kerusakan pankreas akibat induksi aloksan (Wiriana 2015). Kadar glukosa terjadi penurunan 55,47% setelah pemberian terapi ekstrak metanol biji mahoni pada dosis 100 mg/kg BB pada tikus hasil induksi *Multiple Low Dose-Streptozotocin* (MLD-STZ) (Suryani *et al.* 2013).

Jumlah minyak yang dihasilkan dari biji mahoni lebih besar dari biji jarak pagar sekitar 30-50% (Ong *et al.* 2011). Daryono (2014) mengemukakan bahwa komposisi asam lemak pada minyak biji mahoni diantaranya asam stearat (10,41%), asam palmitat (21,39%), asam oleat (64,62%) dan asam-asam lain (3,58%) (Tabel 1).

Tabel 1. Komposisi asam lemak pada minyak biji mahoni hasil analisis kromatografi gas (Daryono *et al.* 2014).

Asam lemak	Berat (%)	Titik leleh (°C)
Asam oktanoat	1,24	-16,7
Asam heksanoat	0,17	-3,4
hekpadekanoat	2,606	31,6
Asam laurat	2,906	44,2
Asam miristat	7,397	54,4
Asam palmitat	9,096	62,9
Asam stearat	7,411	69,9
Asam oleat	36,147	16,3
Asam linoleat	9,952	-5
Asam arakhidat	9,401	-11

Minyak biji mahoni atau minyak nabati pada umumnya memiliki kekentalan yang relatif tinggi dibandingkan dengan minyak solar dari fraksi minyak bumi. Kekentalan ini dapat dikurangi dengan memutus percabangan rantai karbon tersebut melalui proses transesterifikasi menggunakan alkohol rantai pendek, misalnya metanol atau etanol (Setyawardhani 2003). Biji mahoni jenis *Khaya Senegalensis* mengandung minyak sekitar 52,5%, tidak mengandung asam lemak esensial sehingga tidak mempunyai nilai nutrisi dan merupakan minyak non pangan (Eromosele *et al.* 1998; Okieimen *et al.* 1999).

Kandungan kimia yang terdapat pada buah mahoni antara lain saponin, flavonoid dan alkaloid (Sahgal *et al.* 2009). Kandungan kimia ini kemudian dibuktikan kembali oleh Hajli (2011) dalam mengisolasi senyawa flavonoid pada biji mahoni dengan kromatografi lapis tipis (KLT) bahwa biji mahoni positif mengandung flavonoid. Kandungan lemak tak jenuh ganda (PUFA) terutama asam linoleat dan oleat diketahui mudah teroksidasi sehingga minyak menghasilkan rasa tengik dan menurunkan kualitas minyak. Penelitian sebelumnya bahwa praperlakuan panas yang berbeda seperti pemanggangan dapat memberikan ketahanan yang lebih baik untuk minyak biji mahoni terhadap kerusakan oksidatif (Chin 2012).

Lawless (1997) mengemukakan pada penelitiannya bahwa terdapat dua jenis minyak yaitu minyak organik dan minyak esensial. Minyak organik atau biologis adalah minyak yang dihasilkan oleh makhluk hidup (seperti tanaman, hewan, mikroorganisme, dll) melalui proses biologis. Berdasarkan organisme

hidup yang mampu memproduksi atau memproses minyak, minyak ini sangat beragam sumber dan komposisinya. Minyak esensial dapat didefinisikan luas sebagai minyak atsiri yang berbeda secara mendasar dari minyak lemak tetap, seperti biji rami, kelapa dan zaitun menjadi lebih ringan dan stabil. Minyak esensial selain digunakan untuk obat-obatan P3K juga ideal untuk minyak mandi, parfum atau penyegar ruangan, ketika minyak digunakan untuk tujuan estetika, minyak masih tetap memenuhi pencegahan yang positif dan peran terapi.

B. Pengempaan (*Pressing*)

Pengepresan mekanis merupakan suatu cara pengambilan minyak atau lemak terutama untuk bahan yang berasal dari biji-bijian. Tekanan pengempaan diberikan agar sel-sel yang mengandung minyak pecah dan minyak akan mengalir kepermukaan bahan (Armando 2009). Cara pengempaan terbagi menjadi 2 yaitu :

1. Pengepresan hidrolis

Minyak diperoleh dengan cara memberikan tekanan sekitar 2000 pound/inch² pada bahan yang mengandung minyak yang dibungkus dengan kain putih. Minyak dihasilkan tergantung pada besarnya tekanan, lama pengepresan dan kandungan minyak bahan asal. Pengepresan hidrolis umumnya digunakan untuk bahan yang mengandung minyak lebih dari 20%.

2. Pengepresan berulir

Alat pengempaan ini lebih maju dan banyak digunakan di industri pengolahan minyak saat ini. Kadar air minyak yang dihasilkan berkisar 2,5-3,5%. Keuntungan menggunakan metode ini adalah proses pengepresan dapat dilakukan secara kontinu sehingga kapasitas produksi menjadi lebih besar (Hambali *et al.* 2007).

C. Nanopartikel

1. Definisi

Aplikasi teknologi nano dalam bidang farmasi mempunyai berbagai keunggulan antara lain dapat meningkatkan kelarutan senyawa, mengurangi dosis pengobatan dan meningkatkan absorpsi. Sifat pembawa bahan nanopartikel

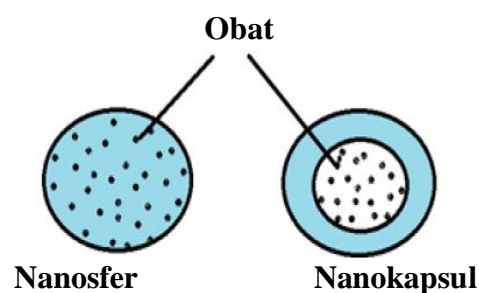
mempunyai berbagai keuntungan seperti mencegah hidrasi kulit, meningkatkan efek absorpsi, meningkatkan penetrasi zat aktif dan bersifat lepas terkendali (Rismana *et al.* 2014).

Konsep nanoteknologi pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli Fisika bernama Richard P Feynman dalam suatu kuliah perkumpulan ahli Fisika di Amerika pada tahun 1979. Nanoteknologi merupakan istilah untuk menggambarkan teknologi yang berkaitan dengan materi super kecil (nano). Satuan Internasional nanometer didefinisikan sebagai 1×10^{-9} meter. NASA memberikan definisi mengenai nanoteknologi, yaitu teknologi dalam pembentukan bahan fungsional, sumber, dan sistem melalui pengaturan berdasarkan skala atau ukuran (1-100 nm) dan didapatkan sebagai pemanfaatan fenomena umum, secara fisika, kimia, serta biologi dalam skala yang lebih besar (Jonassen 2014). Produk yang dihasilkan dalam nanoteknologi adalah nanopartikel. Nanopartikel adalah partikel dengan berbagai bentuk yang memiliki ukuran dalam kisaran 1 sampai 1000 nm. Sediaan nanopartikel dapat dibuat dengan berbagai metode, beberapa metode pembuatan nanopartikel yang sering digunakan yaitu metode presipitasi, penggilingan (*milling methods*), *salting out*, fluida superkritis, polimerisasi monomer, polimer hidrofilik, dan dispersi pembentukan polimer (Soppimath *et al.* 2001). Menurut Rismana *et al.* (2014) beberapa bahan nanopartikel dengan ukuran partikel di atas 100 nm telah berhasil disintesis untuk produk yang berasal dari bahan alam antara lain untuk kurkumin, paclitaxel dan praziquantel dengan ukuran partikel masing-masing adalah 450 nm, 147,7 nm, dan >200 nm, sehingga nanopartikel dapat juga didefinisikan sebagai sistem koloid submikronik (<1 μm).

2. Jenis nanopartikel

Nanopartikel dapat dibagi menjadi dua yaitu nanokristal dan *nanocarrier*. *Nanocarrier* memiliki berbagai macam jenis seperti nanotube, liposom, nanopartikel lipid padat (*Solid Lipid Nanoparticle/SLN*), misel, dendrimer, nanopartikel polimerik dan lain-lain. Nanopartikel polimerik merupakan nanopartikel dengan struktur koloidal berukuran nanometer yang terdiri dari polimer sintesis atau semisintesis dengan rentang ukuran 10-1000 nm. Metode

pembuatannya, dapat diperoleh nanosfer atau nanokapsul yang didalamnya terdapat obat baik dengan cara dilarutkan, dijerat, dikapsulasi atau diikatkan pada matrik nanopartikel (Rawat *et al.* 2006) seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Nanopartikel polimerik meliputi nanokapsul dan nanosfer. Nanokapsul terdiri dari polimer yang membentuk dinding yang melingkupi inti dalam tempat dimana senyawa obat dijerat. Nanosfer dibuat dari matrik polimer padat dan di dalamnya terdispersi senyawa obat (Delie & Blanco 2005).



Gambar 2 Perbedaan nanosfer dan nanokapsul (Yadav *et al.* 2012).

D. Nanokapsul

1. Definisi

Enkapsulasi merupakan teknik untuk melindungi bahan inti (*core*) yang aslinya berbentuk cair menjadi bentuk padatan sehingga mudah dalam penanganannya serta dapat melindungi bahan tersebut dari kehilangan *flavour*. Enkapsulasi dapat menjadikan komponen bahan aktif dari minyak atsiri dapat terlindungi dari pengaruh lingkungan yang merugikan seperti kerusakan akibat oksidasi, hidrolisis, penguapan atau degradasi oleh panas sehingga bahan aktif akan mempunyai masa simpan lebih panjang serta mempunyai kestabilan proses lebih baik (Won *et al.* 2008).

Enkapsulasi menghasilkan partikel dengan diameter mikrometer sampai nanometer (Zuidan & Nedociv 2010). Nanokapsul adalah sistem vesikular obat yang terdapat pada rongga yang dikelilingi oleh membran polimer, sedangkan nanosfer adalah sistem matriks obat secara fisik tersebar merata dalam matriks polimer (Singh & Lillard 2009). Enkapsulasi komponen bioaktif pada skala nano telah dikembangkan untuk dapat mengatasi masalah yang berhubungan dengan

lambat dan rendahnya serapan dan ketidakstabilan komponen bioaktif pada teknik mikroenkapsulasi (Carvajal *et al.* 2010). Penelitian nanokapsul menghasilkan sifat-sifat seperti yang diharapkan yaitu penyimpanan akan lebih baik dan memberikan perlindungan terhadap komponen bioaktif seperti vitamin, antioksidan, pigmen, protein dan lipid serta karbohidrat, sehingga dapat meningkatkan sifat-sifat fungsional dan stabilitasnya (Carvajal *et al.* 2010; Sekhon 2010).

2. Keuntungan dan Kerugian Nanokapsul

2.1 Keuntungan. Keuntungan penggunaan nanokapsul sebagai sistem pengiriman obat diantaranya ukuran partikel dan karakteristik permukaan nanopartikel dapat dimanipulasi dengan mudah untuk memperoleh *targeting* obat baik aktif maupun pasif setelah pemberian parenteral, nanopartikel mengontrol dan melepaskan obat secara perlahan-lahan selama distribusi dan memodifikasi distribusi obat pada organ lokal aksi serta memperlambat klirens obat sehingga terapi obat dan meminimalkan efek samping, pelepasan terkendali dan karakteristik degradasi partikel dapat dimodulasi dengan pemilihan matrix konstituen. *Loading* obat relatif tinggi dan obat dapat dijerapkan ke dalam sistem tanpa reaksi kimia, hal ini merupakan faktor penting untuk menjaga aktivitas obat, *Targeting* pada lokasi spesifik dapat diperoleh dengan melekatkan ligand pada permukaan partikel atau dengan menggunakan *magnetic guidance*, sistem dapat digunakan pada berbagai rute pemberian termasuk oral, nasal, parenteral, intra okular, dll. (Mohanraj & Chen 2006).

2.2 Kerugian. Kerugian menggunakan metode emulsi dalam pembuatan partikel memiliki kerugian diantaranya dibutuhkan penggunaan pelarut organik, untuk mengangkat residu berminyak selama proses pembuatan dan untuk menstabilkan emulsi (sebagai surfaktan). Enkapsulasi dalam penyalutan menggunakan polimer memiliki beberapa kerugian, antara lain penyalutan bahan inti oleh polimer kurang sempurna dan tidak merata sehingga mempengaruhi pelepasan zat inti dari nanokapsul. Pemilihan polimer penyalut dan pelarut sangat penting karena harus sesuai dengan bahan inti agar diperoleh hasil nanokapsul yang baik dan sesuai standar.

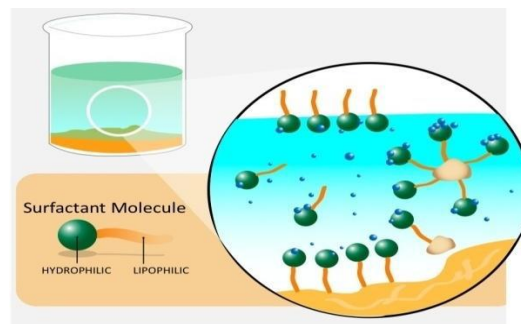
3. Komponen pembuatan nanokapsul

3.1 Polimer. Polimer yang termasuk dalam kategori ini akan mempertahankan sifat fisiknya selama periode waktu tertentu kemudian secara bertahap terurai menjadi molekul terlarut yang dapat dikeluarkan dari tubuh (Vainionpaa *et al.* 1989 dalam Edlund & Albertson 2012). Edlund dan Albertson (2012) mengemukakan bahwa meskipun jumlah polimer *biodegradable* besar, hanya sebagian kecil yang cocok untuk aplikasi *drug delivery*. Kandidat yang cocok tidak hanya harus memiliki kemampuan *biodegradable*, namun juga memenuhi syarat biokompatibilitas.

Biokompatibilitas didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk bekerja dengan respon yang sesuai dari inangnya pada aplikasi yang spesifik (Edlund & Alberston 2012). Biokompatibilitas memiliki arti komponen harus secara fisiologi dapat ditoleransi oleh tubuh dan tidak menyebabkan efek berbalik atau respon sistemik setelah dikonsumsi. Biokompatibilitas diantaranya mencakup non-toksik, non-karsinogenik, dan bioreabsorbilitas. Bioreabsorbilitas mengacu pada polimer yang terdegradasi menjadi produk yang dapat dieliminasi dari tubuh secara alami atau dapat terlibat secara normal dalam jalur metabolisme atau *metabolism pathways* (Edlund & Alberston 2002; Woodruff & Hutmacher 2010).

Material polimer memiliki sifat-sifat yang menguntungkan meliputi kemampuan terdegradasi dalam tubuh, modifikasi permukaan dan fungsi yang dapat disesuaikan dengan keinginan. Sistem polimerik dapat mengatur sifat farmakokinetik dari obat yang dimuatkan yang mengakibatkan obat berada pada keadaan stabil. Kelebihan-kelebihan tersebut membuktikan bahwa nanopartikel polimerik merupakan sistem yang efektif mengenkapsulasi obat-obat bioteknologi yang biasanya sensitif terhadap perubahan lingkungan. Nanopartikel polimerik yang mengikat peptide dapat digunakan sebagai penghantaran melalui oral yang diperpanjang dan dapat meningkatkan penyerapan dan ketersediaan hayati (Rawat *et al.* 2006). Semakin besar bobot molekul bahan penstabil yang digunakan, maka semakin lambat kecepatan adsorpsinya. Semakin besar konsentrasi polimer rantai panjang maka lambat laju disolusinya (Gosh *et al.* 2011).

3.2 Surfaktan. Surfaktan adalah bahan aktif permukaan yang memiliki gugus hidrofilik dan gugus lipofilik sehingga dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari air dan minyak. Surfaktan banyak digunakan karena kemampuannya dalam mempengaruhi sifat permukaan (*surface*) dan antar muka (*interface*) (Gambar 3). Bagian yang dimiliki molekul surfaktan yaitu *pertama*, bagian polar yang suka dengan air (hidrofilik) dapat bermuatan positif, negatif atau netral sehingga menyebabkan surfaktan dapat diadsorpsi pada antar muka udara-air, minyak-air dan zat padat-air. Lapisan tunggal gugus hidrofilik terbentuk pada fase air dan rantai hidrokarbon ke udara, dalam kontak dengan zat padat ataupun terendam dalam fase minyak dan *kedua*, bagian non polar yang suka akan minyak/lemak (lipofilik) yang merupakan rantai alkil yang panjang, sementara bagian yang polar (hidrofilik) mengandung gugus hidroksil. Aktivitas surfaktan diperoleh karena sifat ganda dari molekulnya.



Gambar 3. Molekul Surfaktan (Purwanto & Slamet 2006).

Sifat surfaktan adalah mampu menurunkan tegangan permukaan, tegangan antar muka, meningkatkan kestabilan partikel yang terdispersi dan mengontrol jenis formulasinya seperti o/w (*oil in water*) atau w/o (*water in oil*). Surfaktan juga dapat terserap ke dalam permukaan partikel minyak atau air sebagai penghalang sehingga mengurangi atau menghambat penggabungan (*coalescence*) dari partikel yang terdispersi (Rieger 1985). Sifat-sifat tersebut dapat diperoleh karena sifat ganda dari molekulnya. Berdasarkan muatannya surfaktan dibagi menjadi empat golongan yaitu:

3.2.1 Surfaktan anionik. Surfaktan anionik yaitu surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada suatu anion. Contohnya adalah garam alkana sulfonat, garam olefin sulfonat, garam sulfonat asam lemak rantai panjang.

3.2.2 Surfaktan kationik. Surfaktan kationik yaitu surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada suatu kation. Contohnya garam alkil trimethyl ammonium, garam dialkil-dimethyl ammonium dan garam alkil dimethyl benzil ammonium.

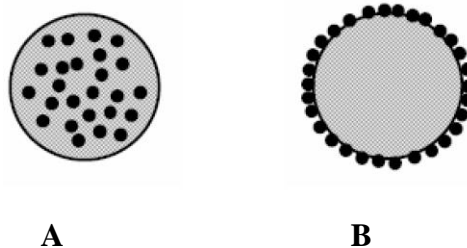
3.2.3 Surfaktan nonionik. yaitu surfaktan yang bagian alkilnya tidak bermuatan. Contohnya ester gliserin asam lemak, ester sorbitan asam lemak, ester sukrosa asam lemak, polietilena alkil amina, glukamina, alkil poliglukosida, mono alkanol amina, dialkanol amina dan alkil amina oksida.

3.2.4 Surfaktan amfoter. Surfaktan amfoter yaitu surfaktan yang bagian alkilnya mempunyai muatan positif dan negatif. Contohnya surfaktan yang mengandung asam amino, betain, fosfobetain.

4. Prosedur Pembuatan Nanokapsul

Pembuatan nanopartikel yang menggunakan polimer dapat diklasifikasi menjadi dua tipe, pertama nanopartikel dibentuk bersamaan dengan polimernya menggunakan reaksi polimerisasi, kedua polimer dibuat terpisah untuk selanjutnya digunakan untuk membuat nanopartikel (Swarbrick 2007). Pembuatan nanopartikel dengan reaksi polimerisasi telah dikembangkan untuk polimer seperti poli (metilmetakrilat) (PMMA), poli (alkilsianoakrilat) (PACA), dan poli (metilidenmanolat) (PMM). Monomer yang tidak larut air didispersikan dalam fase air kemudian polimerisasi diinduksi dan dikendalikan dengan penambahan inisiator kimia atau dengan variasi dalam parameter fisik seperti pH, penggunaan radiasi sinar gamma dan surfaktan sebagai penstabil.

Senyawa obat akan terjerat dalam dinding polimer ketika ditambahkan ke dalam medium polimerisasi atau diabsorpsi pada permukaan partikel yang sudah terbentuk (Delie & Blanco 2005) (Gambar 4).



Gambar 4. Perbandingan antara obat yang terjerat dalam polimer (A) dan yang teradsorpsi di permukaan partikel (B) (Delie & Blanco 2005).

Pembuatan nanopartikel menggunakan polimer, berdasarkan pada pembentukan endapan. Prinsipnya larutan organik yang mengandung polimer diemulsikan dalam fase air dengan atau tanpa surfaktan. Pelarut organik dihilangkan dengan berbagai macam cara seperti penguapan, difusi atau *salting out* dengan disertai pengadukan hingga terbentuk partikel (Delie & Blanco 2005).

4.1 Metode Penguapan Pelarut. Polimer dilarutkan dalam pelarut organik, seperti diklorometan, kloroform atau etil asetat. Zat aktif dilarutkan atau didispersikan dalam fase organik tersebut, dan campuran yang didapat kemudian diemulsikan dalam air untuk membentuk emulsi fase organik dalam fase air, misalnya emulsi dengan menggunakan surfaktan atau emulgator seperti gelatin, PVA, polisorbit-80, poloksamer-188 dan lainnya. Terbentuknya emulsi yang stabil, pelarut organik diuapkan baik dengan meningkatkan temperatur atau pengadukan yang kontinu. Metode emulsi ganda telah digunakan untuk membuat nanopartikel yang berisi obat yang larut air. Kedua metode tersebut menggunakan homogenisasi dengan kecepatan tinggi atau sonikasi (Soppimath *et al.* 2001). Prosedur tersebut hanya dapat digunakan dalam skala lab, karena untuk produksi skala besar diperlukan metode alternatif yang menggunakan emulsifikasi dengan energi rendah.

4.2 Metode Emulsifikasi Spontan/Difusi Pelarut. Metode emulsifikasi spontan/difusi pelarut, fase minyak yang digunakan adalah campuran dari 2 pelarut organik yang bercampur air seperti etanol/aseton atau methanol/aseton, dan campuran pelarut yang dapat larut air dengan pelarut organik yang tidak larut air seperti aseton/diklorometan atau aseton/kloroform. Alternatif ini mencegah agregasi partikel bahkan dalam fase organik yang mengandung polimer dalam konsentrasi tinggi, yang mengakibatkan peningkatan hasil sehingga tepat digunakan untuk skala industri. Kelebihan lainnya adalah penggunaan dari pelarut berbahaya seperti diklorometan dapat dihindari, proses pemurnian dapat disederhanakan dengan menggunakan teknik ultrafiltrasi. Prosedur yang digunakan terdiri dari 3 tahap, yaitu *quasi emulsification* (pelarut polimer dalam alcohol/aseton dan pembentukan emulsi dalam air), pemurnian (menggunakan

ultrafiltrasi) dan proses kering-beku (Murakami *et al.* 1999). Metode ini adalah hasil modifikasi lanjutan dari penguapan pelarut.

4.3 Pembuatan Nanopartikel dengan Teknologi Cairan Superkritis.

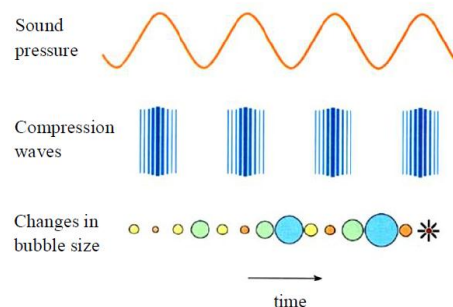
Cairan superkritis menjadi metode alternatif yang cukup efektif, karena cairan ini merupakan pelarut yang ramah lingkungan dan dapat menghasilkan partikel yang memiliki kemurnian tinggi dan tanpa adanya pelarut yang tersisa. Umumnya prosedur yang dilakukan adalah bahan nanopartikel dilarutkan dalam cairan superkritis dibawah tekanan yang sangat tinggi kemudian larutan tersebut disemprotkan melalui *nozzle*. Penyemprotan akan mengakibatkan tekanan cairan superkritis menurun, hal ini menyebabkan kemampuan cairan superkritis untuk melarutkan berkurang drastis sehingga partikel-partikel kecil akan mengendap seketika. Kelebihan lain dari penggunaan cairan superkritis adalah proses pembentukan partikel yang sangat kecil sehingga ukuran partikel yang dihasilkan sangat kecil (Soppimath *et al.* 2000).

4.4 Metode *Spray-drying*. Cara lain pembuatan nanopartikel dengan menggunakan polimer melalui metode *Spray-drying* yaitu obat dilarutkan atau didispersikan ke dalam pelarut organik yang mengandung polimer, kemudian disemprotkan dalam aliran udara panas. Pelarut akan segera menguap dan nanopartikel yang kering dapat diperoleh (Delie & Blanco 2005).

4.5 Metode Emulsifikasi. Metode emulsifikasi merupakan metode penggabungan antara dua atau lebih fluida yang immiscible (tidak tercampur secara sempurna) (Hielscher 2005). Emulsi terdapat dua fasa atau lebih, misalnya fasa air dan minyak. Fluida fasa pertama akan terdispersi dalam fluida fasa kedua dan membentuk koloid. Emulsi air dalam minyak terbentuk ketika partikel air disebarkan (didispersikan) dalam minyak. Emulsi minyak dalam air terbentuk ketika partikel minyak disebarkan (didispersikan) dalam air, hal ini tergantung dari perbandingan volume antar kedua fasa tersebut. Produk industri banyak yang merupakan emulsi minyak dalam air (o/w) atau air dalam minyak (w/o), diantaranya susu (o/w), mentega (w/o), cat latex (o/w), bahan dasar lantai (o/w), dan berbagai produk kosmetik dan medis. Emulsifikasi berjalan efektif apabila terdapat pengemulsi atau surfaktan (surface active substance) dalam proses tersebut (Sudaryanto *et al.* 2007).

4.6 Metode Sonikasi. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang longitudinal yang memiliki frekuensi 20 kHz ke atas. Gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik, sehingga membutuhkan medium untuk merambat sebagai interaksi dengan molekul. Medium yang digunakan antara lain padat, cair dan gas (Tipler 1990). Penggunaan gelombang ultrasonik (sonikasi) dalam pembentukan materi berukuran nano sangatlah efektif. Gelombang ultrasonik banyak diterapkan pada berbagai bidang antara lain dalam instrumentasi, kesehatan dan sebagainya. Salah satu yang terpenting dari aplikasi gelombang ultrasonik adalah pemanfaatannya dalam menimbulkan efek kavitasi akustik. Efek ini akan digunakan dalam pembuatan bahan berukuran nano dengan metode emulsifikasi (Nakahira 2007).

Gelombang ultrasonik akan menjalar pada fluida sehingga terjadi siklus rapatan dan regangan. Tekanan negatif yang terjadi ketika regangan menyebabkan molekul dalam fluida tertarik dan terbentuk kehampaan, kemudian membentuk gelembung yang akan menyerap energi dari gelombang suara sehingga dapat memuai. Gelembung beresilasi dalam siklus rapatan dan regangan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Proses rapatan dan regangan dalam kaitannya dengan osilasi kavitasi (Hapsari 2009).

Sejumlah energi berdifusi masuk atau keluar gelembung pada saat osilasi. Energi masuk terjadi ketika regangan dan keluar ketika rapatan, energi yang keluar lebih kecil daripada energi yang masuk, sehingga gelembung memuai sedikit demi sedikit selama regangan kemudian menyusut selama rapatan. Ukuran kritis gelembung ini disebut ukuran resonan yang tergantung pada fluida dan frekuensi suara. Gelembung tidak dapat lagi menyerap energi secara efisien tanpa

energi input, gelembung tidak dapat mempertahankan dirinya, fluida di sekitarnya akan menekannya dan gelembung akan mengalami ledakan hebat, yang menghasilkan tekanan sangat besar hingga dianalogkan dengan tekanan di dasar lautan dan suhu yang sangat tinggi dianalogkan dengan suhu pada permukaan matahari. Gelembung ini disebut gelembung kavitasi.

Fenomena kavitasi ini terjadi pada satu titik dalam fluida. Tekanan dalam kavitasi diubah menjadi panas dengan cepat, sedangkan fluida di sekitar kavitasi memiliki suhu yang jauh lebih rendah. Lepasnya energi panas saat kavitasi pecah, fluida di sekitarnya akan sangat cepat mendingin dalam waktu kurang dari mikrosekon. Pemanasan dan pendinginan dalam waktu yang singkat ini memiliki kecepatan perubahan suhu 10^9 °C/s. Aliran turbulen dan gelombang kejut akibat kavitasi menyebabkan terjadinya tumbukan antar partikel dan pemanasan lokal pada titik tumbukan (Suslick 1994).

5. Sifat fisik nanokapsul minyak biji mahoni

Sediaan nanopartikel yang telah dibuat dilakukan evaluasi untuk menentukan karakteristik nanokapsul yang telah terbentuk diantaranya penentuan ukuran partikel (PSA) dan indeks polidispersitas, *zeta potential* (ZP), *transmission electron microscopy* (TEM) (Musmade *et al.* 2013), organoleptis yang meliputi warna, bau, kejernihan, homogenitas, pemisahan fase dan persen transmittan.

5.1 Uji organoleptis. Pengujian organoleptis adalah pengujian didasarkan dengan proses penginderaan. Evaluasi organoleptis nanokapsul dilakukan dengan mengamati warna, bau, kejernihan, homogenitas dan pemisahan fase (Lawrence & Ress 2000). Nanokapsul yang stabil ditandai dengan tidak terjadinya pemisahan fase, jernih, homogen dan tidak berbau tengik.

5.2 Ukuran Partikel dan Distribusi Partikel. Ukuran partikel mempengaruhi secara langsung terhadap keunikan sifat dari nanopartikel, karena itu penentuan ukuran dan distribusi ukuran nanopartikel harus dilakukan. Penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel memiliki banyak keuntungan dibandingkan mikropartikel sebagai sistem penghantaran obat. Ukuran nanopartikel yang diharapkan dalam pembuatannya adalah <1000 nm. Umumnya nanopartikel dapat mencapai target biologis dalam jumlah yang lebih besar jika

dibandingkan dengan mikropartikel. Nanopartikel juga dilaporkan dapat melintas sawar darah otak (Jahanshahi & Babaei 2008). Pengukuran partikel dilakukan dengan *Particle Size Analyzer* (PSA). Pengukuran partikel menggunakan PSA biasanya menggunakan metode basah, metode ini menggunakan media pendispersi untuk mendispersikan material uji. Analisis ini dinilai lebih akurat dibandingkan dengan metode kering atau pengukuran partikel dengan metode ayakan dan analisa gambar. Persyaratan parameter ini adalah partikel mempunyai ukuran 50-1000 nm dan stabil pada periode waktu tertentu (Muller *et al.* 2000).

5.3 Zeta Potensial. Zeta potensial dari sebuah nanopartikel biasanya digunakan untuk mengkarakterisasi sifat muatan permukaan yang berkaitan dengan interaksi elektrostatis nanopartikel. Nanopartikel memiliki muatan permukaan yang menarik lapisan tipis ion muatan yang berlawanan dengan permukaan nanopartikel. Lapisan ganda ion bersama dengan nanopartikel berdifusi seluruh solusi (Sinko 2012).

Zeta potensial adalah ukuran permukaan muatan partikel yang tersebar dalam kaitannya dengan medium pendispersi. Partikel harus memiliki muatan atau zeta potensial yang tinggi dibanding dengan medium pendispersi untuk mencegah agregasi. Kekuatan tolak menolak yang dibawa oleh muatan ion serupa pada partikel permukaan akan mencegah gaya tarik menarik yang ditentukan oleh ikatan hidrogen dan ikatan van der Waals. Zeta potensial yang dikendalikan akan didapatkan kondisi yang ideal untuk terjadi agregasi (Vaughn & Williams 2007).

Sampel ideal analisis potensial zeta memiliki ukuran yang relatif seragam. Konsentrasi yang tinggi secara efektif menghamburkan cahaya 650 nm. Memiliki konsentrasi garam yang rendah (konduktivitas < 1 mS/cm), dan tergantung pada dispersant kutub partikulat (misalnya air kemurnian tinggi) (Ronson 2012).

Potensial listrik pada batas lapisan ganda dikenal sebagai potensial zeta dari partikel dan memiliki nilai-nilai yang biasanya berkisar dari 100 mV sampai -100 mV. Besarnya potensi zeta dapat memprediksi stabilitas koloid. Nanopartikel dengan nilai potensi zeta lebih besar dari +25 mV atau kurang dari -25 mV biasanya memiliki derajat stabilitas tinggi. Dispersi dengan nilai potensial zeta rendah akan menghasilkan agregat karena atraksi Van Der Waal antarpartikel

(Ronson 2012). Teknik ini menjelaskan tegangan dialirkan di sepasang elektroda pada kedua ujung sel yang mengandung dispersi partikel. Partikel bermuatan tertarik ke elektroda yang memiliki muatan sebaliknya kecepatan mereka diukur dan dinyatakan dalam satuan kekuatan medan mobilitas elektroforesis. Suspensi siap diencerkan dalam Milli-Q air dan ditempatkan dalam sel pengukuran untuk analisis.

5.4 Persen Transmitan. Jumlah frekuensi yang melewati senyawa (yang tidak diserap) akan diukur sebagai persen transmitan. Pengujian ini memanfaatkan aktivitas pemendaran cahaya oleh partikel akibat efek *Tyndall-Faraday*. Persen transmitan dilakukan untuk mengukur kejernihan nanokapsul yang terbentuk. Pengukuran persen transmitan merupakan salah satu faktor penting dalam melihat sifat fisik nanokapsul yang terbentuk. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 650 nm dan aquadest sebagai blanko. Jika hasil persen transmitan sampel mendekati persen transmitan *aquadest* yakni 100%, maka sampel tersebut memiliki kejernihan atau transparansi yang mirip dengan *aquadest* (Thakkar *et al.* 2011).

5.5 TEM (*Transmission Electron Microscopy*). Morfologi nanokapsul dievaluasi dengan TEM (*Transmission Electron Microscopy*). TEM adalah teknik mikroskop dengan elektron yang ditransmisikan melalui spesimen ultra tipis, berinteraksi dengan spesimen dan dilewatkan. Informasi tentang sifat pelepasan obat diperoleh dari bentuk dan keadaan permukaan nanopartikel yang diketahui dari mikroskop elektron pemindai (*Scanning Electron Microscopy/SEM*), mikroskop elektron transmisi (*Transmission Electron Microscopy/TEM*), dan mikroskop daya atom (*Atomic force microscopy*) (Haskell 2006). Analisis TEM dapat melihat perbesaran dengan resolusi tinggi diatas 50.000 kali (Wahyono, 2010).

6. Stabilitas fisik nanokapsul

Stabilitas fisik yang baik mempunyai waktu paruh dan dapat bertahan dalam jangka panjang. Stabilitas nanokapsul dapat dilihat melalui tidak terjadinya perubahan tampilan, warna, bau dan sifat fisik lainnya. Beberapa bentuk ketidakstabilan emulsi yaitu flokulasi, *creaming*, sedimentasi, *coalescence*, dan

Ostwald ripening (McClements dan Rao, 2011). Darole *et al.* (2008) mengemukakan bahwa pengujian stabilitas fisik nanoemulsi dapat dilakukan dengan pengujian sentrifugasi dan *freeze-thaw cycle*.

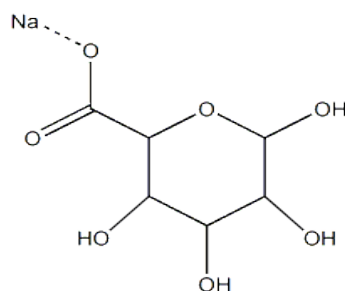
6.1 Uji Sentrifugasi. Sediaan diuji sentrifugasi dengan kecepatan 3750 rpm selama lima jam setara dengan efek gravitasi yang ditimbulkan selama satu tahun (Lachman *et al.* 1994). Uji bertujuan untuk mengetahui efek guncangan pada saat produk akan didistribusikan. Sediaan dikatakan stabil dan dilanjutkan uji *freeze-thaw cycle* jika setelah sentrifugasi tidak terjadi pemisahan fase, tidak mengendap, jernih dan transparan.

6.2 Uji *freeze-thaw cycle*. Pencairan pembekuan dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas formulasi. Uji stabilitas fisik dilakukan dengan metode *freeze-thaw cycle*. *Freeze-thaw cycle* dilakukan dengan cara disimpan pada suhu 4°C selama 24 jam kemudian dipindahkan ke suhu 40°C selama 24 jam, proses tersebut dihitung 1 siklus. Pengujian stabilitas fisik dilakukan selama 6 siklus (Wiguna 2016). Uji ini bertujuan untuk menginduksi kestabilan karena kondisi penyimpanan yang ekstrim. Uji ini dilakukan untuk mengamati perubahan dalam stabilitas seperti pemisahan fase, inversi, agregasi, *creaming*, *coalescence* maupun *ostwald ripening* dari sediaan nanokapsul tersebut.

E. Studi Preformulasi

1. Natrium Alginat

Natrium alginat telah digunakan untuk nanopartikel dan mikroenkapsulasi obat dengan karakter tidak berbau dan tidak berasa, bubuk berwarna putih pucat kekuningan coklat (Rowe *et al.* 2009). Natrium alginat terdiri dari garam natrium dari asam alginat merupakan keluarga polisakarida hasil ekstraksi dari kelompok alga coklat yang disebut *Alginophyt*, yaitu kelompok dari *Phaeophyceae* yang menghasilkan alginat, antara lain *Macrocystis Ecklonia*, *Fucus*, *Lessoniadan Sargassum* yang terdiri dari asam α -L-guluronat dan residu asam β -D-manuronat (Aslan 1991). Rumus molekul dari natrium alginat adalah $(C_6H_7O_6Na)$ (Yunizal 2004) seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Struktur natrium alginat (Yunizal 2004).

Alginat adalah anionik, polimer biodegradabel dan biokompatibel digunakan untuk sistem pengiriman mikrosfer dan liposom serta berpotensi digunakan dalam sistem pemberian oral mikro atau nanopartikel. Alginat dalam farmasi industri dimanfaatkan untuk pelepasan obat terkontrol. Alginat adalah agen bermuatan negatif yang cocok dan dapat berinteraksi dengan kitosan yang bermuatan positif (Yurdasiper *et al.* 2012). Formulasi tablet, natrium alginat digunakan sebagai pengikat dan disintegran. Sediaan oral natrium alginat juga digunakan dalam sediaan oral lepas terkendali karena dapat menghambat pelepasan obat dalam tablet dan suspensi dalam air. Formulasi topikal, natrium alginat digunakan sebagai pengental dan pensuspensi pada berbagai sediaan pasta, krim dan gel serta juga sebagai penstabil pada sistem emulsi minyak dalam air. Karakteristik dari natrium alginat dapat dilihat pada Tabel 3 (Chapman 1980a, 1980b).

Tabel 2. Karakteristik Natrium Alginat (Chapman 1980a,1980b).

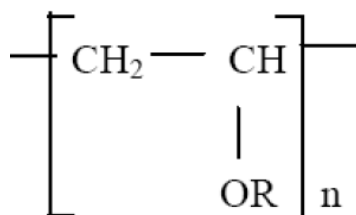
No	Spesifikasi	Kandungan
1.	Kadar air (%)	13
2.	Kadar abu (%)	23
3.	Berat jenis (%)	1,59
4.	Warna	Gading
5.	Densitas (kg/m ³)	874
6.	Suhu Pengabuan (°C)	480
7.	Panas pembakaran (kalori/gram)	2,5

2. PVA (Polivinil Alkohol)

Polimer berasal dari bahasa Yunani, yaitu *poly* berarti banyak dan *meros* berarti bagian atau unit. Istilah polimer digunakan untuk mendeskripsikan zat yang berat molekulnya tinggi. Jenis polimer yang bersifat *biodegradable* dan *biocompatible* banyak dikembangkan untuk enkapsul. Polimer *biodegradable*

selain dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah didalam lingkungan, polimer tersebut banyak dikembangkan peneliti sebagai penyalut (Preeti *et al.* 2003).

PVA (Polivinil Alkohol) merupakan salah satu polimer yang larut dalam air dan memiliki kemampuan membentuk serat yang baik, biokompatibel, memiliki katahanan kimia, dan biodegradable.



Gambar 7. Struktur Polivinil Alkohol (Mifflin 2009).

Pemanfaatan polimer hidrofilik seperti *polyvinyl Alcohol* (PVA) dan *polyvinyl Pirrolidon* (PVP) sebagai bahan biomaterial menarik perhatian penting dikarenakan tidak toksik, non-karsinogenik dan dengan biokompatibilitas yang tinggi, sehingga banyak digunakan di berbagai bidang antara lain bidang medis dan farmasi.

Tabel 3. Karakter Fisik dari Polivinil Alkohol (Nasrullah 2005).

Karakter	Nilai
Densitas	1,19-1,31 g/cm ³
Titik leleh	180-240° C
Titik didih	228°C
Suhu penguraian	180°C

PVA berfungsi sebagai surfaktan yang membuat emulsi berjalan efektif. Gugus hidroksi dari PVA yang bersifat polar akan berikatan dengan molekul air, sedangkan rantai vinilnya yang bersifat nonpolar akan berikatan dengan molekul kloroform sehingga emulsi menjadi lebih stabil. Sifat mekanik dari PVA merupakan sifat menarik terutama dalam preparasi hydrogel. PVA memiliki struktur kimia yang sederhana dengan gugus hiroksil yang tidak beraturan. Monomernya, yatu vinil alkohol tidak berada dalam bentuk stabil, tetapi berada dalam keadaan tautomer dengan asetaldehid (Perwitasari 2012).

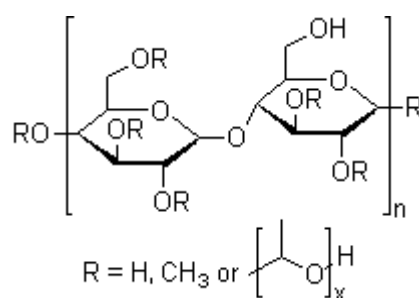
Penelitian Israni (2012) mengemukakan bahwa untuk membuat mikrokapsul digunakan polivinil alkohol sebesar 1-3% sebagai zat pengkapsul.

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan menggunakan konsentrasi pengemulsi sebagai konsentrasi penyalut.

3. Hidroksipropil metilselulosa (HPMC)

Sinonim dari HPMC adalah *hypromellose*, *methocel*, *hydroxypropil methylcellulose*, *metolose*, *pharmacoat*. Rumus kimia HPMC adalah $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2$ dengan pemerian berupa serbuk hablur putih, tidak berasa, tidak berbau. Bahan matrik yang dapat mengendalikan pelepasan kandungan obat pada matrik ke dalam medium pelarut HPMC dapat membentuk lapisan hidrogel yang kental pada sekeliling sediaan saat kontak dengan cairan medium pelarut. HPMC dalam sediaan lepas lambat dapat berfungsi sebagai bahan penyalut tablet, granul, sebagai matrik, atau kombinasi dari metode-metode tersebut (Siswanto 2006).

Sifat merekat HPMC apabila sediaan menggunakan bahan pelarut organik dan meningkatnya konsentrasi mengakibatkan sediaan menjadi lebih kental dan merekat. Daya larutnya yaitu dapat larut dalam air dingin, membentuk satu larutan koloid, tidak dapat larut di dalam kloroform, etanol 95% dan eter tetapi dapat larut dalam campuran etanol dan diklormetan, campuran metanol dan diklormetan, dan campuran alkohol dan air. HPMC bersifat tidak beracun dan non iritasi, jika dikonsumsi oral secara berlebihan memiliki efek laksatif (Rowe *et al.* 2006). HPMC konsentrasi 2-4% digunakan sebagai agen peningkat viskositas (Wide & Waller 1994).

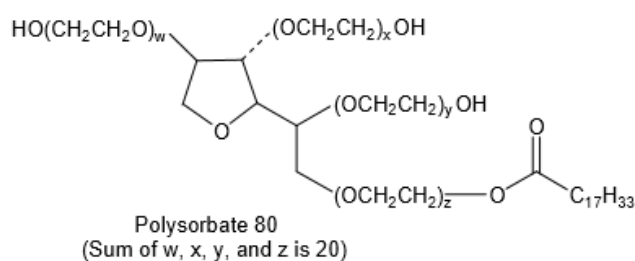


Gambar 8. Struktur HPMC (Rowe *et al.* 2009)

4. Tween 80

Tween 80 merupakan surfaktan nonionik karena tidak memiliki muatan saat berada dalam air. Tween 80 adalah ester asam lemak polioksietilen sorbitan, dengan nama kimia polioksietilen 20 sorbitan monooleat. Gugus hidrofilik karena

berada pada strukturnya menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen dengan air (Myers 2006). Tween 80 berwujud cair, berwarna kekuningan dan berminyak, memiliki aroma yang khas, dan berasa pahit pada suhu 25°C. Kelarutan : sangat mudah larut dalam air dan etanol, larutan tidak berbau dan praktis tidak berwarna, dalam etil asetat, tidak larut dalam minyak mineral, mempunyai bobot jenis antara 1,06 dan 1,09 dan kekentalan antara 300 dan 500 sentistokes pada suhu 25 °C. Berat molekul tween 80 adalah 1310 (Rowe *et al.* 2009). Rumus molekulnya adalah $C_{64}H_{124}O_{26}$ (Gambar 7).



Gambar 9. Struktur kimia Tween 80 (Rowe *et al.* 2009).

Tween 80 memiliki toksisitas yang rendah dengan LD_{50} pada tikus sebesar 25 gram/KgBB sehingga sering digunakan untuk penggunaan oral maupun parenteral. Surfaktan dengan golongan nonionik yang bersifat tidak beracun merupakan molekul yang diabsorpsi oleh permukaan partikel untuk mencegah terjadinya gumpalan. Tween 80 secara luas digunakan dalam produk kosmetik dan makanan. Kegunaan Tween 80 antara lain sebagai: zat pendispersi, emulgator, dan peningkat kelarutan, pensuspensi dan pembasah (Rowe *et al.* 2009).

Pembuatan nanokapsul dibutuhkan tween 80 sebagai stabilizer untuk meningkatkan stabilitas. Penelitian yang dilakukan oleh sutriyo *et al.* (2004) konsentrasi tween yang digunakan sebagai larutan pengemulsi adalah konsentrasi 2% b/v. Konsentrasi lain yang digunakan adalah dengan ragam konsentrasi 1%, 2%, 3% dalam pelarut air (Sugita *et al.* 2010).

F. Landasan Teori

Mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) termasuk tumbuhan tropis dari famili *Meliaceae* yang berasal dari Hindia Barat, banyak ditemukan tumbuh liar di

hutan jati, ditanam di tepi jalan sebagai pohon peneduh. Kandungan yang terdapat pada buah mahoni di antaranya adalah saponin dan flavonoid yang bermanfaat sebagai pengobatan yaitu obat kencing manis, tekanan darah tinggi, encok, eksim, peluruh lemak, dan masuk angin, antikanker dan antidiare (Rasyad *et al.* 2012).

Biji mahoni memiliki kandungan minyak sekitar 52,50%, tidak mengandung asam lemak esensial sehingga tidak mempunyai nilai nutrisi dan merupakan minyak non pangan. Kandungan minyak biji mahoni lebih besar dari kandungan minyak biji jarak pagar sekitar 30-50%. Komposisi asam lemak pada minyak biji mahoni adalah asam stearat (10,41%), asam palmitat (21,39%), asam oleat (64,62%) dan asam-asam lain (3,58%) (Daryono *et al.* 2014).

Keterkaitan kandungan minyak biji mahoni yang cukup tinggi yang dapat dimanfaatkan bagi kesehatan manusia maka dikembangkan minyak biji mahoni dalam industri farmasi dengan menggunakan teknologi formulasi berupa nanokapsul. Teknologi nanokapsul telah banyak dikembangkan untuk meningkatkan bioavailabilitas dari berbagai obat dengan kelarutan dalam air yang rendah. Penelitian nanokapsul dapat menghasilkan sifat-sifat seperti yang diharapkan yaitu penyimpanan yang lebih baik dan memberikan perlindungan terhadap komponen bioaktif seperti vitamin, antioksidan, protein dan lipid, sehingga dapat meningkatkan sifat-sifat fungsional dan stabilitasnya (Carvajal *et al.* 2010).

Enkapsulasi adalah suatu proses yang membutuhkan satu atau lebih material dilapisi oleh material lain, baik materi yang dilapisi maupun yang melapisi kebanyakan merupakan cairan, tapi bisa juga merupakan beberapa partikel gas. Menurut Ezhilarasi (2012) mikroenkapsulasi memiliki diameter partikel 3 sampai 800 μm , sedangkan nanokapsul adalah partikel dengan ukuran diameter mulai dari 10 sampai 1.000 nm. Komponen pembuatan nanokapsul adalah polimer. Jenis polimer yang sedang banyak dikembangkan saat ini adalah polimer dengan sifat biodegradabel yang baik. Polimer biodegradabel selain mampu menyelesaikan masalah lingkungan, belakangan ini telah banyak dikembangkan juga sebagai penyalut obat (Preeti *et al.* 2003).

Penelitian ini menggunakan polimer *bidegradable*, misalnya PVA yang merupakan suatu polimer sintetik yang memiliki sifat larut air dan nontoksik. PVA juga mempunyai permeabilitas oksigen yang baik dan tidak bersifat imunogenik. Polimer lain yang digunakan adalah Na-Alginat dan HPMC dengan variasi konsentrasi yang berbeda. Pemilihan komponen yang digunakan berperan dalam pembentukan sediaan nanokapsul yang memiliki sifat dan stabilitas fisik yang baik. Komponen lain misalnya Surfaktan dalam nanokapsul berperan dalam menstabilkan tegangan antarmuka yang terjadi akibat difusi spontan saat pencampuran dua fase (Schramm 2000).

Surfaktan ditambahkan untuk menurunkan tegangan permukaan antara dua fase diantaranya surfaktan golongan nonionik yaitu tween 80 digunakan untuk *emulsifying* dengan sifat non iritatif. Komponen terakhir menggunakan zat aktif yaitu minyak biji mahoni dalam membuat nanokapsul untuk meningkatkan bioavailabilitas zat aktif dan melindungi pengaruh dari luar. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nanokapsul yang memenuhi syarat dengan variasi konsentrasi dari polimer Polivinil Alkohol, Na-Alginat dan HPMC dengan penambahan surfaktan tween 80. Komponen dalam pembuatan nanokapsul tersebut dikombinasi dengan metode emulsi sonikasi yang dapat membantu memisahkan penggumpalan partikel (*agglomeration*).

Metode emulsifikasi sonikasi merupakan proses pendispersian suatu cairan dalam cairan lain, yang molekul-molekul cairan tersebut tidak saling bercampur. Teknik paling efektif dalam pencampuran, proses reaksi, dan pemecahan bahan dengan bantuan interaksi gelombang ultrasonik dengan molekul yang terjadi melalui media cairan (Pirrung 2007). Parameter yang digunakan untuk mengetahui karakteristik nanokapsul minyak biji mahoni diantaranya ukuran partikel, potensial zeta, persen transmitan dan TEM (*Transmission Electron Microscopy*). Ukuran partikel dan distribusi ukuran adalah karakteristik yang utama dari sediaan nanopartikel, ukuran untuk nanokapsul berkisar antara 1-500 nm dengan distribusi ukuran mendekati 0,1. Zeta potensial adalah sifat muatan permukaan yang berkaitan dengan interaksi elektrostatik nanopartikel, dimana hasil dari zeta potensial memiliki nilai ± 25 mV. Hasil persen transmitan sampel

tersebut memiliki kejernihan yang menyerupai dengan air serta TEM untuk mengetahui morfologi dan distribusi ukuran sampel.

Sediaan nanokapsul minyak biji mahoni yang stabil ialah sediaan yang memenuhi parameter sifat fisik yang ditentukan dan dapat mempertahankan sifat fisiknya selama masa penyimpanan seperti uji sentrifugasi untuk mengetahui pemisahan fase akibat gaya gravitasi. Uji *freeze-thaw cycle* untuk melihat adanya perubahan penampilan akibat perubahan suhu ekstrim selama proses uji. Pengamatan uji stabilitas *freeze-thaw cycle* dilakukan terhadap organoleptis dan persen transmitan pada masing-masing formula yang terpilih.

G. Hipotesis Penelitian

1. Minyak biji mahoni dapat dibuat dengan sediaan nanokapsul dengan metode emulsi sonikasi
2. Variasi jenis dan konsentrasi polimer PVA, Na-Alginat, HPMC dan tween 80 akan menghasilkan nanokapsul minyak biji mahoni.
3. Sediaan nanokapsul minyak biji mahoni stabil pada penyimpanan waktu tertentu.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Populasi dan Sampel

Populasi adalah setiap subjek (bisa berupa manusia, hewan uji, data laboratorium, dan lainnya) yang memenuhi karakteristik yang telah ditentukan (Sudigdo 1995). Populasi dan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah nanokapsul minyak biji mahoni yang dibuat variasi konsentrasi dan jenis polimer yaitu PVA (Polivinil Alkohol), Na-Alginat, HPMC (Hidroksipropil metilselulosa) dan surfaktan Tween 80. Biji mahoni diperoleh dari Pasar Gede, Surakarta yang dibeli pada bulan Oktober 2017.

B. Variabel Penelitian

1. Identifikasi variabel utama

Variabel utama pertama dari penelitian ini adalah formula minyak biji mahoni dari sonikasi yang dibuat dengan konsentrasi dan jenis polimer yang berbeda, waktu sonikasi dan karakterisasi nanokapsul dengan berbagai macam pengujian.

2. Klasifikasi variabel utama

Variabel utama yang telah diidentifikasi dapat diklasifikasikan ke dalam berbagai macam variabel yaitu variabel bebas, variabel kendali, dan variabel tergantung.

Variabel bebas adalah variabel yang sengaja diubah-ubah untuk dipelajari pengaruhnya terhadap variabel tergantung. Variabel bebas untuk penelitian ini adalah konsentrasi dan jenis polimer yang berbeda.

Variabel kendali adalah variabel yang mempengaruhi variabel tergantung, sehingga perlu ditetapkan kualifikasinya agar hasil yang diperoleh tidak tersebar dan dapat diulang oleh peneliti lain secara tepat. Variabel kendali dalam penelitian ini adalah proses pembuatan nanokapsul dengan metode emulsi sonikasi pada variasi konsentrasi dan jenis polimer yang digunakan.

Variabel tergantung adalah titik pusat permasalahan pilihan dalam penelitian ini. Variabel tergantung dalam penelitian ini adalah karakterisasi nanokapsul minyak biji mahoni antara lain penentuan ukuran partikel (PSA) dan nilai *polydispersity* (PDI), *zeta potential* (ZP), *transmission electron microscopy* (TEM) (Musmade *et al.* 2013). Persen transmittan, uji stabilitas fisik meliputi uji sentrifugasi dan uji *freeze-thaw cycle*.

3. Definisi operasional variabel utama

Biji tanaman mahoni (*Swietenia macrophylla* King) yang diperoleh dari Pasar Gede Surakarta, Jawa Tengah, kemudian di sortasi kering dan dikupas sehingga didapat biji mahoni berwarna putih. Dikeringkan dalam oven suhu 50°C selama 5 hari, dilakukan pengepresan biji mahoni yang sudah kering dengan press hidrolis di Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Zat aktif minyak biji mahoni dengan proposi kombinasi polimer PVA (Polivinil Alkohol), Na-Alginat (Natrium alginat), HPMC (Hidroksipropil metilselulosa) dan surfaktan Tween 80 dengan konsentrasi masing-masing proposi PVA 1% ; 1,5% ; 2% ; 2,5% ; 3%, Na-Alginat 0,2% ; 0,4% ; 0,6% ; 0,8% ; 1%, HPMC 0,1% ; 0,3% ; 0,6% ; 0,8% ; 1% dan proporsi Tween 80 3%.

Ukuran partikel dapat mempengaruhi muatan obat, pelepasan obat, dan stabilitas dari nanopartikel. Ukuran partikel pada nanokapsul adalah 1 – 500 nm. Proses pembuatan nanokapsul minyak biji mahoni dengan kombinasi metode emulsi sonikasi. Indeks polidispersitas adalah parameter penyebaran distribusi ukuran dari sistem nanopartikel. Zeta potensial merupakan prediktor yang baik dari fenomena glasi karena potensial zeta mengatur derajat tolak-menolak antara partikel-partikel yang terdispersi yang bermuatan sama dan saling berdekatan. *transmission electron microscopy* (TEM) adalah sinar elektron mengiluminasi spesimen dan menghasilkan gambar di atas layar fosfor, sampel yang disiapkan sangat tipis sehingga elektron dapat menembusnya.

Proses pembuatan nanokapsul minyak biji mahoni dengan kombinasi metode emulsifikasi dan sonikasi. Metode emulsifikasi merupakan proses pendispersian suatu cairan dalam cairan lain, yang molekul-molekul cairan tersebut tidak saling bercampur. Bahan pengemulsi mampu menurunkan tegangan antarmuka permukaan air dan minyak serta membentuk lapisan film pada

permukaan butiran-butiran fase terdispersinya dan memiliki keunikan struktur kimia yang mampu menyatukan dua senyawa berbeda polaritasnya. Pembuatan suatu emulsi, faktor penting yang harus diperhatikan adalah pemilihan bahan pengemulsi karena mutu dan kestabilan suatu emulsi dipengaruhi oleh bahan pengemulsi yang digunakan. Pengecilan ukuran partikel dari formula yang terbentuk dilakukan dengan bantuan proses sonikasi. Metode sonikasi yang menggunakan aplikasi gelombang ultrasonik dalam menimbulkan efek kavitasi akustik selama 2 menit.

C. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *magnetic stirrer*, (Thermo Scientific, China), analisis ukuran partikel dan zeta potensial (Malvern partical size characterization, Zetasizer Nano Series, UK), sonikator tipe *bath* (Krisbow), Alat gelas laboratorium (Pyrex, Jepang) dan non gelas yang terdapat di laboratorium, *Transmission Electron Microscopy* (TEM) (Jeol, JEM 1400. Japan), sentrifugator (Centrifuge PLC Series), neraca analitik (Ohaus, USA), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 2450).

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Minyak biji mahoni, Natrium Alginat (Na-Alginat), Polivinil Alkohol (PVA), Hidroksipropil metilselulosa (HPMC) (Cipta Kimia, Surakarta), Tween 80 (PT. Bratachem, Indonesia), aquadestilata (PT. Bratachem, Indonesia).

D. Jalannya Penelitian

1. Determinasi tanaman

Sampel tanaman mahoni ditetapkan kebenarannya dengan mencocokkan ciri-ciri morfologi yang ada pada tanaman mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) yang dibuktikan di Laboratorium Biologi, FMIPA, Universitas Sebelas Maret bertujuan untuk menghindari kesalahan dalam pengumpulan bahan dengan tanaman lain yang sejenis.

2. Pembuatan minyak biji mahoni

Biji mahoni sebanyak 2,5 kg dikupas dan diperoleh biji mahoni yang berwarna putih, dikeringkan pada oven selama 5 hari pada suhu 50°C. Biji mahoni yang telah kering dibungkus dengan kain putih ke dalam rangkaian alat pengepresan hidrolis, disaring dengan kertas saring minyak biji mahoni untuk menghilangkan kotoran yang masih terbawa kemudian disimpan pada botol kaca gelap.

3. Identifikasi minyak biji mahoni

3.1 Penentuan bobot jenis. Berat jenis adalah perbandingan dari volume minyak dengan berat air yang volumenya sama pada suhu tertentu. Standar mutu minyak kedelai bobot jenis 25°C yaitu 0,916-0,922 g/ml sama dengan minyak jarak karena minyak biji mahoni tergolong minyak nabati tidak mengering yang berguna untuk pengobatan dan bahan bakar alternatif. Pengukuran berat jenis minyak adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis minyak} = \frac{(\rho_2 - \rho_0)}{(\rho_1 - \rho_0)} \times \text{Bobot jenis air}$$

Keterangan : ρ_0 = Bobot pikno kosong

ρ_1 = Bobot pikno + air

ρ_2 = Bobot pikno + minyak

3.2 Penetapan bilangan Asam. Angka asam dinyatakan sebagai jumlah milligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak (Ketaren 1986). Angka asam yang besar menunjukkan asam lemak bebas yang berasal dari hidrolisa minyak ataupun karena proses pengolahan yang kurang baik. Standar mutu bilangan asam minyak kedelai adalah maksimal 3 mg KOH/g (Ketaren 1986). Angka asam yang tinggi maka semakin rendah kualitas dari minyak (Sudarmadji *et al.* 1997).

Prosedur, minyak yang akan diuji ditimbang 10-20 gram di dalam Erlenmeyer 200 ml. ditambahkan 50 ml alkohol netral 95%, kemudian dipanaskan selama 10 menit dalam penangas air sambil diaduk. Larutan ini kemudian dititrasi dengan KOH 0,1 N dengan indikator larutan phenolphthalein 1 persen. Setelah dihitung jumlah milligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak

bebas dalam 1 gram minyak. Penetapan bilangan asam dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Rumus} = \frac{A \times N \times 56,1}{\text{gram}}$$

A = jumlah ml KOH untuk titrasi

N = normalitas larutan KOH

G = bobot minyak (gram)

56,1 = ketetapan bobot molekul KOH

3.3 Penetapan bilangan penyabunan. Bilangan penyabunan adalah jumlah milligram kalium hidroksida yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 gram sampel minyak. Minyak yang disusun oleh asam lemak berantai C pendek mempunyai berat molekul relatif kecil, akan mempunyai angka penyabunan yang besar dan sebaliknya minyak dengan berat molekul besar mempunyai angka penyabunan relatif kecil. Standar mutu bilangan penyabunan minyak kedelai yaitu minimal 190 mg KOH/g. Bilangan penyabunan menunjukkan tingkat derajat hidrolisa lemak (Ketaren 1986).

Prosedur, sampel minyak disaring dengan kertas saring untuk membuang bahan asing dan kandungan air. Kemudian ditimbang 4-5 gram minyak di dalam labu erlemeyer 250 ml. ditambahkan perlahan-lahan 50 ml KOH 0,5 N beralkohol dengan pipet. Labu erlemeyer dihubungkan dengan pendingin tegak dan sampel dipanaskan dengan hati-hati sampai semua contoh tersabunkan dengan sempurna, yaitu jika diperoleh larutan bebas dari butir-butir lemak. Larutan didinginkan dan bagian dalam dari pendingin tegak dibilas dengan sedikit air. Kemudian ditambahkan 1 ml larutan indikator phenolphthalein dan dititrasi dengan HCl 0,5 N sampai warna merah jambu menghilang.

Penentuan secara titrasi dilakukan juga titrasi blanko sebagai pembanding. Dasar perhitungan ialah selisih antara milliliter titrasi dengan titrasi blanko. Penetapan bilangan penyabunan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Rumus} = \frac{(A-B) \times 28,05}{\text{gram}}$$

4.1 Pembuatan nanokapsul minyak biji mahoni dengan metode emulsi sonikasi. Pada pembuatan nanokapsul minyak biji mahoni diawali dengan melarutkan polimer secara terpisah yaitu melarutkan Natrium Alginat (Na-Alginat) sesuai variasi konsentrasi dalam air. Campurkan polimer pada tween 80 sebagai *stabilizing agent* dengan minyak biji mahoni 1,3%. Lakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* pada kecepatan 1000 rpm selama 10 menit pada kedua larutan hingga homogen. Selanjutnya dilakukan proses sonikasi dengan sonikator tipe *probe* pada suhu kamar dengan amplitudo 50% selama 2 menit.

4.2 Evaluasi sifat fisik nanokapsul minyak biji mahoni.

4.2.1 Uji Organoleptik. Analisis dilakukan dengan cara mengamati bentuk, warna dan bau. Pengamatan yang pertama terhadap bentuk, dapat dilihat pada bentuk cairan encer atau kental. Kedua, pengujian warna dengan melihat sediaan nanokapsul yang didapat. Ketiga, pengujian bau dengan dicium bau sediaan pada jarak dekat.

4.2.2 Penentuan ukuran partikel, zeta potensial dan indeks polidispersitas. Penentuan ukuran partikel, potensial zeta dan indeks polidispersitas ditentukan dengan *particle size analyzer* (PSA) zetasizer (model nano ZS series Malvern Instruments, UK) (Yuliasari 2014).

4.2.3 Persen transmitan. Sampel sebanyak 1mL dilarutkan dalam labu takar takar 100 mL dengan menggunakan aquadestilata. Larutan diukur persen transmitan pada panjang gelombang 650 nm menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Aquadest digunakan sebagai blanko saat pengujian.

4.2.4 Uji TEM (*Transmission Electron Microscopy*). Pengujian ini akan dilihat apakah minyak biji mahoni dapat terenkapsulasi atau tidak dengan polimer yang digunakan dan untuk melihat hasil yang lebih spesifik dari nanokapsul minyak biji mahoni yang terbentuk.

4.3 Evaluasi stabilitas fisik nanokapsul minyak biji mahoni.

4.3.1 Uji Organoleptik. Analisa dilakukan dengan cara mengamati homogenitas, warna, kejernihan, pemisahan fase sediaan, ukuran partikel, zeta potensial dan indeks polidispersitas selama 4 minggu setelah pembuatan.

4.3.2 Uji Sentrifugasi. Sediaan diuji sentrifugasi dengan kecepatan 3750 rpm selama 5 Jam. Uji bertujuan untuk mengetahui stabilitas fisik sediaan. Sediaan jika setelah sentrifugasi tidak terjadi pemisahan fase, tidak mengendap, jernih dan transparan maka dikatakan stabil.

4.3.3 Uji *freeze-thaw cycle*. Pencairan pembekuan dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas formulasi. Uji stabilitas fisik dilakukan dengan metode *freeze-thaw cycle* dengan cara disimpan pada suhu 4°C selama 24 jam kemudian dipindahkan ke suhu 40°C selama 24 jam, proses tersebut dihitung 1 siklus. Pengujian stabilitas fisik dilakukan selama 6 siklus (Wiguna 2016).

E. Analisis Hasil

Berdasarkan hasil uji karakteristik nanokapsul minyak biji mahoni pada konsep optimasi formulasi dengan variasi minyak, surfaktan, polimer (minyak biji mahoni, tween 80, PVA, Na-alginat, HPMC) meliputi ukuran partikel, nilai polidispersi, potensial zeta dan morfologi dengan TEM (*Transmission Electron Microscopy*), uji persen transmitan dan stabilitas fisik meliputi sentrifugasi, *freeze-thaw cycle* masing-masing dibandingkan dengan persyaratan pada pustaka yang ada untuk menghindari kesalahan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil determinasi tumbuhan

Sampel diperoleh dari Pasar Gede, Surakarta pada bulan November 2017 yang telah diidentifikasi di Laboratorium Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret dengan mencocokkan ciri morfologi sampel bahan. Berdasarkan surat keterangan No.: 203/UN27.9.6.4/Lab/2017 menerangkan bahwa sampel tersebut adalah tanaman biji mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq) suku Maliaceae. Hasil identifikasi dapat dilihat pada lampiran 2.

2. Hasil pengambilan sampel, pengeringan, dan pembuatan minyak

2.1. Pengambilan sampel. Sampel yang digunakan adalah biji mahoni yang sudah kering, tua yaitu warna biji hitam kecoklatan, dan kondisi yang baik. Biji mahoni yang telah terbungkus kulit dikupas untuk memperoleh biji yang berwarna putih. Pengambilan sampel biji mahoni diperoleh dari Pasar Gede, Surakarta pada bulan November 2017 sebanyak 2,5 kg. Biji mahoni dapat dilihat pada lampiran 3.

2.2. Pengeringan sampel. Sampel dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 50°C selama 5 hari. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam biji mahoni sehingga mencegah reaksi enzimatik pada simplisia, timbulnya kuman, kapang dan kamir yang dapat menyebabkan pembusukan serta mencegah terjadinya perubahan kimia yang dapat menurunkan mutu dan khasiat biji mahoni. Pengeringan sampel dapat dilihat pada lampiran 3.

Tabel 5. Hasil pengeringan biji mahoni

Berat biji berkulit (gram)	Berat biji basah (gram)	Berat biji kering (gram)	Rendemen (%)
2500	1900	1800	94,73

Tabel 5 menunjukkan persentase rendemen dari pengeringan biji mahoni sebesar 94,73% perhitungan dapat dilihat pada lampiran 10.

2.3. Hasil pembuatan minyak biji mahoni. Pembuatan minyak biji mahoni dilakukan menggunakan mesin press hidrolis di Laboratorium PAU Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Biji mahoni dari berat awal sebanyak 2500 gram dikupas diperoleh biji seberat 1900 gram, setelah dikeringkan diperoleh biji mahoni kering sebesar 1800 gram. Biji mahoni sebanyak 1800 gram dipres. Setiap kali pengepresan diambil 200-300 gram biji mahoni dipres selama ± 5 menit dengan tekanan 150 psi, dan diperoleh minyak biji mahoni sebanyak 700 ml. Penggunaan alat pres hidrolis akan merusak dinding kelenjar minyak dan melepaskan minyak dalam biji mahoni dan dapat menghindari dari kontaminan berupa senyawa yang biasa digunakan untuk mengekstrak bahan alami seperti *n*-heksan, petroleum eter, etanol, kloroform yang bersifat toksik (Wibawa *et al.* 2017) serta cocok untuk produksi jumlah kecil dibandingkan metode pengepresan berulir dengan kapasitas lebih besar skala industri. Hasil pembuatan minyak biji mahoni dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengepresan biji mahoni

Berat biji berkulit (gram)	Berat biji kering (gram)	Volume minyak biji mahoni (ml)	Rendemen (%)
2500	1800	700	38,8

Tabel 6 menunjukkan persentase rendemen dari minyak biji mahoni sebesar 38,8% perhitungan dapat dilihat pada lampiran 11. Hasil rendemen dapat dipengaruhi dari kondisi minyak seperti kandungan air, kandungan asam lemak bebas dan kandungan zat terlarut maupun tidak terlarut dapat mempengaruhi reaksi serta faktor eksternal yang mempengaruhi reaksi adalah suhu.

3. Hasil identifikasi minyak biji mahoni

Identifikasi minyak biji mahoni bertujuan untuk membandingkan kandungan yang ada didalamnya meliputi bilangan peroksida, bilangan asam, bilangan penyabunan, dan berat jenis dengan standar mutu minyak kedelai dengan asumsi bahwa terdapat persamaan sebagian besar pada komponen asam lemak jenuh dan tidak jenuh minyak biji mahoni dengan kedelai yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Perbedaan kandungan asam lemak minyak biji mahoni dan minyak kedelai seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Kandungan asam lemak minyak biji mahoni secara kromatografi gas (Daryono *et al.* 2014) dan minyak kedelai (Ketaren S 1996).

Minyak biji mahoni	Jumlah (%)	Minyak kedelai	Jumlah (%)
Asam laurat	2,906	Asam laurat	0-0,1
Asam miristat	7,397	Asam arshidat	0,2-1
Asam stearat	7,411	Asam stearat	2-5
Asam palmitat	9,096	Asam palmitat	7-10
Asam oktanoat	1,24	Asam arachidonat	1,5
Asam arakhidat	9,401	Asam linolenat	1-12
Asam oleat	36,147	Asam oleat	11-60
Asam linoleat	9,952	Asam linoleat	15-64

Kandungan komposisi asam lemak dalam kedelai dan biji mahoni dapat dipengaruhi oleh varietas dan keadaan iklim tempat tumbuh. Hasil penetapan identifikasi minyak biji mahoni memperlihatkan adanya persamaan standar mutu minyak kedelai. Setiap jenis minyak memiliki berat jenis yang berbeda diantaranya minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak jagung, dan minyak kedelai memiliki berat jenis berturut-turut sebesar 0,908-0,921 g/ml, 0,921-0,925 g/ml (Hardoko 2006), 0,918-0,925 g/ml, dan 0,916-0,922 g/ml (Pranowo *et al.* 2004).

Tabel 8. Hasil karakterisasi Minyak Biji mahoni

Nilai	Standar mutu minyak kedelai	Hasil penelitian
Berat Jenis	0,916-0,922 g/ml	0,919±0,00006 g/ml
Bilangan asam	Maksimal 3 mg KOH/g	2,805 mg KOH/g
Bilangan Penyabunan	Minimal 190 mg KOH/g	193,06 mg KOH/g
Bilangan Peroksida	Maksimal 1 mek/kg	0,2 mek/kg

Bilangan asam menandakan jumlah mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan 1 gram sampel minyak. Tingginya bilangan asam artinya setara dengan tinggi kadar asam lemak bebasnya. Trigliserida yang berada dalam minyak telah terjadi perubahan menjadi asam lemak bebas akibat reaksi hidrolisa akibat minyak mengalami pemanasan (Asri 2013) serta adanya faktor suhu, kelembaban, udara dari sekitar selama penyimpanan, maka hasil percobaan memiliki perbedaan.

Jumlah (mg) KOH pada bilangan penyabunan dibutuhkan untuk menyabunkan satu gram minyak atau lemak. Alkohol yang ada dalam KOH berfungsi untuk melarutkan asam lemak hasil hidrolisa sehingga mempermudah

reaksi dengan basa yang membentuk sabun. Semakin besar angka penyabunan maka asam lemak semakin kecil dan kualitas minyak yang baik sedangkan angka penyabunan kecil maka asam lemak besar serta kualitasnya menurun.

Kerusakan lemak di dalam bahan pangan dapat terjadi selama proses pengolahan, diantaranya pada proses pengeringan dan selama penyimpanan sehingga menyebabkan bahan pangan berlemak mempunyai bau dan rasa yang tidak enak, sehingga dapat menurunkan mutu dan nilai gizi bahan pangan berlemak. Pengukuran bilangan peroksida adalah mengukur kadar peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk pada tahap awal reaksi oksida lemak. Bilangan peroksida yang tinggi mengindikasikan minyak sudah mengalami oksidasi (Raharjo 2006). Oksidasi lemak oleh oksigen terjadi secara spontan jika bahan berlemak dibiarkan kontak dengan udara, sedangkan kecepatan proses oksidasinya tergantung pada tipe lemak dan kondisi penyimpanan (Ketaren S 1986).

4. Hasil Pembuatan Nanokapsul Minyak Biji Mahoni

Formulasi nanokapsul minyak biji mahoni pada penelitian ini menggunakan dua fase yaitu fase minyak dan fase air dengan tujuan agar terbentuk sediaan emulsi. Fase minyak yang digunakan adalah minyak biji mahoni. Surfaktan yang digunakan pada formulasi ini adalah Tween 80. Pembuatan emulsi minyak biji mahoni diawali dengan melakukan pengadukan secara konstan campuran antara minyak, akuades dan surfaktan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit pada kecepatan 1000 rpm. Selanjutnya campuran ditambahkan polimer yang telah dilarutkan sebelumnya menggunakan air. Kemudian kecepatan pengadukan ditingkatkan menjadi 1200 rpm selama 10 menit.

Pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* termasuk metode pembuatan emulsi secara spontan menggunakan energi rendah sehingga ukuran yang dihasilkan tidak seragam karena tingkat homogenitas yang rendah. Pembuatan nanokapsul secara spontan memiliki kekurangan salah satunya membutuhkan surfaktan yang banyak untuk menghasilkan sediaan dengan ukuran *droplet* <100 nm. Maka penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan pembuatan

nanokapsul minyak biji mahoni dengan metode emulsifikasi sonikasi yaitu metode emulsi energi tinggi menggunakan *homogenizer* dan sonikator. Penelitian kali ini dilakukan pemilihan polimer penyalut yang sesuai dengan bahan inti agar diperoleh hasil nanokapsul yang baik.

Metode pembuatan nanokapsul minyak biji mahoni diperoleh melalui orientasi yang telah dilakukan sebelumnya dengan melakukan variasi konsentrasi polimer PVA (Polivinil Alkohol), Natrium alginat dan HPMC (Hidroksipropil metilselulosa) dengan waktu sonikasi yang sama yaitu dua menit bertujuan untuk melihat minyak biji mahoni dapat dibuat dalam sediaan nanokapsul yang bersifat stabil dengan metode emulsi sonikasi. Minyak biji mahoni ini diformulasi menjadi 5 formula pada masing-masing polimer. Pembuatan nanokapsul penyalutan menggunakan polimer memiliki beberapa kekurangan, salah satunya ialah penyalutan bahan inti oleh polimer yang tidak merata sehingga akan mempengaruhi pelepasan zat inti dari nanokapsul.

4.1 Pengujian organoleptis. Pengujian organoleptis yang diamati meliputi warna, kejernihan, homogenitas dan pemisahan fase sediaan nanokapsul. Hasil pengujian organoleptis nanokapsul minyak biji mahoni dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengamatan nanokapsul minyak biji mahoni dengan metode emulsi sonikasi

Polimer	Konsentrasi polimer (%)	Keterangan
PVA	1	Keruh
	1,5	Keruh
	2	Keruh
	2,5	Putih susu
	3	Putih susu
Na-Alginat	0,2	Keruh
	0,4	Putih susu
	0,6	Putih susu
	0,8	Putih susu
HPMC	1	Putih susu
	0,1	Keruh
	0,3	Putih susu
	0,6	Putih susu
	0,8	Putih susu
	1	Putih susu

Setiap formula dari masing-masing konsentrasi dan jenis polimer menunjukkan hasil yang bervariasi. Hasil yang diperoleh mengalami perbedaan dari polimer PVA, Na-alginat, dan HPMC dipengaruhi dari beberapa faktor diantaranya variasi konsentrasi dan jenis polimer yang memiliki sifat berbeda. Konsentrasi HPMC lebih berpengaruh terhadap peningkatan viskositas dibandingkan dengan PVA sejalan dengan penelitian Sukmawati (2013) sehingga hasil nanokapsul dengan polimer HPMC dominan berwarna putih susu pada konsentrasi rendah. Polimer PVA dengan konsentrasi 1% ; 1,5% ; 2% menunjukkan hasil keruh karena PVA memiliki sifat *adhesive* yang dapat membentuk lapisan film yang tipis sehingga berfungsi selain penyalut adalah *gelling agent* sedangkan konsentrasi 2,5 dan 3 berwarna putih susu yang dipengaruhi oleh waktu sonikasi 2 menit yang tidak terbentuk agglomerasi yang memungkinkan secara visual menghasilkan bentuk nanokapsul yang baik, sedangkan polimer Na-Alginat menunjukkan fisik yang keruh pada konsentrasi 0,2 berwarna keruh sedangkan konsentrasi 0,4% ; 0,6% ; 0,8% dan 1% berwarna putih susu menunjukkan semakin kecil jumlah konsentrasi maka menghasilkan fisik yang keruh. Polimer HPMC dengan konsentrasi polimer 0,1% waktu sonikasi 2 menit menunjukkan hasil yang keruh secara fisik dapat diketahui bahwa telah terjadi pemecahan dari agglomerasi menjadi partikel kecil atau bentuk nanokapsul yang baik sedangkan pada konsentrasi 0,3% ; 0,6% ; 0,8% ; 1% serta waktu sonikasi yang sama menghasilkan hasil putih susu menunjukkan semakin besarnya konsentrasi polimer maka semakin tinggi pula viskositas yang dimiliki oleh polimer tersebut sehingga memungkinkan untuk beraglomerasi lebih cepat.

Penggunaan HPMC di dalam air membentuk suatu larutan kental, disebabkan gugus hidroksi akan berinteraksi dengan air membentuk jembatan stabil melalui ikatan hidrogen yang terbentuk, struktur yang terbentuk bersifat kuat dan kental. Minyak yang kaya trigliserida rantai menengah lebih stabil dan menghasilkan emulsi yang jernih dibandingkan minyak yang mengandung trigliserida rantai panjang.

4.2 Hasil pengukuran distribusi ukuran partikel. Pemilihan formula nanokapsul ditentukan berdasarkan ukuran partikel dan stabilitas nanokapsul yang dikehendaki. Ukuran partikel ditentukan dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) (Model Zetasizer Nano ZS series Malvern Instruments, UK) menggunakan metode basah yang dinilai lebih akurat jika dibandingkan metode kering ataupun pengukuran partikel dengan metode ayakan dan analisa gambar. Sampel dalam orde nanometer dan submikron yang memiliki kecenderungan aglomerasi yang tinggi. Hal ini disebabkan partikel didispersikan ke dalam media sehingga partikel tidak saling beraglomerasi (menggumpal) (Steven, 2001).

Data diperoleh meliputi ukuran dan indeks polidispersitas (PdI) nanokapsul. Ukuran partikel yang terukur merupakan ukuran dari *single* partikel dan hasil pengukuran dalam bentuk distribusi diasumsikan telah menggambarkan keseluruhan kondisi partikel. Ukuran nanokapsul dinyatakan dengan rata-rata diameter (*Z-average*) berdasarkan *number distribution*. Prinsip kerja alat tersebut adalah adanya hamburan cahaya yang terjadi akibat penembakan sinar laser mengenai partikel dalam sampel. Cahaya yang dihamburkan tersebut akan dibaca oleh detektor foton pada sudut tertentu secara cepat sehingga dapat menentukan ukuran partikel (Volker, 2009).

Parameter penting pada karakterisasi fisik nanokapsul adalah distribusi ukuran partikel. Ukuran partikel merupakan salah satu faktor yang paling signifikan dalam menentukan efisiensi penyerapan sehingga ukuran semakin kecil dapat memberikan pelepasan obat yang lebih baik dan menunjukkan kestabilan yang semakin rendah. Setiap formula menghasilkan distribusi ukuran partikel yang berbeda-beda. Parameter ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel dari tiap formula dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil pengukuran nanokapsul dengan metode sonikasi

Sampel	Konsentrasi polimer (%)	Ukuran partikel (nm)	PI
F1	1	599,5±80,76	0,692±0,024
	1,5	626,4±23,76	0,721±0,079
	2	1712±115,8	1,000±0,000
	2,5	476,4±14,81	0,605±0,074
	3	195,6±4,979	0,496±0,080
F2	0,2	339,6±23,27	0,545±0,066
	0,4	419,9±33,75	0,501±0,009
	0,6	644,4±80,60	0,595±0,063
	0,8	646,4±89,49	0,730±0,084
F3	1	518,6±30,70	0,676±0,091
	0,1	480,6±47,33	0,563±0,048
	0,3	328,4±32,57	0,474±0,089
	0,6	536,8±49,05	0,850±0,097
	0,8	1313±182,6	0,986±0,109
	1	1740±695,3	1,000±0,182

Keterangan: F1 = Polimer Polivinil Alkohol (PVA), F2 = Polimer Natrium Alginat (Na-alginat), F3 = Hidroksipropil Metilselulosa (HPMC).

Penetapan parameter untuk range ukuran partikel pada nanokapsul kisaran 10-500 nm yang dinyatakan pada *z-average* yaitu nilai rata-rata ukuran partikel. Indikasi *z-average* meningkat terdapat dua kemungkinan yaitu terjadi agregasi dispersi dan suhu pada saat pengukuran tidak stabil sehingga berpengaruh terhadap kestabilan sediaan dan indikasi *z-average* menurun dipengaruhi karena adanya sedimentasi partikel/*creaming*, terjadi disolusi partikel dan viskositas berubah seiring dengan waktu. Data hasil ukuran partikel formula 1 dengan polimer PVA dengan konsentrasi polimer 2,5% dan 3% memenuhi atau sesuai dalam range tersebut, sedangkan formula 2 dengan polimer Na-Alginat pada konsentrasi 0,2% dan 0,4% sesuai dengan range, pada formula 3 dengan polimer HPMC dengan konsentrasi polimer 0,1 dan 0,3 memenuhi range ukuran partikel. Data pemerian menunjukkan hasil yang diatas range nanokapsul yang dipengaruhi oleh variasi konsentrasi polimer dan jenis yang digunakan. Data pemerian dapat disimpulkan untuk ukuran partikel yang < 500 nm menunjukkan sifat fisik jernih dan keruh yang ditunjukkan pada formula ketiganya, sedangkan untuk ukuran partikel yang > 500 nm menunjukkan sifat fisik jernih, keruh dan putih susu yang ditunjukkan pada formula 1 dengan konsentrasi polimer 1% ; 1,5% dan 2%, formula 2 pada konsentrasi 0,6% ; 0,8% ; 1% serta formula 3 pada konsentrasi 0,6% ; 0,8% ; 1%. Data pemerian pada formula 1 dengan waktu sonikasi 2 menit

menunjukkan hasil jernih tetapi setelah dilakukan pengukuran ukuran partikel diperoleh hasil ukuran partikel yang besar, kemungkinan setelah dilakukan sonikasi pada 2 menit sudah terbentuk dalam bentuk nano namun partikel yang terbentuk memiliki ketidakstabilan karena konsentrasi polimer yang digunakan kecil sehingga saat dianalisis yang membutuhkan waktu dalam pengukuran ukuran partikel sudah mengalami agglomerasi menjadi partikel yang lebih besar.

Hasil ukuran yang lebih besar dapat dipengaruhi adanya aglomerasi antar partikel. Perbedaan dalam masing-masing formula tidak hanya pada konsentrasi dan jenis polimernya, tetapi ukuran partikel yang terbentuk dipengaruhi oleh kecepatan putaran *magnetic stirrer* yang digunakan dan kurangnya waktu sonikasi yang dilakukan, sehingga proses pengecilan ukuran kurang optimal. Semakin cepat putaran yang digunakan memberikan hasil semakin kecil ukuran partikel yang terbentuk. Distribusi ukuran partikel dinyatakan dalam indeks polidispersitas. Indeks polidispersitas mengindikasikan keseragaman ukuran partikel pada sediaan. Semakin rendah nilai indeks polidispersitas, maka semakin tinggi keseragaman ukuran partikel pada sediaan (Chabbra, 2011). Rentang indeks polidispersitas berada 0,08 sampai dengan 0,7 menunjukkan partikel relatif seragam ukurannya, pada nilai lebih dari 0,5 menunjukkan heterogenitas tinggi (Malvern 2012). Hasil indeks polidispersitas dari data menunjukkan dari ketiga variasi konsentrasi dan jenis polimer dengan masing-masing 5 formula memiliki indeks polidispersitas sekitar 0,4-1,00 disebabkan sampel yang diuji telah lama pada masa penyimpanan serta kemungkinan terjadinya aglomerasi sangat tinggi untuk formula yang tidak stabil.

Pengujian selanjutnya stabilitas fisik dilakukan hanya terhadap ketiga polimer dengan formula 1 yaitu PVA pada konsentrasi 3%, formula 2 pada polimer Na-Alginat konsentrasi 0,4% dan formula 3 polimer HPMC konsentrasi 0,3% dengan asumsi bahwa ketiga polimer tersebut memiliki ukuran nanokapsul dan indeks polidispersitas yang dianggap baik karena tidak melebihi range batas standar.

5. Stabilitas Fisik Nanokapsul Minyak Biji Mahoni

Sediaan nanokapsul yang stabil merupakan sediaan yang memenuhi parameter sifat fisik yang ditentukan dan dapat mempertahankan sifat fisiknya selama masa penyimpanan. Sediaan nanokapsul dikatakan stabil apabila dapat mempertahankan sifat fisiknya selama penyimpanan. Uji stabilitas fisik dilakukan berupa uji sentrifugasi dan uji *freeze-thaw cycle* sebanyak 6 siklus dan uji persen transmittan. Hasil organoleptis sediaan nanokapsul menunjukkan ketidakstabilan ditandai dengan pemisahan fase atau adanya endapan pada sediaan.

5.1 Uji fisik setelah penyimpanan. Pengujian dilakukan dengan penyimpanan sediaan nanokapsul selama 4 minggu pada suhu ruang. Hasil uji stabilitas pada pengamatan visual meliputi ukuran partikel, zeta potensial dan indeks polidispersitas. Hasil uji stabilitas dapat dilihat pada Tabel 11, bahwa pengamatan menunjukkan ketiga polimer setelah proses penyimpanan terjadi kenaikan ukuran partikel dan formula dengan polimer PVA konsentrasi 3% mengalami *creaming* dalam jumlah sedikit pada minggu ke-2 dan setelah penyimpanan selama 4 minggu semakin jelas terlihat dan konstan. *Creaming* ditandai dengan memisahkannya sistem emulsi menjadi dua lapisan yang disebabkan polimer bergerak ke permukaan karena densitasnya lebih kecil dari medium dispers serta diakibatkan perubahan suhu yang tidak konstan serta perubahan komposisi formula (Tadros, 2013). *Creaming* yang terbentuk bersifat reversible karena dapat terdispersi kembali setelah dilakukan pengocokan.

Tabel 11. Hasil pengukuran visual

Sediaan (%)	Setelah	Ukuran partikel (nm)	Potensial zeta (mV)	PdI
PVA : 3	<i>creaming</i>	430,4±109,0	-30,2±0,153	0,461±0,040
Na-Alginat : 0,4	Tidak ada endapan	495,5±81,13	-74,1±3,11	0,488±0,108
HPMC : 0,3	Tidak ada endapan	706,1±117,8	-38,1±2,12	0,661±0,081

Sediaan nanokapsul polimer PVA 3% tidak stabil selama penyimpanan dan tidak dapat menyelubungi keseluruhan zat aktif dibuktikan dengan ukuran partikel yang semakin tinggi. Indeks polidispersitas yang dihasilkan mendekati 0 menunjukkan keseragaman ukuran partikel tinggi dan dispersi yang cukup homogen. Formula polimer PVA dan Na-alginat mengalami sedikit penurunan

sedangkan formula dengan polimer HPMC terjadi kenaikan yang menggambarkan bahwa ukuran partikel yang dihasilkan semakin tidak seragam. Ukuran partikel selama penyimpanan yang masih dalam range ukuran nanokapsul yaitu >500 nm untuk formula dengan polimer Na-alginat sedangkan formula PVA dan HPMC ukuran partikel melebihi batas ukuran partikel.

Hasil pengukuran potensial zeta dihasilkan dari muatan permukaan yang menarik lapisan tipis ion muatan yang berlawanan dengan permukaan nanopartikel. Pengukuran potensial zeta dari ketiga formula diatas massa muatannya adalah negatif karena dari proses difusi perpindahan elektroforesis dari tinggi ke rendah massa muatan paling besar jumlahnya adalah katoda yang menarik muatan negatif. Sebagian besar sistem koloid dalam air distabilkan oleh gaya tolak elektrostatik, semakin besar kekuatan tolak menolak antara partikel maka semakin kecil kemungkinan partikel untuk bergabung dan membentuk agregat. Polimer natrium alginat berdasarkan hasil pengukuran potensial zeta menghasilkan *peak* hanya satu artinya nilai muatan potensial zeta baik sehingga natrium dapat menstabilkan elektrolit serta berpengaruh pada hasil potensial zeta. Nilai potensial zeta adalah 25 mV negatif atau positif yang dapat digunakan sebagai indikator kestabilan dalam emulsi sebagai muatan permukaan yang mencegah agregasi dan perkiraan muatan pada sistem dispersi. Nanokapsul apabila nilai potensial zeta mendekati nilai 0 yaitu netral maka sediaan dapat cepat membentuk agregat, mengendap dan bahkan memisah.

5.2 Sentrifugasi. Uji sentrifugasi pada nanokapsul dilakukan untuk mengetahui pengaruh pengocokan kuat terhadap kestabilan pada nanokapsul dan mengetahui ada tidaknya pemisahan fase yang mungkin terjadi akibat gaya gravitasi. Gaya sentrifugasi yang digunakan pada penelitian ini dengan kecepatan 3800rpm selama 5 jam setara dengan gaya gravitasi penyimpanan selama 1 tahun. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Data pemisahan fase nanokapsul sebelum dan sesudah sentrifugasi

Polimer (%)	Sebelum	Setelah
PVA : 3	Tidak memisah	Memisah
NA ALGINAT : 0,4	Tidak memisah	Tidak memisah
HPMC : 0,3	Tidak memisah	Tidak memisah

Berdasarkan Tabel 12, sediaan nanokapsul polimer PVA setelah dilakukan sentrifugasi mengalami pemisahan yang menunjukkan bahwa sediaan nanokapsul yang terbentuk tidak stabil, sedangkan pada polimer Na-Alginat dan HPMC secara fisik tidak mengalami pemisahan.

5.3 Freeze-thaw Cycle. Pengujian *Freeze-thaw Cycle* bertujuan untuk melihat adanya pengaruh dari perubahan suhu dingin ke panas terhadap kestabilan sediaan. Hasil dari uji *freeze-thaw cycle* dapat dilihat pada lampiran 7 menunjukkan bahwa stabilitas fisik sediaan nanokapsul minyak biji mahoni stabil berdasarkan pengamatan *freeze-thaw cycle* selama 6 siklus pada formula dengan polimer Na-Alginat dan HPMC, sedangkan polimer PVA pada pengamatan menjadi jernih disebabkan pecahnya emulsi.

Nanokapsul yang telah melewati *freeze-thaw cycle* diamati organoleptis, terjadinya pemisahan fase dan agregasi. Hasil organoleptis minyak biji mahoni menunjukkan stabilitas yang ditandai dengan tidak ada perubahan pada penampilan sediaan dan pengendapan walaupun tidak muncul pemisahan fase.

5.4 Persen transmittan. Pengukuran kejernihan nanokapsul secara kuantitatif dilakukan dengan persen transmittan yang diukur menggunakan alat spektrofotometer UV dengan *aquadest* sebagai blanko pada panjang gelombang 650 nm. Nilai persen transmittan dikatakan jernih jika mendekati 100%, maka sampel tersebut memiliki kejernihan atau transparansi yang mirip dengan air (Thakkar *et al.* 2011). Pengujian dilakukan pada sediaan sebelum melalui proses stabilitas fisik dan sesudah pengujian stabilitas meliputi pengamatan visual setelah penyimpanan selama 4 minggu, sentrifugasi dan *freeze-thaw cycle*. Hasil uji transmittan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Uji Transmittan

Sediaan	Sebelum	Visual	Sentrifuse	Freeze-thaw cycle
F1 : 3%	1,0%	1,3%	0,2%	50,7%
F2 : 0,4%	7,9%	22,5%	0,6%	22,1%
F3 : 0,3%	1,4%	0,5%	16,8%	13,2%

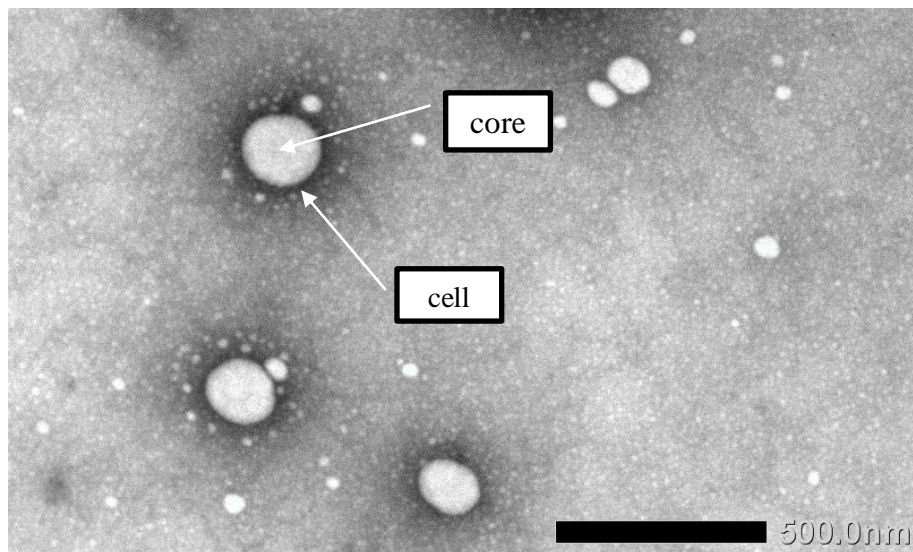
Nilai persen transmittan pada formula 1 dengan jenis polimer PVA konsentrasi 3% memiliki nilai persen transmittan sebelum proses stabilitas fisik sebesar 1,0% dan setelah uji stabilitas fisik secara visual penyimpanan sampel

selama 4 minggu sebesar 1,3%, setelah sentrifuse mengalami penurunan sebesar 0,2% kemudian uji *freeze-thaw cycle* meningkat kejernihannya sebesar 50,7%. Formula 2 dengan dengan jenis polimer Na-Alginat konsentrasi 0,4% memiliki nilai persen transmittan 7,9% dan setelah uji stabilitas fisik secara visual sebesar 22,5%, setelah sentrifuse mengalami penurunan sebesar 0,6% kemudian uji *freeze-thaw cycle* meningkat kejernihannya sebesar 22,1%. Formula 3 dengan dengan jenis polimer HPMC konsentrasi 0,3% memiliki nilai persen transmittan 1,4% dan setelah uji stabilitas fisik secara sebesar 0,5%, setelah sentrifuse mengalami penurunan sebesar 16,8% karena konsentrasi HPMC berpengaruh terhadap viskositas dibandingkan dengan PVA sehingga berat molekul bertambah dan nilai persen transmittan semakin tinggi, kemudian uji *freeze-thaw cycle* meningkat kejernihannya sebesar 13,2%.

Pengujian ini memanfaatkan aktivitas pemendaran cahaya oleh partikel akibat efek Tyndall-Faraday, jika ukuran partikel besar korelasinya keruh dan nilai persen transmittan akan rendah akibat dari cahaya tidak dapat menembus partikel. Persen transmittan pada data formula 1 tersebut mengalami penurunan setelah uji sentrifugasi. Formula 1 dengan menunjukkan hasil sebesar 1,0% sebelum dilakukan sentrifugasi merupakan nilai persen transmittan yang jauh dari 100%, mengalami penurunan setelah dilakukan sentrifugasi menjadi sebesar 0,2%. Sentrifugasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi penurunan transmittan dan menjadi indikator perubahan fase sistem dari dispersi. Nilai persen transmittan dari sebelum dan sesudah sentrifuse pada F2 dan F3 mengalami peningkatan disebabkan faktor dari guncangan saat proses sentrifugasi sehingga sediaan menjadi semakin homogen yang mengakibatkan sediaan menjadi jernih. Setelah uji visual penyimpanan 4 minggu dan *freeze-thaw cycle* mengalami peningkatan. Pengaruh nilai persen transmittan diantaranya berat molekul sistem dispersi yang diakibatkan komponen sediaan nanokapsul lebih dari satu dan faktor kedua adalah intensitas cahaya yang menembus partikel saat pembacaan.

5.5 TEM (*Transmission Electron Microscopy*). Morfologi dari nanokapsul minyak biji mahoni polimer Na-Alginat yang dihasilkan dilihat morfologinya dengan menggunakan TEM FEI Tecnai G2 20 S-Twin bertegangan

200 kV kelas akselerasi TEM dengan sub angstrom beresolusi 0,24 nm (titik) dan 0,188 nm (garis) yang dilengkapi dengan fasilitas kamera CCD dan EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy). Bahan inti yang dilindungi dalam proses enkapsulasi disebut *core* dan struktur yang dibentuk oleh bahan pelindung yang menyelimuti inti disebut sebagai *cell* (Kailasapathy, 2002; Krasaekoopt *et al.* 2003).



Gambar 10. Morfologi nanokapsul polimer Na-alginat 0,4% menggunakan TEM dengan perbesaran 12.000 kali

Morfologi permukaan mempengaruhi kemampuan nanopartikel untuk menembus membran sel target. Permukaan nanopartikel yang bulat lebih mudah memasuki sel (Guterres *et al.* 2007). Berdasarkan pengamatan morfologi menggunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) pada gambar 10, diketahui nanokapsul berbentuk cenderung bulat dengan permukaan yang rata. Salah satu penyebab terjadinya penggabungan partikel dan bentuk partikel yang tidak sferis adalah karena partikel akan yang cenderung membentuk suatu sistem dan terjadi pengendapan dibandingkan membentuk satu partikel saja. Bentuk permukaan yang dibuat dengan metode emulsi sonikasi dapat dipengaruhi oleh parameter proses antara lain kecepatan pengadukan dan jumlah senyawa aktifnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Minyak biji mahoni dapat dibuat sediaan nanokapsul dengan metode emulsi sonikasi.
2. Formula terpilih dari karakterisasi ukuran partikel masuk pada range nano adalah formula 1 dengan komposisi PVA 3%, formula 2 Na-Alginat 0,4%, formula 3 HPMC 0,3%, Tween 80 3%, minyak biji mahoni 1,3% dengan waktu sonikasi 2 menit didapatkan ukuran partikel yaitu $195,6 \pm 4,979$ nm sampai $419,9 \pm 33,75$ nm, nilai indeks polidispersitas $0,474 \pm 0,089$ sampai $0,501 \pm 0,009$.
3. Nanokapsul minyak biji mahoni dengan jenis polimer Na-Alginat relatif stabil selama penyimpanan 4 minggu ditandai dengan tidak munculnya endapan pada formula 2, ukuran partikel sebelum penyimpanan yaitu $419,9 \pm 33,75$ nm menjadi $495,5 \pm 81,13$ nm, zeta potensial $-74,1 \pm 3,11$ mV dan indeks polidispersitas $0,488 \pm 0,108$.

B. Saran

Saran dalam penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan pengujian efisiensi penyerapan dan mekanisme pelepasan zat aktif secara In Vitro.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan metode yang berbeda yaitu HPH (*High Pressure Homogenizer*) serta kompleks kooservasi.
3. Perlu dilakukan variasi waktu sonikasi dan konsentrasi optimal dari polimer Na-Alginat.
4. Perlu dilakukan optimasi formula dengan jenis polimer dan surfaktan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [Depkes]. 2000. Inventaris Tanaman Obat Tradisional. Jilid I. Jakarta: Badan Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan. Hlm 227.
- Agoes A. 2010. *Tanaman Obat Indonesia. Buku 3*. Jakarta: Salemba Medika
- Agustinisari I, Purwani EY, Harimurti N, Yuliani S. 2014. Aktivitas antimikroba nanoemulsi minyak biji pala. *J. Pascapanen* 11(1): 1-8.
- Armando R. 2009. Memproduksi 15 Minyak Atsiri Berkualitas. Bogor: Penebar Swadaya.
- Carvajal, M., B. Diaz., L. Torres., J. Perez., L. Beltran., A. Aparicio., and G. Lopez. 2010. Nanoencapsulation: A New Trend in Food Engineering Processing. *Food Engineering Review* 2:1:39-50
- Chin AC. 2012. Effects of Pretreatments on Lipid Oxidation Stability of Honeydew (Cucumis melo) Seed Oil. Undergraduate. [Thesis] Faculty of Agrotechnology and Food Science. University Malaysia Terengganu, Terengganu.
- Cho Y, Kim C, Kim N, Park B. 2008. Some cases in applications of nanotechnology to food and agricultural system. *Biochip, J* 2(3): 183-185.
- Darole, P.S., Hegde, D.D., and Nair, H.A. 2008. Formulation and Evaluation of Microemulsion Based Delivery System for Amphotericin B, *AAPS PharmSciTech*, 9(1): 123-124.
- Daryono, E.D., Hudha, M.I., dan Musyassaroh. 2014. Sintesa Biodiesel dari Minyak Biji Pepaya dengan Reaksi Transesterifikasi In Situ Menggunakan *Co-solvent* THF (*Tetrahydrofuran*), *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang, Reaktor, 15 (1), 51-58.
- Delie, F. dan Blanco-Prieto M.J. 2005. Polymeric Particulate to Improve Oral Bioavailability: *of Peptide Drugs Molecules*, 65-80.
- Diba RF, Yasni S, Yuliani S. 2014. Nanoemulsifikasi Spontan Ekstrak Jintan Hitam dan Karakterifikasi Produk Enkapsulasi. *J Teknol dan Industri Pangan*. Vol 25 (2).
- Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan. 2001. *Informasi Singkat Benih: Swietenia macrophylla* King. Bandung: IFSP.

- Doshi, Abha, Kaliyote S, Joshi B. 2011. Design And Evaluation of Buccal Film of Diclofenac Sodium. *International Journal of Pharmacy And Biological Sciences*. Volume 1. Hal : 17-30.
- Edlund U. Dan Albertsson AC. 2002. *Degradable Polymer Microsphere for Controlled Drugs Delivery*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: *Advances in Polymer Science*, Vol. 157
- Eromosele, I.C., Eromosele, C.O., Innazo, P., and Njerim, P., (1998), Studies on Some Seeds and Seed Oils. *Bioresource Technology*, 64, pp.254-247.
- Ezhilarasi, P.N., P. Kharthik., N. Channwal., and C. Anandharamakrishman. 2012. Nanoencapsulation Techniques for Food Bioactive Components: A Review. *Review Paper Food Bioprocess Technology* 6:628-647.
- Gosh, I., Bose, S., Vippagunta, RR., dan Hormon, F. 2011. Nanosuspension for Improving the Bioavailability of a Poorly Soluble Drug and Screening of Stabilizing Agent to Inhibit Crystall Growth, *International Journal of Pharmaceutics*, 409, 206-268.
- Guterres SS, Alves MP, Pohlmann AR, Polymeric Nanoparticles; Nanospheres and Nanocapsules for Cutaneous Applications, *Drug Target Insight*, 2007, 2; 147-157.
- Hajli Z. 2011. Isolasi senyawa golongan flavonoid biji mahoni (*Swietenia mahagoni* Jacq) yang berpotensi sebagai antioksidan. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hambali *et al.* 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka. Hlm 66-77.
- Hapsari B.W. 2009. Sintesis Nanosfer Berbasis Ferrofluid dan Poly Lactic Acid (PLA) dengan Metode Sonikasi [skripsi]. Bogor. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Hartati, Md Salleh L, Abd Azis A, Yunos M A che. 2013. Pengaruh jenis pelarut ekstraksi biji mahoni (*Swietenia mahagoni* Jacq) terhadap aktivitas antioksidan dan antibakteri. *Bionature* 14: 11-15.
- Hardoko. 2006. Identifikasi asam-asam lemak pada minyak goreng dari kelapa dan kelapa sawit. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 4(1) : 101-110.
- Haskell, R.J. (Ed.). 2006. *Physical Characterization of Nanoparticle*, in: *Nanoparticle Technology for Drug Delivery*, Taylor & Francis Group, New York, 103-130

- Hielscher, T. 2005. Ultrasonic Production of Nano-Size Dispersions and Emulsions, dalam: *Proceedings of European Nanosystems Conference ENS'05*.
- Israni, G. 2012. Optimasi dan Evaluasi Mikroenkapsulasi Medroksiprogesteron Asetat Tersalut Poli (ϵ -Kapolakton)- Lilin Lebah [Skripsi]. Bogor. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Jahanshahi dan Babaei. 2008. Protein nanoparticle: A Uniquw System as Drug Delivery Vehicles. *J.Biotecnology* vol 7 (25). 4926-4934.
- Jonassen, H. 2014. Polysaccharide Based Nanoparticles for Drug Delivery Applications. *Thesis School of Pharmacy. Faculty of Matematics and Natural Science, University of Oslo*.
- Kadota S, Marpaung L, Kikuchi T, Ekimoto H. 1990. Constituents of the seeds of *Swietenia mahagoni* Jacq II: Structures of Swietemahonin A, B, C, D, E, F, and G and Swietemahonolide. *Chem. Pharm. Bull.* 38(4): 894-901.
- Ketaren, S.,1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*,Edisi,Cetakan Pertama UI-Pres,Jakarta.
- Lawless, J. 1997. The Complete Illustrated Guide to Aromatherapy. *Element Books Limited*. 18.
- Lawrence, MJ., and Ress, G.D. 2000. Microemulsion-based Media as Novel Drug Delivery System, *Adv. Drug Delivery Rev.* 45(1): 89-121.
- Lovelyn, C. And A.A. Attama. 2011. Current state of nanoemulsions in drug delivery. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology.* 2: 626-639. doi.10.4236/jbnb.2011.225075.
- Majid *et al.* 2004. Physico-Chemical Characterization, Antimicrobial Activity and Toxicity Analysis of *Swietenia mahagoni* Seed Oil. *Int J Agri Biol* 6(2): 350-354.
- Mifflin H. 2009. *The American Heritage Science Dictionary of The English Language fourth ed.* Houghton Mifflin company.
- Mohanraj, V.J., Chen Y. 2006. Nanoparticles-a review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research.* 561-573.
- Malvern Instruments Limited. 2012. Dynamic Light Scattering Common Terms Defined. <http://www.malvern.com>. diakses pada 24 Desember 2017.

- Muller RH, Mader K, Gohla S. 2000. Solid Lipid Nanoparticles (SLN) For Controlled Drug Delivery- a Review of the State of the Art. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 50: 161-177.
- Murakami, H., M. Kobayashi, 1999. Preparation of poly(DL-lactide-co-glycolide) nanoparticles by modified spontaneous emulsification solvent diffusion method. *International Journal of Pharmaceutics*, 187:143-152.
- Musmade, Kranti P., Praful B. Deshpande, Prashant B. Musmade, NaseerMaliyakkal, M, A Ranjith Kumar, M. Sreenivasa Reddy and N. Udupa. 2013. MethotrexateLoaded Biodegradable Nanoparticles: Preparation, Characterization and Evaluation of its Cytotoxic Potential against U-343 MGa Human Neuronal Glioblastoma Cells. *Manipal College of Pharmaceutical Sciences, Manipal University*
- Myers D. 2006. *Surfactan Science and Technology*. Third Edition, John Wiley and Sons, Inc., New Jersey, pp, 28-30.
- Nakahira A, Nakamura S, Horimoto M. 2007. *Synthesis of Modified Hydroxyapatite (HAP) Substituted with Fe Ion for DDS Application*. Osaka: IEEE Transactions on Magnetic 43(6):2465-2467.
- Nasrullah F. 2015. *Pengembangan Komposit Polivinil Alkohol (PVA)-Alginat dengan Perasan Daun Binahong sebagai Wound Dressing Antibakteri: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang*
- Naveen YP, Divya Rupini G, Ahmed F, Urooj A. 2014. Pharmacological effects and active phytoconstituents of *Swietenia mahagoni*: a review. *J Integr Med*. 12(2): 86-93.
- Okiemen, F.E, and Eromosele, C.O. 1999. Fatty acid composition of seed oil of *Khaya Senegalensis*, *Bioresource Technology*, 69, pp. 279-280.
- Ong, H.C., Mahlia, T.M.I., Masjuki, H.H., and Nurhasyima, R.S. 2011. Comparison of palm oil, *Jatropha curcas* and *Calophyllum inophyllum* for biodiesel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviewa*, 15, pp. 3501-3515.
- Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R, Simons A. 2009. *Swietenia macrophylla*. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0 (<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>)
- Perwitasari F.L.R, et al. 2012. *Jurnal karakterisasi Invitro dan Invivo komposit Alginat-Polivinil Alkohol-ZnO Nano sebagai Wound Dressing Antibakteri: Universitas Airlangga*.

- Pranowo, D., M. Muchalal. 2004. Analisis kandungan asam lemak pada minyak kedelai dengan kromatografi gas spektroskopi massa. *Indonesian Journal of Chemistry*. 4(1) : 62-67.
- Preeti, Rohindra DR, Khurma JR. 2003. Biodegradation study of poly (ϵ -caprolactone)/poly(vinyl butyral) Blends. *S. Pac. J. Nat. Sci* 21: 47-49.
- Purwanto, Slamet. 2006. Penggunaan Surfaktan Metil Ester Sulfonat dalam Formulasi Agen Pendesak Minyak Bumi [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Raharjo, 2006. *Kerusakan Oksidatif pada Makanan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Rasyad AA, Mahendra P, Ningsih P. 2012. Uji Nefrotoksik Dari Ekstrak Etanol Biji Mahoni (*Swietenia mahagino Jacq*) Terhadap Tikus Putih Jantan Galur Wistar. *JPS MIPA UNSRI* 15(2C): 79-82.
- Rawat, M., Singh, D., Saraf, S. 2006. *Nanocarriers: promising Vehicle for bioactive Drugs*. *Biol. Pharm. Bull.* 29 (9). 1790-1798.
- Rieger, M. M. 1985. *Surfactant in Cosmetics: Surfactant Science Series*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Rismana E, Kusumaningrum S, Bunga O, Nizar, Marhamah. 2014. Pengujian aktivitas antiacne nanopartikel kitosan-ekstrak kulit buah manggis (*Garcinia mangostana*). *Media Litbangkes* 24: 19-27.
- Ronson. 2012. *Zeta Potensial Analysis of Nanoparticles*. San Diego: Nano Composix
- Rowe RC, PJ Sheskey and Sian C.O. 2006. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Fifth Edition. London : Pharmaceutical Press. Pp. Hlm 346-348.
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J., and Quinn, M.E. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients, 6th edition*, 580-584, Pharmaceutical Press and American Pharmacists Association 2009, Washington D.C.
- Sahgal G *et al.* 2009. Phytochemical and Antimicrobial Activity of *Swietenia mahagoni* Crude Methanolic Seed Extract. *Tropical Biology* 26: 274-279.
- Schramm, L.L. 2000. *Surfactants: Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry*, Cambridge University Press, United Kingdom, pp. 9-10.
- Sekhon BS. 2010. Food nanotechnology-an overview. *J Nanotechnology, Science Applications* 3:1-15. DOI:10.2147/NSA.S8677.

- Setyawardhani. 2003. Metanolisis Asam Lemak dari dari Minyak Kacang Tanah untuk Pembuatan Fatty acid methyl ester. *Thesis S2, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*.
- Singh, R.; & Lillard, Jr. J.W. 2009. Nanoparticle-Based Targeted Drug Delivery. *Exp. Mol.Pathol.*, 86:215-23.
- Siswanto A dan Soebagyo S. 2006. Optimasi Sediaan Lepas Lambat Teofilin Dengan Bahan Matrik HPMC, Na CMC, dan Xanthan gum. *Majalah Farmasi Indonesia*, 17(3), 143-148.
- Soppimath, K.S et al. (Eds.). 2001. Biodegradable polymeric nanoparticles as drug delivery device, *Journal of Controlled Release* 70:1-20.
- Sousa, Ana M.M., Hileia K.S. Souza., Joseph uknalis.,Shih-Chuan Liu. 2014. Electrospinning of agar/PVA aqueous solutions and its relation with rheological properties, *journal of carbohydrate polymers*, Vol. 115,pp. 348-355.
- Stevens, Malcolm P. 2001. *Polymer Chemistry: An Introduction*. Oxford University Press. Diterjemahkan oleh Iis Sopyan. 2001. Kimia Polimer. Jakarta : PT Pradnya Paramitha
- Subhadip *et al.* 2013. Free Radical Scavenging And A-Amylase Inhibitory Activity Of *Swietenia Mahagoni* Seeds Oil. *Internasional Jurnal Of Pharmacognosy And Phytochemical Research* 5(1): 51-56.
- Sudaryanto, Mujamilah, Wahyudianingsih, Handayani A, Ridwan, dan Muthalib A. 2007. Pembuatan Nanopartikel Magnetik Berlapis Polimer Biodegradable dengan Metode Sonokimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 8(2):134-138.
- Sugita P, Napthaleni, Kurniati M, Wukirsari T. 2010. Enkapsulasi ketofren dengan kitosan-alginat berdasarkan jenis dan ragam konsentrasi tween 80 dan span 80. *Makara, Sains* 14: 107-112.
- Sulastri. 2008. Efek Diuretik Ekstrak Etanol 70% Daun Tapak Liman (*Elephantopus scaber* L.) pada Tikus Putih Jantan Galur Wistar [Skripsi]. Surakarta: Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Suslick KS. 1994. *The Chemistry of Ultrasound from The Yearbook of Science and The Future*. Chicago: Encyclopedia Britannica. 138-155.
- Sutriyo, Djajadisastra, J., & Novitasari, A. 2004. Mikroenkapsulasi propranolol hidroklorida dengan penyalut etil selulosa menggunakan metode penguapan pelarut. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, Vol. 1, No.2, Agustus 2004, 93-101, ISSN: 1693-9883.

- Swarbrick, J. 2007. *Encyclopedia of Pharmaceutical Technology*, Third Edition, Volume 2, Informa Healthcare, New York.
- Thakkar, H., Nangesh, J., Parmar, M., and Patel, D. 2011. Formulation and Characterization of Lipid-Based Drug Delivery System of Raloxifen Microemulsion and Self-microemulsifying Drug Delivery System, *J Pharm Bioallied Sei*, 3(3): 442-448.
- Tipler PA. 1990. *FISIKA Untuk Sains dan Teknik Edisi 3, jilid 1*. Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: *PHYSICS for Scientists and Engineers, Third Edition*.
- Vaughn, J. M. dan William R. O. 2007. Nanoparticle Engineering. Dalam: Swarbrick, James. *Encyclopedia of Pharmaceutical Technology Third Edition Volume 1*. New York: Informa Healthcare USA, 2384-2398.
- Wibawa AA, Wiriana K, Dewi IV, Samsumaharto AR. 2017. Antihiperlikemik Kombinasi Minyak Biji Mahoni (*Swietenia mahogani* (L.) Jacq-Glibenklamid pada Tikus Diinduksi Aloksan. *JIFI* 15:102-108.
- Wiguna PA. 2016. Formulasi Sediaan Krim Minyak Atsiri Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) Dengan Basis Vanishing Cream Dan Uji Aktivitas Antibakterinya Terhadap *Staphylococcus epidermidis* [skripsi]. Surakarta. Fakultas Farmasi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wiriana, Ketut. 2015. Aktivitas Antihiperlikemik Kombinasi Minyak Biji Mahoni (*Swietenia mahagani* (L.) Jacq) Dengan Glibenklamid Pada Tikus Putih Jantan Yang Diinduksi Aloksan [Skripsi]. Surakarta: Fakultas Farmasi, Universitas Setia Budi Surakarta.
- Won, J., M.H. Oh., J.M. Oh., M.S. Kang., J.H. Choy., and S. Oh. 2008. Stability Analysis of Zinc Oxide-Nanoencapsulated Conjugated Linoleic Acid and GammaLinolenic Acid DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008. 00924.x *Journal of Food Science*. 73:8: N39–43.
- Woodruff, MA., & Hutmacher, DW. 2010. The Return of a Forgotten Polymer-Polycaprolactone in the 21st Century. *Elsivier: Progress in Polymer Science* 35 (2010) 1217-1256.
- Yadav, Hemant K.S., Nagavarma B V N, Ayaz A, Vasudha L.S., Shivakumar H.G, (Review Article) Different Techniques for Preparation of Polymeric Nanoparticles. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, Vol. 5, Suppl 3, 2012, 16-23.
- Yuliasari S, Fardiaz D, Andarwulan N, Yuliani S. 2014. Karakteristik nanoemulsi minyak sawit merah yang diperkaya beta karoten. Bogor. Fakultas

Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Littri* Vol.20 (3): 111-121.

Zuidan, N.J., and V.A. Nedovic. 2010. Encapsulation Technologies for Food Ingredients and Food Processing. *Springer. New York.*

L

A

M

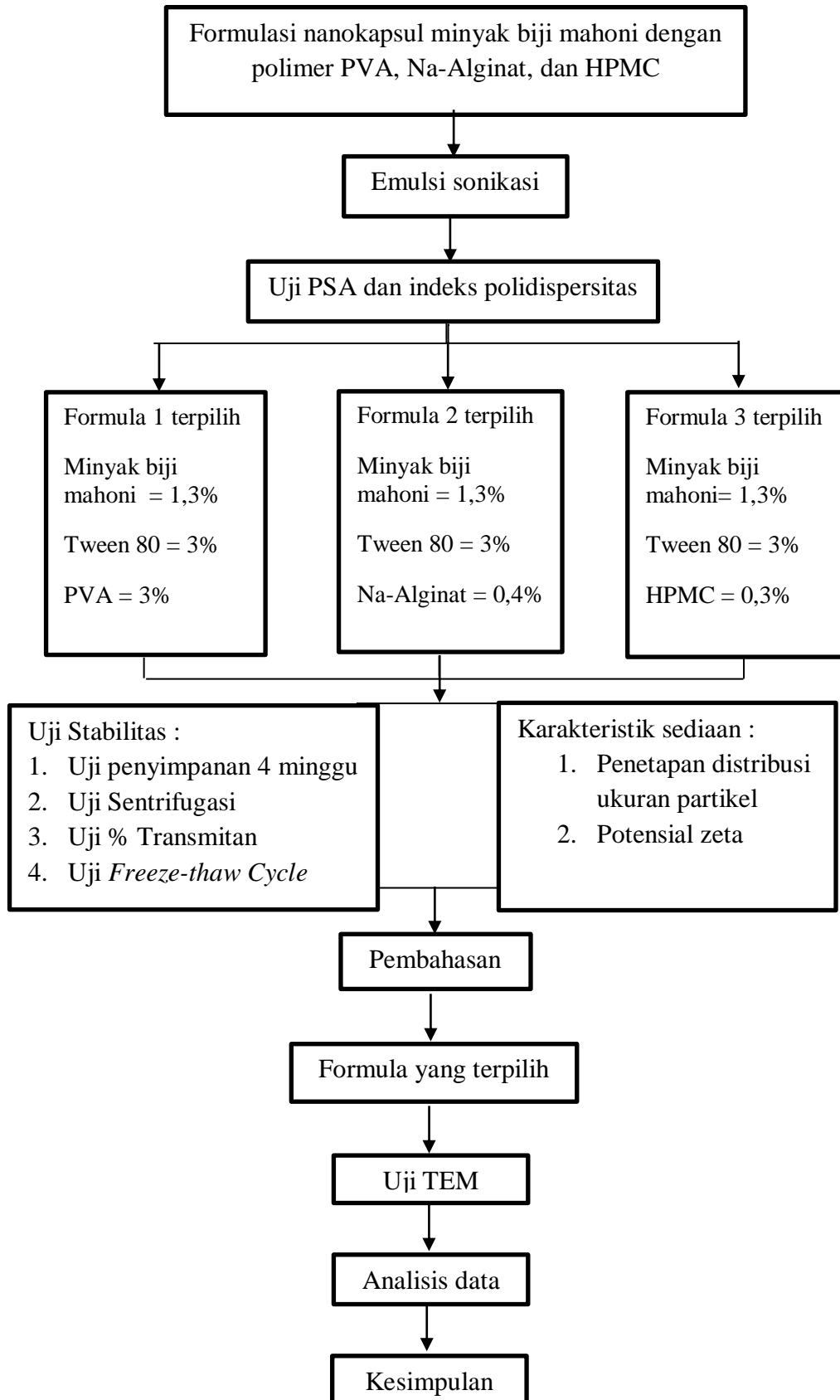
P

Q

R

A

N

Lampiran 1. Alur penelitian

Lampiran 2. Surat keterangan determinasi simplisia



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LAB. PROGRAM STUDI BIOLOGI
Jl. Ir. Sutami 36A Ketingan Surakarta 57126 Telp. (0271) 663375 Fax (0271) 663375
http://www.biology.mipa.uns.ac.id, E-mail biologi @ mipa.uns.ac.id

Nomor : 203/UN27.9.6.4/Lab/2017
Hal : Hasil Determinasi Tumbuhan
Lampiran : -

Nama Pemesan : Muhammad Nur Aswadi
NIM : 20144208A
Alamat : Program Studi S1 Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Setia Budi Surakarta

HASIL DETERMINASI TUMBUHAN

Nama Sampel : *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.
Familia : Meliaceae

Hasil Determinasi menurut C.A. Backer & R.C. Bakhuizen van den Brink, Jr. (1963, 1965) :
1b-2b-3b-4b-12b-13b-14b-17b-18b-19b-20b-21b-22b-23b-24b-25b-26b-27a-28b-29a 136. Meliaceae
2b-3b-4b-7b-10b-13b-15b 2. Swietenia
1a Swietenia mahagoni (L.) Jacq.

Deskripsi Tumbuhan :

Habitus : pohon, tumbuh tegak, menahun, tinggi 5-30 m. Akar : tunggang, besar, bercabang, coklat keputihan hingga coklat kekuningan. Batang : bulat, berkayu, keras, bercabang-cabang simpodial, arah percabangan serong, cabang dengan banyak lentisel, permukaan batang gundul, putih kotor hingga abu-abu. Daun : majemuk menyirip genap yang tersusun spiral, terdiri atas 8-14 anak daun, berhadapan, helaian anak daun bulat telur, panjang 3-15 cm, lebar 1.5-5 cm, ujung dan pangkal runcing, tepi rata, pertulangan daun menyirip, daging daun kaku, permukaan gundul, masih muda merah, setelah dewasa hijau hingga hijau tua; tangkai daun bulat, ramping, panjang 3-13 mm. Bunga : bunga majemuk, terdiri dari kumpulan bunga yang rapat berupa tandan, berkelamin 2 (biseksual/banci), panjang 2-10 cm, di ketiak daun, ibu tangkai bunga silindris, coklat muda, panjang tangkai bunga 1.5-4 mm; kelopak bunga 5, berbentuk seperti sendok, saling berlepasan, hijau; mahkota bunga silindris, panjang 3-4 mm, hijau kekuningan hingga kuning kecoklatan; benangsari melekat pada mahkota membentuk tabung benangsari, panjang 2-3 mm, kepala sari putih; putik kuning kecoklatan, panjang 0.5 mm. lebar. Buah : berupa buah kotak, berbentuk bulat telur, panjang 7.5-10 cm, kulit berkayu dan keras, berlekuk lima, coklat. Biji : bijinya pipih, panjang 4.5-5.5 mm, bersayap, sayap dan kulit biji berongga, hitam atau coklat.

Surakarta, 9 Oktober 2017

Kepala Lab. Program Studi Biologi

Dr. Tetri Widiyani, M.Si.
NIP. 19711224 200003 2 001

Penanggungjawab
Determinasi Tumbuhan

Suratman, S.Si., M.Si.
NIP. 19800705 200212 1 002

Mengetahui
Kepala Program Studi Biologi FMIPA UNS
Dr. Rafia Setyaningsih, M.Si.
NIP. 19660714 199903 2 001

Lampiran 3. Dokumentasi



Biji mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.)

Diperoleh di pasar gede, surakarta. Di oven 50°C selama 5 hari



Minyak biji mahoni

Hasil press hidrolik selama ± 5 menit dengan tekanan 150 psi



Neraca analitik (Ohaus, USA)



Magnetic stirrer (Thermo Scientific, China)

Minyak dan surfaktan 10 menit 1000 rpm ditambah polimer aduk 10 menit 1200 rpm



Sonikator tipe *probe* (Krisbow)

sonikator tipe *probe* pada suhu kamar selama 2 menit dengan amplitudo 50%



Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 2450)

Pengukuran persen transmittan panjang gelombang 650 nm menggunakan *aquadest* sebagai blanko



Particle Size Analyzer (Malvern Panalytical, USA)

Pengukuran ukuran partikel, distribusi ukuran partikel dan zeta potensial



TEM (Jeol, JEM 1400. Japan)

FEI Tecnai G2 20 S-Twin bertegangan 200 kV kelas akselerasi TEM dengan sub angstrom beresolusi 0,24 nm (titik) dan 0,188 nm (garis) dilengkapi dengan fasilitas kamera CCD dan EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy)

Lampiran 4. Hasil formula nanokapsul dengan metode sonikasi



F1:3%

F2:0,4%

F3:0,3%

Keterangan:

F1 terdiri dari minyak biji mahoni 1,3%, tween 80 3%, PVA 3%

F2 terdiri dari minyak biji mahoni 1,3%, tween 80 3%, Na-Alginat 0,4%

F2 terdiri dari minyak biji mahoni 1,3%, tween 80 3%, HPMC 0,3%

Masing-masing formula disonikasi dengan sonikator tipe *probe* pada suhu kamar selama 2 menit dengan amplitudo 50%.

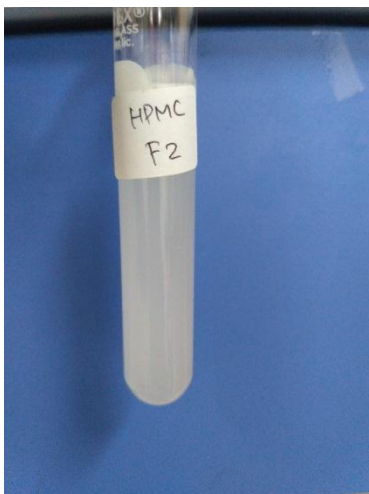
Lampiran 5. Uji sentrifugasi



F1:3%
(Memisah)



F2:0,4%
(Tidak memisah)



F3:0,3%
(Tidak memisah)

Keterangan:

Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 3800 rpm selama 5 jam

Lampiran 6. Hasil uji penyimpanan 4 minggu



F1:3%

F2:0.4%

F3:0.3%

Keterangan:

F1 setelah penyimpanan terjadi *creaming*, ukuran partikel $430,4 \pm 109,0$

F2 setelah penyimpanan tidak ada endapan, ukuran partikel $495,5 \pm 81,13$

F3 setelah penyimpanan tidak ada endapan, ukuran partikel $706,1 \pm 117,8$

Penyimpanan sediaan nanokapsul selama 4 minggu pada suhu ruang

Lampiran 7. Hasil uji *freeze-thaw cycle*

F1:3%	F2:0.4%	F3:0.3%
(Jernih)	(Keruh)	(Keruh)

Keterangan:

Disimpan suhu 4°C selama 24 jam, dipindahkan ke suhu 40°C selama 24 jam, proses tersebut dihitung 1 siklus. Pengujian dilakukan selama 6 siklus.

Lampiran 8. Hasil Uji *Freeze-Thaw Cycle*

Hari	Sediaan	Suhu	Waktu	Keterangan
1	F1 : PVA	4°C	24 jam	Keruh
	F2 : NA	4°C	24 jam	Keruh
	F3 : HPMC	4°C	24 jam	Keruh
2	F1 : PVA	40°C	24 jam	Keruh
	F2 : NA	40°C	24 jam	Keruh
	F3 : HPMC	40°C	24 jam	Keruh
3	F1 : PVA	4°C	24 jam	Keruh
	F2 : NA	4°C	24 jam	Keruh
	F3 : HPMC	4°C	24 jam	Keruh
4	F1 : PVA	40°C	24 jam	Jernih
	F2 : NA	40°C	24 jam	Jernih
	F3 : HPMC	40°C	24 jam	Jernih
5	F1 : PVA	4°C	24 jam	Jernih
	F2 : NA	4°C	24 jam	Jernih
	F3 : HPMC	4°C	24 jam	Jernih
6	F1 : PVA	40°C	24 jam	Jernih
	F2 : NA	40°C	24 jam	Jernih
	F3 : HPMC	40°C	24 jam	Jernih
7	F1 : PVA	4°C	24 jam	Jernih
	F2 : NA	4°C	24 jam	Jernih
	F3 : HPMC	4°C	24 jam	Keruh
8	F1 : PVA	40°C	24 jam	Keruh
	F2 : NA	40°C	24 jam	Keruh
	F3 : HPMC	40°C	24 jam	Keruh
9	F1 : PVA	4°C	24 jam	Jernih
	F2 : NA	4°C	24 jam	Jernih
	F3 : HPMC	4°C	24 jam	Jernih
10	F1 : PVA	40°C	24 jam	Jernih
	F2 : NA	40°C	24 jam	Jernih
	F3 : HPMC	40°C	24 jam	Jernih
11	F1 : PVA	4°C	24 jam	Jernih
	F2 : NA	4°C	24 jam	Jernih
	F3 : HPMC	4°C	24 jam	Jernih
12	F1 : PVA	40°C	24 jam	Jernih
	F2 : NA	40°C	24 jam	Keruh
	F3 : HPMC	40°C	24 jam	Keruh

Lampiran 9. Perhitungan rendemen sampel

Diketahui :

- Berat basah biji mahoni : 1900 gram
- Berat kering biji mahoni : 1800 gram

Perhitungan % rendemen

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{Berat kering}}{\text{Berat basah}} \times 100\%$$

$$\% \text{ rendemen} = \frac{1800}{1900} \times 100\%$$

$$\% \text{ rendemen} = 94,73\%$$

Lampiran 10. Perhitungan rendemen minyak biji mahoni

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{Berat minyak}}{\text{Berat biji}} \times 100\%$$

$$\% \text{ rendemen} = \frac{700}{1800} \times 100\%$$

$$\% \text{ rendemen} = 38,8\%$$

Lampiran 11. Hasil perhitungan identifikasi Minyak Biji Mahoni

1. Perhitungan berat jenis minyak biji mahoni

Replikasi I

Berat piknometer kosong = 29.9590 g

Berat piknometer + aquadestilata = 79.5747 g

Berat aquadestilata = 49.6159 g

Berat piknometer + minyak = 75.5582 g

$$\begin{aligned} \text{BJ minyak} &= \frac{(\text{Berat piknometer} + \text{minyak}) - \text{berat piknometer}}{\text{Berat aquadestilata}} \\ &= \frac{75.5582 - 29.9590}{49.6159} \\ &= 0.9190 \text{ g/ml} \end{aligned}$$

Replikasi II

Berat piknometer kosong = 29.9595 g

Berat piknometer + aquadestilata = 79.5776 g

Berat aquadestilata = 49.6181 g

Berat piknometer + minyak = 75.5578 g

$$\begin{aligned} \text{BJ minyak} &= \frac{(\text{Berat piknometer} + \text{minyak}) - \text{berat piknometer}}{\text{Berat aquadestilata}} \\ &= \frac{75.5578 - 29.9595}{49.6181} \\ &= 0.9189 \text{ g/ml} \end{aligned}$$

Replikasi III

Berat piknometer kosong = 29.9597 g

Berat piknometer + aquadestilata = 79.5817 g

Berat aquadestilata = 49.622 g

Berat piknometer + minyak = 75.5582 g

$$\begin{aligned} \text{BJ minyak} &= \frac{(\text{Berat piknometer} + \text{minyak}) - \text{berat piknometer}}{\text{Berat aquadestilata}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{75.5582-29.9597}{49.622} \\
 &= 0.9189 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Rata-rata} \pm \text{SD} &= \frac{0,9190+0.9189+0,9189}{3} \\
 &= 0,9189 \pm 0,00006 \text{ g/ml}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan angka penyabunan

- Volume larutan baku HCl yang dipakai :

$$1. 0.00 - 12,8 = 12,8 \text{ ml}$$

$$2. 0.00 - 12,8 = 12,8 \text{ ml}$$

$$3. 0.00 - 12,5 = 12,5 \text{ ml}$$

$$\text{Rata-rata} = 12,7 \text{ ml}$$

- Volume titrasi HCl untuk blanko = 8,2 ml

- Berat molekul HCl = 28,05

- Berat sampel = 0,6538 g

- Penyabunan \rightarrow $= \frac{(A-B) \times 28,05}{\text{gram}}$

$$= \frac{(12,8 - 8,2) \times 28,05}{0,6538 \text{ gram}}$$

$$= 193,06 \text{ mg KOH/g}$$

4. Perhitungan bilangan Asam

- Volume titrasi KOH pada sampel :

$$1. 0,00 - 4,0 \text{ ml} = 4,0 \text{ ml}$$

$$2. 0,00 - 5,5 \text{ ml} = 5,5 \text{ ml}$$

$$3. 0,00 - 5,0 \text{ ml} = 5,0 \text{ ml}$$

$$\text{Rata-rata} = 5,0 \text{ ml}$$

- Normalitas KOH = 0,1 N

- Berat molekul KOH = 56,1

- Berat sampel minyak = 10 g

$$\begin{aligned} \text{Bilangan asam} \rightarrow &= \frac{A \times N \times 56,1}{\text{gram}} \\ &= \frac{5,0 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} \times 56,1}{10 \text{ gram}} \\ &= 2,805 \text{ mg KOH/g} \end{aligned}$$

5. Perhitungan bilangan Peroksida

$$S \text{ (ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ sampel)} = 1. 1,3 \text{ ml}$$

$$2. 1,3 \text{ ml}$$

$$3. 1,4 \text{ ml}$$

$$\text{Rata-rata } 1,37 \text{ ml}$$

$$B \text{ (ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ blanko)} = 1. 1,4 \text{ ml}$$

$$2. 1,35 \text{ ml}$$

$$3. 1,4 \text{ ml}$$

$$\text{Rata-rata } 1,38 \text{ ml}$$

$$\text{Normalitas Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0,1 \text{ N}$$

$$\text{Berat sampel} = 5 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Peroxida} \rightarrow &= \frac{(S - B) \times N \times 1000}{\text{gram}} \\ &= \frac{(1,37 - 1,38 \text{ ml}) \times 0,1 \text{ N} \times 1000}{5 \text{ gram}} \\ &= 0,2 \text{ mek/kg} \end{aligned}$$

Lampiran 12. Perhitungan dosis

Dosis biji mahoni : 100 mg/kg BB tikus = 0,1 g/kg BB tikus

Berat jenis : 0,919 g/ml

Konversi tikus ke manusia : 56,0

$$\text{Dosis} : \frac{0,1 \text{ g/kg BB tikus}}{0,919 \text{ g/ml}} \times 1 \text{ ml}$$

$$: 0,108 \text{ ml/kg BB tikus}$$

$$: \frac{(0,108:5) \text{ ml}}{(1000:5) \text{ g}}$$

$$: \frac{0,0216 \text{ ml}}{200 \text{ g}}$$

$$: 0,0216 \text{ ml}/200 \text{ g BB tikus}$$

$$: 0,0216 \text{ ml} \times 56$$

$$: 1,2096 \text{ ml}$$

$$: 1,3 \text{ ml}$$

$$: 1,3\% \text{ v/v}$$

Lampiran 13. Hasil ukuran partikel dan distribusi ukuran

PVA konsentrasi 3%

Size Distribution Report by Intensity

v2.2



Sample Details

Sample Name: Sample PVA-F5 1

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: dilute 0.5 : 10

File Name: Aswadi_090318.dts

Dispersant Name: Water

Record Number: 22

Dispersant RI: 1,330

Material RI: 1,52

Viscosity (cP): 0,8872

Material Absorbtion: 0,010

Measurement Date and Time: 09 Maret 2018 14:55:32

System

Temperature (°C): 25,0

Duration Used (s): 60

Count Rate (kcps): 357,5

Measurement Position (mm): 4,65

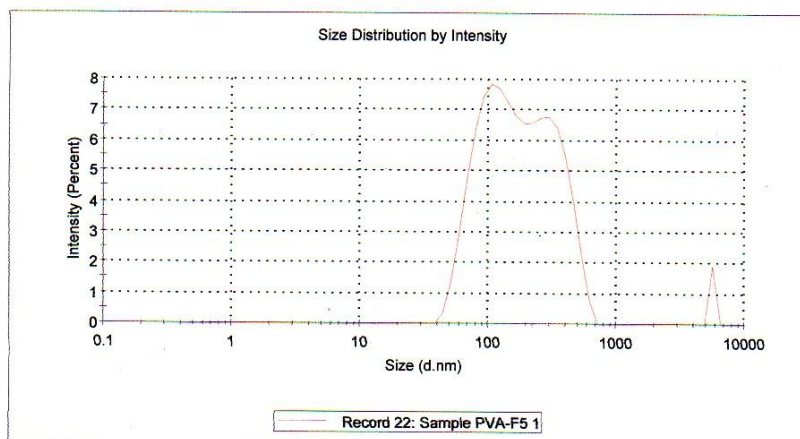
Cell Description: Disposable sizing cuvette

Attenuator: 8

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 195,6	Peak 1: 116,5	55,7	40,91
PdI: 0,496	Peak 2: 312,8	42,5	102,7
Intercept: 0,912	Peak 3: 5560	1,8	6,104e-5

Result quality **Refer to quality report**



Na-Alginat 0,4%

Size Distribution Report by Intensity

v2.2



Sample Details

Sample Name: Sample Na Alginate - F2 1

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: dilute 0.5 : 10

File Name: Aswadi_090318.dts

Dispersant Name: Water

Record Number: 28

Dispersant RI: 1,330

Material RI: 1,52

Viscosity (cP): 0,8872

Material Absorbtion: 0,010

Measurement Date and Time: 09 Maret 2018 15:15:15

System

Temperature (°C): 25,0

Duration Used (s): 60

Count Rate (kcps): 400,1

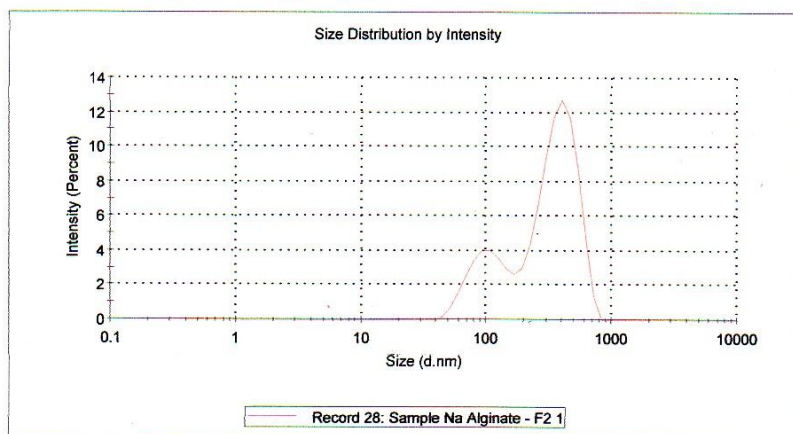
Measurement Position (mm): 4,65

Cell Description: Disposable sizing cuvette

Attenuator: 8

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 419,9	Peak 1: 381,0	74,8	125,6
Pdl: 0,501	Peak 2: 103,7	25,2	32,46
Intercept: 0,903	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**

HPMC konsentrasi 0,3%

Size Distribution Report by Intensity

v2.2



Sample Details

Sample Name: Sample hpmc - F2 1

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: dilute 0.5 : 10

File Name: Aswadi_090318.dts

Dispersant Name: Water

Record Number: 43

Dispersant RI: 1,330

Material RI: 1,52

Viscosity (cP): 0,8872

Material Absorbtion: 0,010

Measurement Date and Time: 09 Maret 2018 16:10:52

System

Temperature (°C): 25,0

Duration Used (s): 60

Count Rate (kcps): 263,3

Measurement Position (mm): 4,65

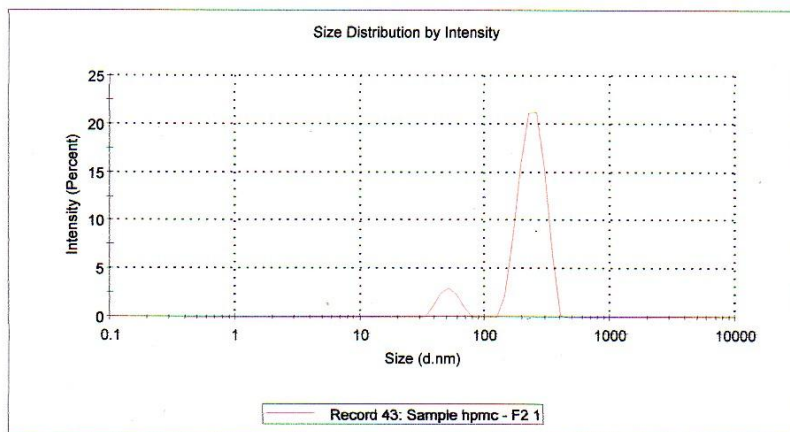
Cell Description: Disposable sizing cuvette

Attenuator: 7

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 328,4	Peak 1: 238,1	90,1	51,37
Pdl: 0,474	Peak 2: 50,99	9,9	8,701
Intercept: 0,915	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality Refer to quality report



Lampiran 14. Hasil ukuran partikel, distribusi ukuran dan zeta potensial 4 minggu

PVA konsentrasi 3%

Size Distribution Report by Intensity

v2.2



Sample Details

Sample Name: Aswadi PVA F5 FISIK 1

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: 0.5:10

File Name: ASWADI_160318.dts

Dispersant Name: Water

Record Number: 20

Dispersant RI: 1,330

Material RI: 1,52

Viscosity (cP): 0,8872

Material Absorbtion: 0,010

Measurement Date and Time: 16 Maret 2018 11:24:26

System

Temperature (°C): 25,0

Duration Used (s): 60

Count Rate (kcps): 429,1

Measurement Position (mm): 4,65

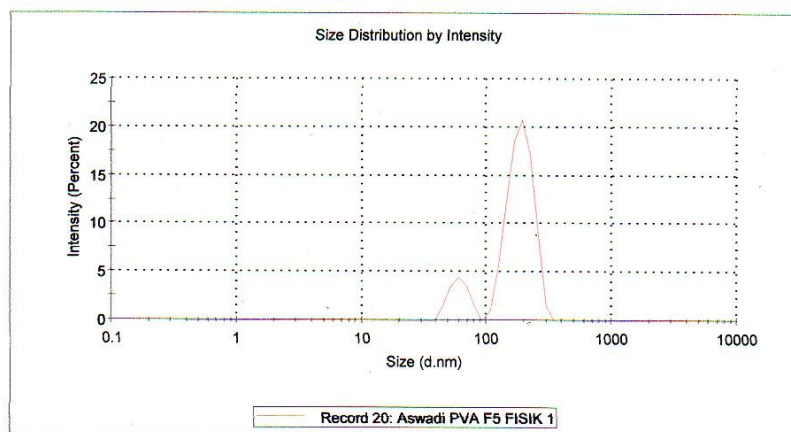
Cell Description: Disposable sizing cuvette

Attenuator: 8

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 430,4	Peak 1: 187,0	85,5	40,91
Pdl: 0,461	Peak 2: 59,68	14,5	9,969
Intercept: 0,930	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Refer to quality report**



Na-Alginat konsentrasi 0,4%

Size Distribution Report by Intensity

v2.2



Sample Details

Sample Name: Aswadi NA F2 FISIK 1

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: 0,5:10

File Name: ASWADI_160318.dts

Dispersant Name: Water

Record Number: 26

Dispersant RI: 1,330

Material RI: 1,52

Viscosity (cP): 0,8872

Material Absorbtion: 0,010

Measurement Date and Time: 16 Maret 2018 11:47:06

System

Temperature (°C): 25,0

Duration Used (s): 80

Count Rate (kcps): 131,5

Measurement Position (mm): 4,65

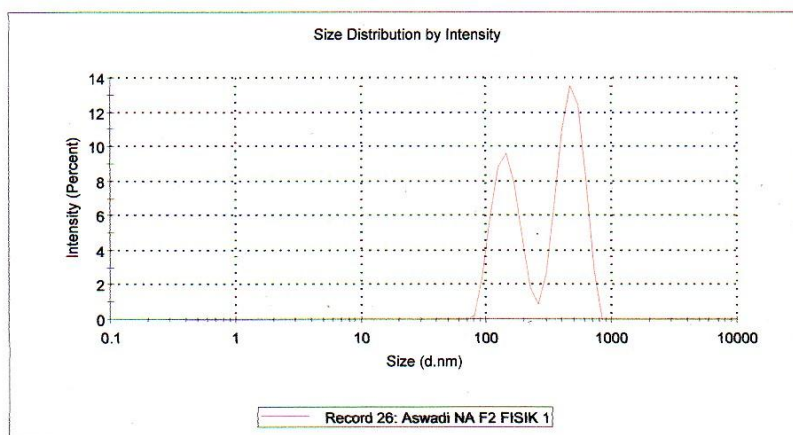
Cell Description: Disposable sizing cuvette

Attenuator: 7

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 495,5	Peak 1: 472,1	57,7	108,0
Pdl: 0,488	Peak 2: 144,7	42,3	36,34
Intercept: 0,954	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality Refer to quality report



HPMC konsentrasi 0,3%

Size Distribution Report by Intensity

v2.2



Sample Details

Sample Name: Aswadi HPMC F2 FISIK 1

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: 0,5:10

File Name: ASWADI_160318.dts

Dispersant Name: Water

Record Number: 23

Dispersant RI: 1,330

Material RI: 1,52

Viscosity (cP): 0,8872

Material Absorbtion: 0,010

Measurement Date and Time: 16 Maret 2018 11:35:20

System

Temperature (°C): 25,0

Duration Used (s): 70

Count Rate (kcps): 169,4

Measurement Position (mm): 4,65

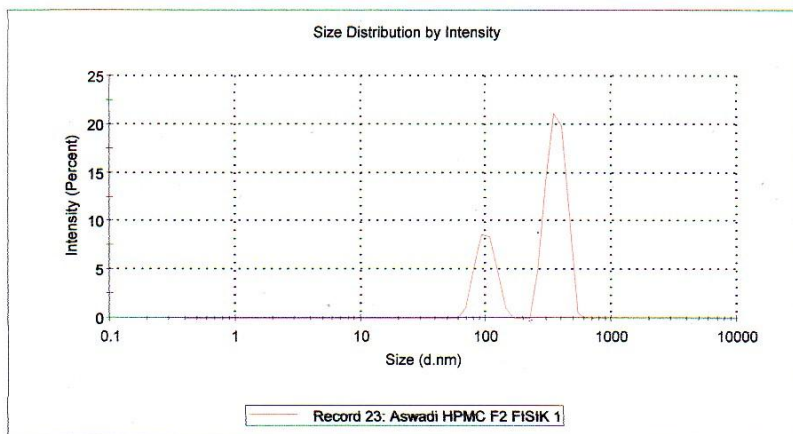
Cell Description: Disposable sizing cuvette

Attenuator: 7

Results

	Size (d.n...	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 706,1	Peak 1: 360,0	70,8	60,96
Pdl: 0,661	Peak 2: 99,29	29,2	17,21
Intercept: 0,960	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality Refer to quality report



Zeta potential PVA 3%

Zeta Potential Report

v2.3



Malvern Instruments Ltd - © Copyright 2008

Sample Details

Sample Name: ASWA PVA F5 FISIK 1

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: 0,5:10

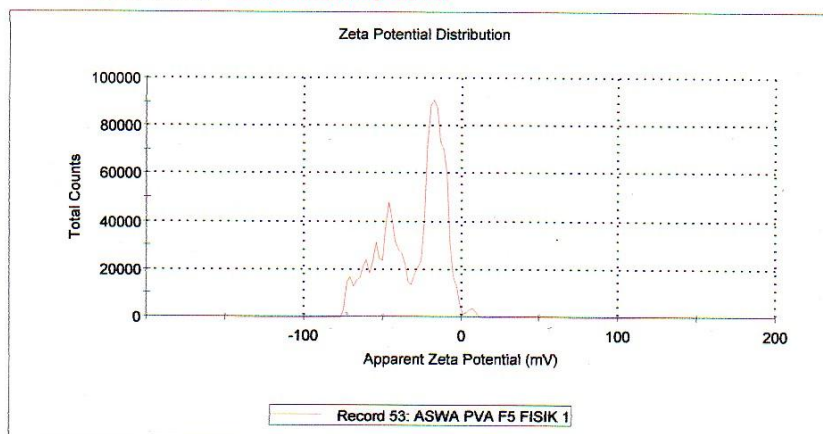
File Name: ASWADI_160318.dts	Dispersant Name: Water
Record Number: 53	Dispersant RI: 1,330
Date and Time: 16 Maret 2018 14:44:35	Viscosity (cP): 0,8872
	Dispersant Dielectric Constant: 78,5

System

Temperature (°C): 25,0	Zeta Runs: 13
Count Rate (kcps): 35,5	Measurement Position (mm): 4,50
Cell Description: Zeta dip cell	Attenuator: 3

Results

	Mean (mV)	Area (%)	St Dev (mV)
Zeta Potential (mV): -30,2	Peak 1: -16,6	55,5	6,49
Zeta Deviation (mV): 19,9	Peak 2: -42,5	22,2	5,20
Conductivity (mS/cm): 0,00573	Peak 3: -54,1	9,3	2,73

Result quality **See result quality report**

Zeta potential Na-Alginat 0,4%

Zeta Potential Report

v2.3



Malvern Instruments Ltd - © Copyright 2008

Sample Details

Sample Name: ASWA NA F2 FISIK 1

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: 0,5:10

File Name: ASWADI_160318.dts

Dispersant Name: Water

Record Number: 47

Dispersant RI: 1,330

Date and Time: 16 Maret 2018 14:27:26

Viscosity (cP): 0,8872

Dispersant Dielectric Constant: 78,5

System

Temperature (°C): 25,0

Zeta Runs: 14

Count Rate (kcps): 358,3

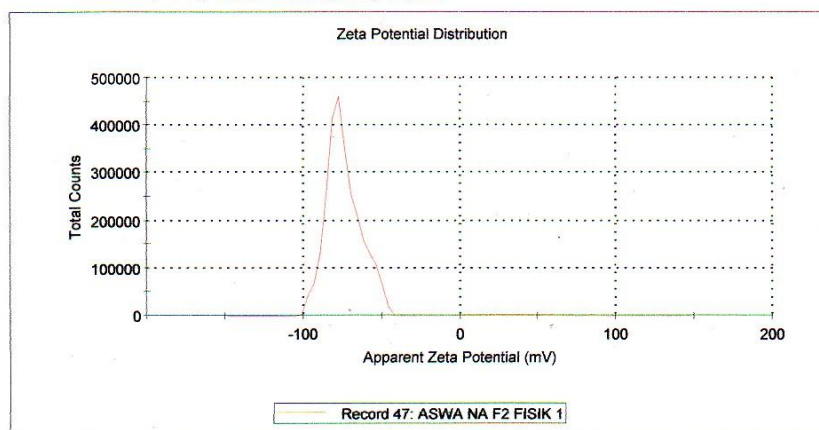
Measurement Position (mm): 4,50

Cell Description: Zeta dip cell

Attenuator: 4

Results

	Mean (mV)	Area (%)	St Dev (mV)
Zeta Potential (mV): -74,1	Peak 1: -74,1	100,0	11,0
Zeta Deviation (mV): 11,0	Peak 2: 0,00	0,0	0,00
Conductivity (mS/cm): 0,0101	Peak 3: 0,00	0,0	0,00

Result quality **See result quality report**

Zeta potential HPMC 0,3%

Zeta Potential Report

v2.3



Malvern Instruments Ltd - © Copyright 2008

Sample Details

Sample Name: ASWA HPMC F2 FISIK 1

SOP Name: mansettings.nano

General Notes: 0,5:10

File Name: ASWADI_160318.dts	Dispersant Name: Water
Record Number: 50	Dispersant RI: 1,330
Date and Time: 16 Maret 2018 14:37:10	Viscosity (cP): 0,8872
	Dispersant Dielectric Constant: 78,5

System

Temperature (°C): 25,0	Zeta Runs: 12
Count Rate (kcps): 1925,2	Measurement Position (mm): 4,50
Cell Description: Zeta dip cell	Attenuator: 4

Results

	Mean (mV)	Area (%)	St Dev (mV)
Zeta Potential (mV): -38,1	Peak 1: -50,7	39,3	4,63
Zeta Deviation (mV): 14,0	Peak 2: -39,6	26,1	3,24
Conductivity (mS/cm): 0,00604	Peak 3: -20,7	18,4	4,20

Result quality **See result quality report**

