

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOFILM DARI GETAH JARAK
PAGAR (*JATROPHA CURCAS L.*), KITOSAN, DAN GELATIN DENGAN
METODE BLENDING**

SKRIPSI

Oleh:
M. IQBAL MAGHFUR
NIM. 12630017



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOFILM DARI GETAH JARAK
PAGAR (*JATROPHA CURCAS L.*), KITOSAN, DAN GELATIN DENGAN
METODE BLENDING**

SKRIPSI

Oleh:
M. IQBAL MAGHFUR
NIM. 12630017

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOFILM DARI GETAH JARAK
PAGAR (JATROPHA CURCAS L.), KITOSAN, DAN GELATIN DENGAN
METODE BLENDING**

SKRIPSI

Oleh:
M. IQBAL MAGHFUR
NIM. 12630017

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 26 Juni 2018

Pembimbing I

Eny Yulianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006

Pembimbing II

Ahmad Hanapi, M.Sc
NIDT. 19851225 20160801 1 069

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia




Elok Kamilah Hayati, M. Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOFILM DARI GETAH JARAK
PAGAR (JATROPHA CURCAS L.), KITOSAN, DAN GELATIN DENGAN
METODE BLENDING**

SKRIPSI

Oleh:
M. IQBAL MAGHFUR
NIM. 12630017

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 26 Juni 2018

Penguji Utama : Dr. Anton Prasetyo, M.Si
NIP. 19770925 200604 1 003



Ketua Penguji : Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si
NIDT. 19831226 20180201 2 249



Sekretaris Penguji : Eny Yulianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006



Anggota Penguji : Ahmad Hanapi, M.Sc
NIDT. 19851225 20160801 1 069



**Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia**



Elok Kamilah Hayati, M. Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Iqbal Maghfur

NIM : 12630017

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Kimia

Judul Penelitian : “Sintesis Dan Karakterisasi Biofilm Dari Getah Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*), Kitosan, Dan Gelatin Dengan Metode Blending”

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 26 Juni 2018
Yang Membuat Pernyataan,



M. Iqbal Maghfur
NIM. 12630017

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang, atas segala nikmat dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOFILM DARI GETAH JARAK PAGAR (*JATROPHA CURCAS L.*), KITOSAN, DAN GELATIN DENGAN METODE BLENDING”** dengan sebaik mungkin. Shalawat serta salam selalu penulis haturkan pada Nabi Muhammad SAW, sosok teladan personal dalam membangun “role model” budaya pemikiran dan peradaban akademik. Untuk itu, iringan doa dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Muhammad Sohib dan Ibu Chusnul Chotimah selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa kepada penulis dalam menuntut ilmu dan membangun nilai tanggung jawab.
2. Bapak Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag. selaku rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si. selaku ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Ibu Eny Yulianti, M.Si., Ibu Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si., Bapak Ahmad Hanapi, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk senantiasa membimbing dan memberikan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si. selaku dosen penguji dalam skripsi yang telah memberikan saran-saran untuk kesempurnaan dalam penulisan skripsi ini.
7. Segenap civitas akademika Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan motivasi, pengalaman, dan pengetahuannya kepada penulis.
8. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Karangploso Malang yang telah membantu dalam penyediaan sampel getah batang jarak pagar.

9. Keluarga besar kontrakan jl. Vinolia, dan kos sunan ampel terkhusus M. Habibi Mahfud, S.P. dan Iqbal Ramadhan Kiswara, S.P. yang telah membantu penulis dalam pengambilan sampel getah batang jarak pagar.
10. Keluarga besar C₃H₈ 2012 yang selalu sedia berbagi cerita dalam bangku kuliah hingga tercapainya skripsi ini.
11. Himaska “Helium”, UKM KOPMA Padang Bulan, Ikahimki, PMII rayon pencerahan “Galileo”, dan Sukses Berkah Community (SBC) yang telah memberikan banyak pengalaman dan pengetahuan di luar bangku kuliah hingga tercapainya skripsi ini.
12. Kepada semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa moril maupun materil.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi sarana pembuka tabir ilmu pengetahuan baru dan bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Malang, 26 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jarak Pagar (<i>Jatropha Curcas L.</i>).....	6
2.1.1 Klasifikasi Ilmiah Jarak Pagar (<i>Jatropha Curcas L.</i>).....	7
2.1.2 Kandungan Jarak Pagar (<i>Jatropha Curcas L.</i>).....	8
2.2 Kitosan	9
2.2.1 Sifat-Sifat Kitosan	10
2.3 Gelatin	12
2.4.1 Sifat-Sifat Gelatin.....	13
2.4 Benang Jahit Operasi	14
2.4.1 Benang Jahit Operasi <i>Absorbable</i>	15
2.5 Sifat Mekanik.....	16
2.6 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	18
2.6 Seruan al-Quran Untuk Mendalami Sains dan Teknologi	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Tahapan Penelitian.....	21
3.4 Rancangan Penelitian.....	22
3.5 Prosedur Pelaksanaan	22
3.5.1 Pengambilan Getah Jarak Pagar (<i>Jatropha Curcas L.</i>)..	22
3.5.2 Preparasi Larutan Gelatin 3% dan Kitosan 5%	22
3.5.3 Pembuatan <i>Film/Lapisan</i>	23
3.6 Karakterisasi	24
3.6.1 Uji Sifat Mekanik	24
3.6.2 Analisis Gugus Fungsi	25

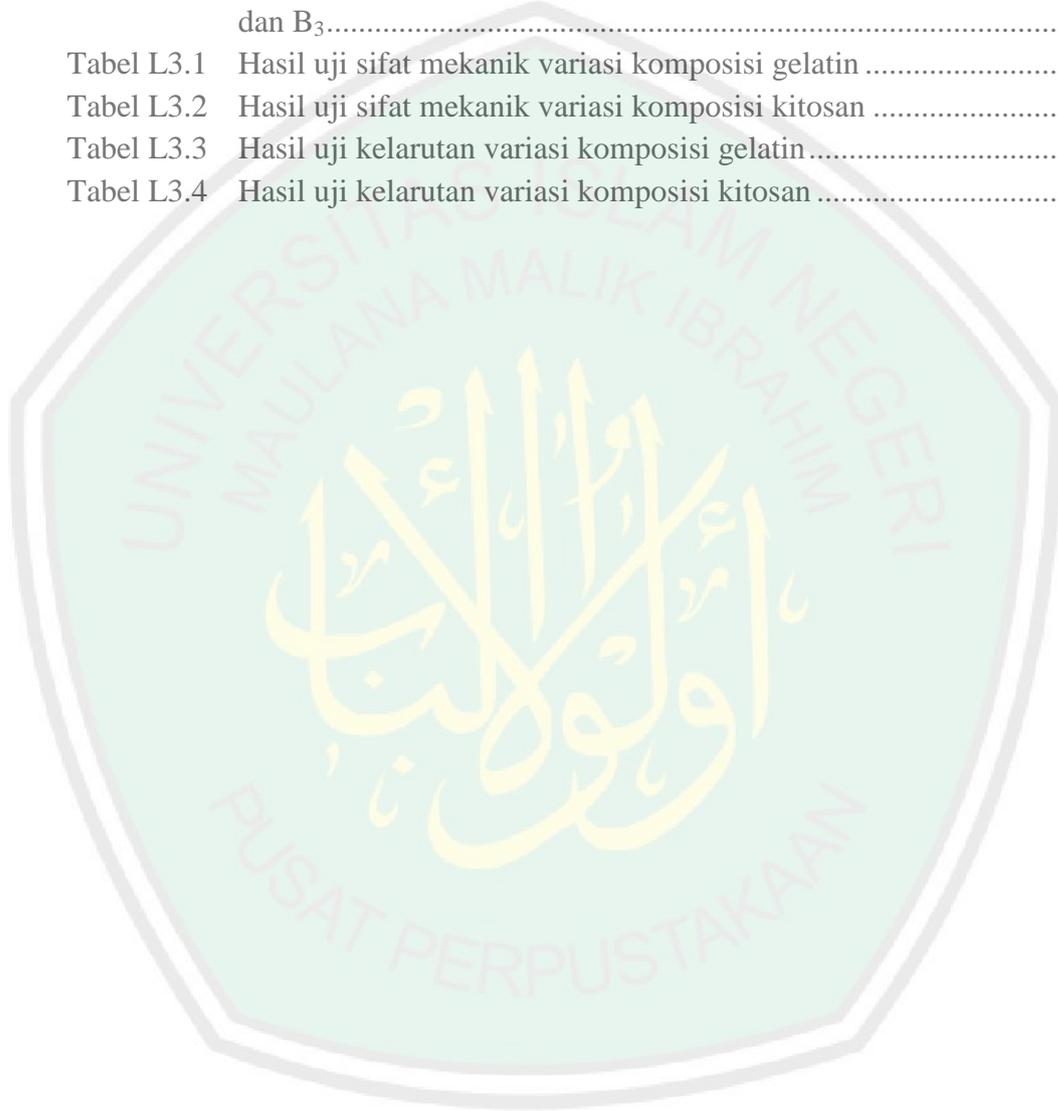
3.6.3 Uji Kelarutan.....	25
3.7 Analisis Data.....	25
3.7.1 Analisis Sifat Mekanik	25
3.7.2 Analisis Gugus Fungsi.....	26
3.7.3 Analisis Kelarutan	27
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Preparasi Material.....	28
4.2 Uji Sifat Mekanik	31
4.2.1 Variasi Komposisi Gelatin	32
4.2.1 Variasi Komposisi Kitosan.....	36
4.3 Analisis Gugus Fungsi	40
4.4 Uji Kelarutan	45
4.4 Pemanfaatan Hewan dan Tumbuhan Dalam Perspektif Islam..	46
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tanaman jarak pagar (<i>Jatropha Curcas L.</i>).....	7
Gambar 2.2	Struktur kitosan.....	10
Gambar 2.3	Struktur gelatin	13
Gambar 2.4	(a) Mekanisme spesimen patah (b) gaya tarik terhadap pertambahan panjang	17
Gambar 3.1	Dimensi spesimen uji tarik	24
Gambar 3.2	Uji sifat mekanik (a) tensile strenght, (b) elongation at break, (c) modulus Young	26
Gambar 3.3	Uji kelarutan	27
Gambar 4.1	Pengambilan getah jarak pagar	29
Gambar 4.2	(a) Larutan getah jarak pagar, kitosan, gelatin (b) <i>Film/Lapisan</i>	31
Gambar 4.3	(a) Sampel sebelum diuji kuat tarik (b) sampel setelah diuji kuat tarik (variasi komposisi gelatin)	32
Gambar 4.4	Grafik hubungan sifat mekanik terhadap variasi komposisi gelatin (a) <i>tensile strenght</i> (TS) (b) <i>elongation at break</i> (EAB) *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (A ₁ =2:8:8, A ₂ =2:8:9, A ₃ =2:8:10, A ₄ =2:8:11, A ₅ =2:8:12)	33
Gambar 4.5	Grafik hubungan sifat mekanik <i>modulus Young</i> (E) terhadap variasi komposisi gelatin. *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (A ₁ =2:8:8, A ₂ =2:8:9, A ₃ =2:8:10, A ₄ =2:8:11, A ₅ =2:8:12).....	35
Gambar 4.6	Sampel setelah diuji (variasi komposisi kitosan).....	37
Gambar 4.7	Grafik hubungan sifat mekanik terhadap variasi komposisi kitosan (a) <i>tensile strenght</i> (TS) (b) <i>elongation at break</i> (EAB) terhadap variasi kitosan. *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (B ₁ =2:8:10, B ₂ =2:10:10, B ₃ =2:11:10, B ₄ =2:12:10).....	38
Gambar 4.8	Grafik hubungan sifat mekanik <i>modulus Young</i> (E) terhadap variasi komposisi kitosan. *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (B ₁ =2:8:10, B ₂ =2:10:10, B ₃ =2:11:10, B ₄ =2:12:10).....	39
Gambar 4.9	Spektra FTIR (a) getah jarak pagar, (b) kitosan, (c) gelatin, (d) <i>film</i> A ₃ , (e) <i>film</i> A ₅ , dan (f) <i>film</i> B ₄ *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (A ₃ =2:8:10, A ₅ =2:8:12, B ₄ =2:12:10).....	41
Gambar 4.10	Uji kelarutan variasi komposisi gelatin	46
Gambar 4.11	Uji kelarutan variasi komposisi kitosan.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar mutu kitosan	11
Tabel 3.1	Analisis gugus fungsi.....	27
Tabel 4.1	Hasil spektra FTIR getah jarak pagar, kitosan, gelatin, A ₃ , A ₅ , dan B ₃	42
Tabel L3.1	Hasil uji sifat mekanik variasi komposisi gelatin	61
Tabel L3.2	Hasil uji sifat mekanik variasi komposisi kitosan	63
Tabel L3.3	Hasil uji kelarutan variasi komposisi gelatin.....	64
Tabel L3.4	Hasil uji kelarutan variasi komposisi kitosan	67



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Skema Kerja	55
Lampiran 2.	Perhitungan Pembuatan Larutan	59
Lampiran 3.	Perhitungan Analisis Data.....	61



ABSTRAK

Maghfur, Muhammad Iqbal. 2018. **Sintesis Dan Karakterisasi Biofilm Dari Getah Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*), Kitosan, Dan Gelatin Dengan Metode Blending**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Eny Yulianti, M.Si; Pembimbing II: Ahmad Hanapi, M.Sc; Konsultan: Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si.

Kata Kunci: Jarak Pagar, Kitosan, Gelatin, *film*, *Tensile Strenght*, FTIR

Jarak pagar merupakan salah satu tanaman yang sering digunakan sebagai obat penutup luka. Kitosan sebagai polimer alami sifatnya tidak beracun dan *biodegradable*. Gelatin merupakan protein hasil dari denaturasi kolagen, dalam penelitian ini berfungsi sebagai *plasticizer* untuk memperbaiki sifat mekanik *film*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perpaduan material getah jarak pagar, kitosan, dan gelatin sebagai aplikasi biomedis. Material terpadu tersebut didapatkan dalam bentuk *film*/lapisan sebagai tinjauan awal penelitian.

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu variasi komposisi gelatin dan variasi komposisi kitosan. Komposisi tersebut masing-masing dikarakterisasi dengan *tensile strenght* untuk mengetahui nilai kuat tarik, regangan, dan *modulus Young*. Diuji FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dan uji kelarutan menggunakan pelarut *phospat bufferes saline* (PBS).

Berdasarkan uji *tensile strenght*, gelatin dapat memperbaiki sifat kitosan yang kaku dan getas. Komposisi 2:8:12 memiliki nilai kuat tarik, regangan, dan *modulus Young* rendah sedangkan yang tinggi adalah komposisi 2:12:10. Berdasarkan uji FTIR, terjadi perpanjangan dan pergeseran gugus OH pada bilangan gelombang 3428,4; 3447,2; dan 3447,2 cm^{-1} . Pada uji kelarutan dalam larutan *phosphate buffered saline* (PBS) didapatkan bahwa, komposisi 2:8:12 memiliki kelarutan paling tinggi sedangkan 2:12:10 memiliki kelarutan paling rendah.

ABSTRACT

Maghfur, Muhammad Iqbal. 2018. **Synthesis and Characteritation Biofilm From *Jatropha Curcas L.*, Chitosan, and Gelatin With blending Method.** Thesis. Chemistry Department of Sains and Technology Faculty State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. ¹st supervisor: Eny Yulianti, M.Si; ²nd supervisor: Ahmad Hanapi, M.Sc; Consultant: Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si.

Kata Kunci: *Jatropha Curcas*, Chitosan, Gelatin, Film, Tensile Strenght, FTIR

Jatropha curcas is one of the plants that usually used to wound dressing. The characteristic of chitosan as a natural polymer is non-toxic and biodegradable. Gelatin is a protein that taken from denaturation of collagen. It can be used to improve the mechanical properties of the film. This aims of this study is to determine the *jatropha curcas*, chitosan, and gelatin blend as a biomedical applications. The blending material is obtained in the form of film / layer as a preliminary review of the research.

This research has in two stages, namely variation of gelatin composition and chitosan composition. The composition of each characterized by tensile test to determine the value of tensile strength, strain, and Young's modulus. FTIR tested for functional groups and solubility test using phosphate bufferes saline (PBS) solvent.

Based on the tensile strenght test, gelatin can improve the chitosan properties are rigid and brittle. Composition 2: 8: 12 has a value of tensile strength, strain, and Young's modulus is low while the high is the composition of 2:12:10. Based on the FTIR test, there is an extension and shift of OH group at wave number 3428,4; 3447.2; and 3447.2 cm^{-1} . In the solubility test in the phosphate buffered saline (PBS) solution it was found that the composition of 2: 8: 12 has the highest solubility while 2:12:10 has the lowest solubility.

الملخص

مغفور, محمد إقبال, 2018 , التوليف , و خصائص بيوفيلم الجاتروفا كوركاس , كيتوسان, و هلام, بطريقة المزج. البحث الجامعي . قسم الكيمياء, كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. مشرف الأول: أني يولياني الماجستير, مشرف الثاني: أحمد حنفي الماجستير, مستشار: مفتاح الخيرة الماجستير.

نقاط الحاكمة: نسغ الجاتروفا كوركاس, كيتوسان, هلام, فيلم, قوة الشدة

تعد نسغ الجاتروفا كوركاس من نوع النباتات تستخدم في عدة المرات لدواء لقصص على الجرح. كيتوسان هو "polymer" و ذاتها لا يسم, كما أنها سهلة تحليلها مع الجراثيم (*biodegradable*). و أما الهلام كبروتينين من ديناتوراسي عنصر بروتين العظمي, ووظيفة هذا البحث هو *plasticizer* لتصحيح صفة تحريك الفيلم. يستفيد هذا البحث لغاية معرفة العلم عن ارتباط المادة لنسغ الجاتروفا كوركاس, كيتوسان, و الهلام لتطبيقات بيولوجية الطبية. و هذا المادة الكاملة توجد في شكل الفيلم/الليفة كاعتبار الأول للبحوث.

يعمل هذا البحث في مرحلتين يعني تشكيلة مكونة الهلام و مكونة كيتوسان. و هذه المكونة لكل قسم من أقسام لها الخصائص مع عالة قوة الشدة ليعرف قيمة من قوة الشدة و التمديد و المطاطي. التالي بتحريية مع العالة FTIR ليعرف "functional group" تجريبية التحليل باستخدام المحلول الصناعي يسمى (*phosphat bufferes saline*(PBS). حسب على التحريية قوة الشدة بأن الهلام يصلح صفة كيتوسان الذي يجرى على صفة النسغ. بقدر المكونة: 2:8:12 يمتلك قيمة قوة الشدة, التمديد, و المطاطي مجرور بالرغم من رفته بقدر المكونة: 2:12:10 حسب التحريية FTIR حدث تطويل و تنقل عوامل "OH" بعدد الانسياب: 3428,4:3447,2 و 3447,2⁻¹cm. متوقف على تجريبية تحليل المحلول (*phosphat bufferes saline*(PBS) فوجد أنه بمقدر المكونة: 2:8:12 يمتلك أعلى المحلول و على عكس ذلك قدر 2:12:10 يمتلك أسفل المحلول.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zaman dahulu manusia menggunakan benda atau bahan disekitarnya untuk menolong hidupnya karena teknologi yang belum berkembang dan masih minimnya obat-obat pabrik. Tanaman obat keluarga (toga) merupakan tanaman yang berfungsi sebagai obat yang biasanya di tanam di pekarangan atau halaman rumah. Tanaman yang dipercaya dapat mengobati penyakit salah satunya adalah getah batang jarak pagar untuk menyembuhkan luka. Perkembangan sains dan teknologi yang semakin pesat memberikan peluang inovatif untuk memaksimalkan sifat tanaman obat, yang mana dalam penelitian ini adalah jarak pagar. Material yang dipilih adalah yang mudah diperoleh, biokompatibel atau sesuai dengan jaringan tubuh, bioaktif dan tidak menyebabkan infeksi sehingga mempercepat proses penyembuhan, dan efek terhadap pembengkakan jaringan minimal (Anjayani, 2009).

Allah SWT telah menciptakan segala sesuatu yang tentu memiliki manfaat. Penciptaan alam dan seisinya seperti hewan dan tumbuh-tumbuhan mempunyai manfaatnya masing-masing untuk mendukung kehidupan manusia (Shihab, 2001). Sebagaimana firman Allah SWT dalam al-Quran surat Luqman ayat 10:

خَلَقَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا وَأَلْقَى فِي الْأَرْضِ رَوْسِي أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ
وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ
كَرِيمٍ ۝ ۱۰

Artinya: Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Diaa meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis

binatang dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik (Q.S Luqman 31:10).

Menurut tafsir Ibnu Katsir ayat tersebut menerangkan tentang kekuasaan Allah SWT yang agung dalam penciptaan langit dan bumi serta segala isinya. “*segala macam jenis binatang*” dalam ayat tersebut menerangkan bahwa di atas bumi diciptakan berbagai jenis hewan yang tidak kita ketahui jumlah, bentuk, serta warnanya kecuali Yang menciptakan. Allah SWT telah menetapkan bahwa Dia adalah maha pencipta, maka kita sebagai manusia yang beriman harus percaya bahwa Dia adalah maha pemberi rizki dengan segala firman-Nya. “*dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik*” yaitu segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik, yaitu indah dipandang dan bermanfaat. Berdasarkan ayat tersebut Allah SWT menciptakan langit dan bumi serta isinya dengan berbagai manfaat. Hal ini tidak terkecuali pada getah jarak pagar, kitosan, dan gelatin yang digunakan sebagai material dasar dalam penelitian ini. Manusia merupakan makhluk ciptaan Allah SWT yang dikaruniai berbagai kelebihan salah satunya akal. Manusia dapat menggunakan akalnya untuk berpikir terhadap tanda-tanda kebesaran Allah SWT.

Kitosan merupakan suatu jenis polisakarida yang telah diperoleh dari hasil deasetilasi kitin yang umumnya berasal dari limbah kulit hewan *crustacea*. Kitosan memiliki sifat biokompatibel yang artinya, sifatnya tidak beracun, dan mudah diuraikan oleh mikroba (*biodegradable*) sebagai polimer alami. Sifat fisik yang khas pada kitosan yaitu mudah dibentuk menjadi larutan, membran, gel, maupun serat yang sangat bermanfaat dalam pemanfaatannya (Anjayani, 2009). Menurut hasil penelitian Judawisastra, dkk. (2012) serat kitosan memiliki kekuatan tarik sebesar 38,4 MPa sampai 80,4 MPa. Tingginya sifat mekanik yang

didapatkan maka dibutuhkan bahan zat aditif (aman bagi tubuh) untuk memperbaiki sifat mekanik dari kitosan agar tidak mudah rapuh.

Gelatin merupakan salah satu protein yang berasal dari hasil denaturasi kolagen, umumnya berasal dari protein hewani (tulang sapi). Gelatin hingga saat ini dapat digunakan sebagai zat aditif untuk memperbaiki sifat mekanik suatu bahan. Sifat yang dimiliki gelatin dapat berubah secara *reversible* dari bentuk sol menjadi gel, dapat membentuk film, serta dapat melindungi sistem koloid. Sifat-sifat yang dimiliki gelatin tersebut menyebabkan gelatin lebih disukai dibandingkan bahan-bahan pembentuk gel lain seperti karagenan, pektin, gum arab (Maryani, 2010). Berdasarkan penelitian Saraswathy, dkk. (2001) melaporkan bahwa perpaduan material (kitosan-gelatin) yang telah digunakan tidak terjadi reaksi kimia, artinya karakteristik asli dari masing-masing komponen tidak hilang.

Aktivitas penyembuhan luka dengan benang jahit operasi telah banyak dilakukan namun, benang jahit operasi komersial yang beredar kebanyakan adalah *nonabsorbable* sehingga perlu ditarik setelah luka tertutup dan di Indonesia masih dalam aspek pengembangan (Dudley, 2000 dalam Nurjannah, 2015). Penelitian ini berinovasi memaksimalkan getah batang jarak pagar dengan menambahkan kitosan, dan gelatin untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Hasil yang didapatkan dikarakterisasi gugus fungsinya menggunakan FT-IR, kekuatan tarik dan pemanjangan menggunakan *tensile strength*, serta berapa lama penguraian dalam larutan *phosphat buffer saline* (PBS). Diharapkan dari perpaduan tersebut dapat menghasilkan material dengan sifat mekanik yang lebih baik, dapat terdegradasi, serta lebih aman sebagai penutup luka.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik FTIR dari *film* berbahan dasar getah jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*), kitosan, dan gelatin?
2. Bagaimana kekuatan tarik dan pemanjangan dari *film* berbahan dasar getah jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*), kitosan, dan gelatin?
3. Berapa lama kelarutan lapisan *film* yang dihasilkan dapat hancur oleh larutan *phosphat buffer saline* (PBS)?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui karakter FTIR dari *film* berbahan dasar getah jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*), kitosan, dan gelatin.
2. Untuk mengetahui kekuatan tarik dan pemanjangan dari *film* berbahan dasar getah jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*), kitosan, dan gelatin
3. Untuk mengetahui lama kelarutan *film* yang dihasilkan dapat hancur oleh larutan *phosphat buffer saline* (PBS).

1.4 Batasan Masalah

1. Karakteristik yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi gugus fungsi menggunakan FT-IR, sifat mekanik yakni kekuatan tarik dan pemanjangan menggunakan *paper tensile strength*, serta kelarutan benang jahit operasi.
2. Getah dari batang tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*) diambil dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Karangploso Malang.

3. Kitosan dan gelatin yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan dan gelatin yang telah dikomersialkan dan tanpa penanganan khusus.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat memanfaatkan potensi alam dan limbah di Indonesia.
2. Meningkatkan efektivitas penutupan luka setelah operasi.
3. Dapat menambah referensi ilmu pengetahuan terkait getah jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) sebagai tanaman obat tradisional.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*)

Tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai obat-obatan telah banyak dilakukan untuk menangani berbagai masalah kesehatan. Hal tersebut akan sangat mudah dilakukan oleh masyarakat Indonesia karena beberapa tumbuhan yang sangat mudah didapat atau ditanam di pekarangan sendiri. Tanaman jarak pagar adalah salah satu tumbuhan yang telah dimanfaatkan sebagai obat penutup luka, gatal-gatal, dan jamur di sela-sela kaki (Nuria dkk, 2009). Manusia telah diberi karunia akal untuk mencari tau berbagai manfaat tumbuhan yang ada di bumi. Berdasarkan hal tersebut haruslah kita dapat bersyukur karena telah ditumbuhkan berbagai macam tumbuhan yang memiliki banyak manfaat oleh Allah SWT sebagaimana tercantum dalam Q.S as-Syuara 26:7.

أَو لَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ۝٧

Artinya: "Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik? (Q.S as-Syuara 26:7)

Hal tersebut menunjukkan tanda kekuasaan Allah SWT yang memberikan banyak manfaat untuk tanaman salah satunya sebagai obat-obatan. Penafsiran ayat tersebut menurut Shihab (2001) yakni manusia akan mendapatkan petunjuk apabila mereka menggunakan akalnya untuk merenungi dan mengamati hal tersebut. Tumbuh-tumbuhan yang mendatangkan manfaat telah Allah SWT ciptakan di bumi yang mereka tinggali ini.

2.1.1 Klasifikasi Ilmiah Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*)

Masyarakat Indonesia telah menggunakan tanaman obat yang berkhasiat dalam mengobati penyakit tertentu secara turun temurun. Jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*) merupakan salah satu tanaman obat yang digunakan. *Jatropha curcas Linn* adalah nama latin dari tanaman jarak pagar dengan sistematik (taksonomi) tumbuhan dan kedudukan tanaman yang diklasifikasikan sebagai berikut (Hasibuan, 2016):



Gambar 2.1 Tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*) (Susilowati, 2014).

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Subdivisi : Angiosperma

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Euphorbiales

Family : Euphorbiaceae

Genus : *Jatropha*

Spesies : *Jatropha curcas Linn.*

2.1.2 Kandungan Getah Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*)

Getah jarak pagar mengandung senyawa aktif yang dapat dimanfaatkan sebagai obat. Senyawa flavanoid merupakan golongan terbesar dari senyawa fenol yang berfungsi sebagai antifungi, antiseptik, dan anti radang. Senyawa flavanoid sebagai antioksidan sangat efektif karena dapat mencegah penyakit kardiovaskuler dengan menurunkan oksidasi *low density protein* (LDL) (Johnson, 2001). Aktivitas antimikroba pada senyawa flavonoid sangat luas karena dapat mengurangi kekebalan pada organisme sasaran (Naidu, 2000). Menurut Hodek, dkk. (2002) Flavanoid yang terkandung dalam ekstrak kulit batang jarak pagar memiliki aktivitas biologis seperti anti-mikroba, anti-alergi. Di sisi lain flavanoid juga merupakan kelompok fitokimia yang menunjukkan aktivitas anti-oksidannya yang sangat tinggi.

Senyawa alkaloid memiliki aktivitas fisiologi dan psikologis yang cukup, sehingga banyak digunakan dalam bidang pengobatan. Senyawa alkaloid yang memiliki pengaruh fisiologi dan psikologis adalah kuinin, morfin, dan striknin. (Nurmillah, 2009). Senyawa saponin bersifat hipokolesterolemik, antikarsinogen, dan dapat meningkatkan sistem imun sehingga memiliki pengaruh biologis yang menguntungkan. Interaksi saponin dengan membran sterol dapat menghambat pertumbuhan atau membunuh mikroba (Nurmillah, 2009).

Tannin adalah senyawa organik yang disusun dari unsur C, H, O. Tannin memiliki sifat fungistatik, antiseptik, dan daya bakteriostatik sehingga dapat menghambat serangan serangga dan jamur (Lenny, 2006). Getah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan getah jarak pagar pada bagian batang karena diketahui mengandung flavonoid 22 %, saponin 48%, senyawa alkaloid 23% dan

tannin 37% yang mana persentasenya paling tinggi dibandingkan getah daunnya atau getah bijinya (Fathan, 2014).

2.2 Kitosan

Kitosan merupakan produk turunan dari polimer kitin yang dapat diperoleh dari hasil samping pengolahan industri perikanan, khususnya hewan *crustacea* (lobster, udang, dan kepiting). Hewan merupakan salah satu ciptaan Allah SWT dari berbagai makhluk di muka bumi. Hewan memiliki berbagai macam karakteristik yang berbeda-beda. Penciptaan alam dan seisinya seperti hewan mempunyai manfaat sangat besar (Shihab, 2001). Allah SWT berfirman dalam al-Quran surat an-Nahl ayat 5:

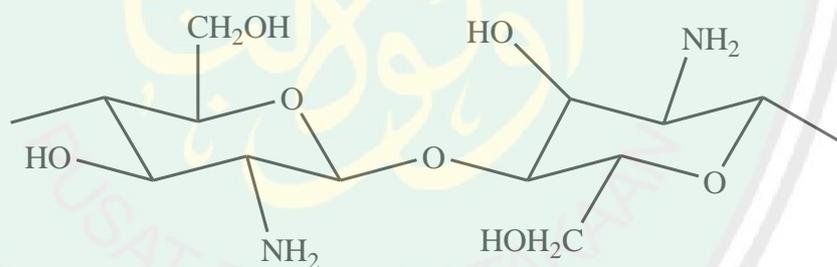
وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنْفَعٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ۝

Artinya: Dan Dia telah menciptakan binatang ternak untuk kamu; padanya ada (bulu) yang menghangatkan dan berbagai-bagai manfaat, dan sebahagiannya kamu makan (Q.S an-Nahl 16:5)

Ayat tersebut menerangkan bahwa Allah SWT menciptakan binatang ternak (lobster, udang, dan kepiting) untuk membantu kelangsungan hidup manusia, yang mana hewan tersebut memiliki banyak nutrisi yang dapat menjaga kesehatan manusia, banyak dimanfaatkan dalam bidang medis sebagai vitamin maupun obat, dan sebagian yang lainnya dimanfaatkan untuk dimakan. Menurut Ghoffar (2003) segala hal yang dapat dijangkau oleh indera manusia baik berupa binatang-binatang, tumbuh-tumbuhan, daratan dan lautan semuanya itu merupakan ketetapan dan kebesaran Allah SWT. Manusia merupakan ciptaan

Allah SWT yang berakal, oleh karena itu manusia dapat menggunakan akalnyanya untuk berpikir terhadap tanda-tanda kebesaran Allah SWT.

Kitosan berbeda dengan kebanyakan polisakarida yakni, didapat dengan cara kitin yang telah dihilangkan gugus asetilnya dan menyisakan gugus amina bebas yaitu β -(1,4)-*N*-asetil-*D*-glukosamin dan β -(1,4)-*D*-glukosamin. Gugus amino pada ikatan karbon ke-2, gugus hidroksil primer dan sekunder pada ikatan karbon ke-3 dan ke-6 merupakan gugus fungsional reaktif yang terdapat dalam kitosan. Gugus fungsi tersebut yang menjadikan kitosan bersifat polikationik yakni memiliki banyak muatan positif dari gugus nitrogennya, sehingga kitosan telah banyak dimanfaatkan dalam bidang pangan, biomedis, kosmetik, lingkungan, dan pertanian secara komersial. Struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Rochima, 2014).



Gambar 2.2 Struktur kitosan (Rochima, 2014).

2.2.1 Sifat-Sifat Kitosan

Kitosan dapat disebut sebagai polimer *multi* fungsional karena memiliki gugus-gugus fungsional seperti amino, hidroksil primer dan sekunder pada struktur glukosamin. Ikatan hidrogen pada kitosan tidak cukup kuat untuk membentuk struktur kristal yang kaku seperti pada kitin sehingga lebih mudah larut. Kelarutan

kitosan cenderung lebih mudah dalam larutan asam asetat ataupun metanol daripada dalam air, dan pelarut-pelarut organik (Anjayani, 2009).

Sifat alami yang dimiliki oleh kitosan dapat dibagi menjadi tiga yaitu, sifat kimia, biologi, dan fisik. Sifat kimia yang khas dari kitosan antara lain, polimer poliamin berbentuk linier, adanya gugus amino pada rantai karbonnya sehingga bermuatan positif. Sifat biologi kitosan antara lain, biokompatibel artinya sebagai polimer alami sifatnya tidak mempunyai efek samping, *fungistatik*, tidak beracun, dan mudah diuraikan oleh mikroba (*biodegradable*). Sifat fisik yang khas dari kitosan yaitu mudah dibentuk menjadi *film*, larutan, gel, membran, dan serat yang sangat bermanfaat dalam aplikasinya (Anjayani, 2009).

Tabel 2.1 Standar mutu kitosan (Rochima, 2014).

Parameter	Standar	
	Dahwoo Korea	Lab. Protan Jepang
Penampakan	Bubuk putih atau kuning	Larutan jernih
Ukuran partikel	25-200 mesh	Serpihan sampai serbuk
Kadar air	≤10%	≤10%
Kadar abu	≤0,5%	≤2%
Kadar protein	≤0,3%	-
Derajat deasetilasi (DD)	≥70%	≥70%
Viskositas	50-500 cps	200-2000 cps
Ketidaklarutan	<1%	-
Kadar logam berat: As, Pb	<10 ppm	-
pH	7-9	7-8
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau

Menurut penelitian Judawisastra (2012) tentang benang kitosan dengan memperpanjang proses demineralisasi kitosan dari 1 x 2 jam sampai 3 x 2 jam

dapat menurunkan kekuatan tarik dari 80,4 Mpa sampai 38,4 Mpa. Fenomena ini terjadi karena degradasi polimer dalam proses demineralisasi berlebih. Kitosan memiliki standar mutu yang bervariasi tergantung dari tujuan praktisnya. Standar mutu kitosan di pasaran umumnya ada dua yaitu korea dan jepang sebagaimana pada Tabel 2.1 (Rochima, 2014).

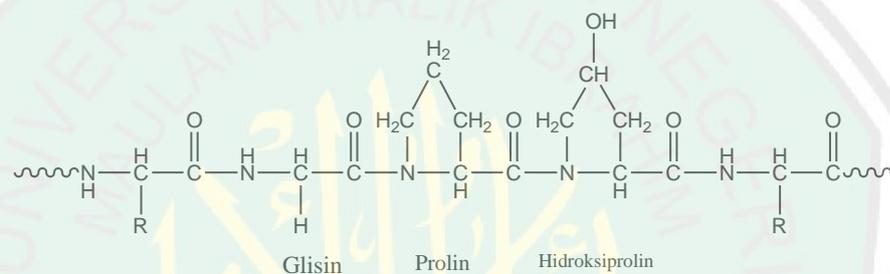
Derajat deasetilasi kitosan cukup penting untuk benang jahit operasi karena kitosan dengan derajat deasetilasi yang tinggi akan memutus gugus asetil dari atom nitrogen pada rantai kitin, sehingga gugus asetil yang terdapat dalam kitosan tersebut semakin sedikit. Kitosan dengan derajat deasetilasi yang tinggi memiliki nilai *swelling degree* yang tinggi dan kerapatan molekul yang rendah akibatnya air akan mudah masuk ke dalam struktur, maka kekuatan tarik benang akan semakin rendah karena mudah mengalami pemutusan ikatan dan rantai molekulnya lebih renggang (Anjayani, 2009).

2.3 Gelatin

Gelatin dapat dihasilkan dari kolagen, yaitu bagian protein yang terdapat di kulit, tulang dan jaringan hewan lainnya. Prosesnya dilakukan dengan cara diekstraksi menggunakan asam, basa atau proses enzimatik (Melia, dkk., 2014). Gelatin dapat diambil dari tulang beberapa hewan diantaranya sapi, kambing, dan ayam. Hewan merupakan salah satu ciptaan Allah SWT dari berbagai makhluk di muka bumi. Penciptaan alam dan seisinya seperti hewan mempunyai berbagai manfaat sebagaimana firman-Nya dalam Q.S An-Nahl 16:5.

Saraswathy, dkk. (2001) dalam penelitiannya tulang bioanorganik menggunakan komposit kitosan-gelatin menjelaskan bahwa gelatin dikenal baik

sebagai penyembuhan luka dan secara biologis gelatin mencegah infeksi sekunder dalam proses penyembuhannya. Penelitian yang telah dilakukan melaporkan bahwa material komposit yang digunakan dalam penelitian tersebut tidak terjadi reaksi kimia, artinya karakteristik asli dari masing-masing komponen tidak hilang. Dubruel, dkk. (2015) dalam penelitiannya melaporkan interaksi gelatin dengan sel manusia menunjukkan bahwa sel-sel saling terikat dan mengalami penyebaran sehingga tidak menimbulkan produk eksternal atau efek samping.



Gambar 2.3 Struktur gelatin (Maknunah, 2015)

Gelatin merupakan komponen kolagen dari jaringan pendukung seperti kulit, tulang, otot, daging yang baik digunakan sebagai bahan perekat. Gelatin banyak digunakan sebagai suatu komoditi karena sifatnya yang dapat membentuk gel. Gelatin terdiri dari protein yang larut dalam air dengan berat molekul yang rata-rata tinggi. gelatin mampu membentuk gel dalam medium cair. Saat ini gelatin tersedia dalam bentuk serbuk, walaupun di eropa masih tersedia dalam bentuk lembaran gelatin (Jannah, 2008). Struktur gelatin dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Maknunah, 2015).

2.4.1 Sifat-Sifat Gelatin

Gelatin berwarna kuning cerah atau transparan, berbentuk serpihan atau tepung, berbau dan berasa, larut dalam air panas secara fisik dan kimia. (Maknunah, 2015). Menurut Ward dan Courts (1997) dalam praira (2008) gelatin dapat larut dalam air pada suhu minimal 49 °C, cenderung membentuk gel pada suhu dibawah 48 °C dan larut baik pada suhu 60 °C. Jannah (2008) menambahkan bahwa kelarutan gelatin akan cenderung berkurang dalam alkohol, aseton, dan pelarut nonpolar. Rantai polimer yang terdapat pada gelatin umumnya merupakan perulangan dari asam amino glisin-prolin- prolin atau glisin-prolin-hidroksiprolin. Hal ini menjadikan gelatin disebut sebagai suatu polimer linier asam-asam amino. Asam-asam amino saling terikat melalui ikatan peptida membentuk gelatin (Poppe, 1999 dalam Wiratmaja, 2006).

Perkembangan sains dan teknologi cukup pesat menjadikan penggunaan gelatin tidak terbatas pada pangan, tetapi juga pada produk farmasi, industri, dan kosmetika. Hal ini karena gelatin memiliki sifat pengemulsi, pengikat, pengendap, pemer kaya gizi, membentuk lapisan tipis yang elastis, dan membentuk film yang transparan serta kuat. Pemanfaatan gelatin dalam industri farmasi salah satunya adalah sebagai pembungkus kapsul atau tablet obat (Hastuti, dkk., 2007).

2.4 Benang Jahit Operasi

Benang jahit operasi digunakan untuk menyatukan jaringan tubuh selama tindakan operasi. Benang ideal harus cukup kuat untuk menyatukan jaringan tubuh, mudah disimpul, mudah terabsorpsi dan hilang segera setelah jaringan sembuh atau mencapai kekuatan normal jaringan. Kerapatan antar material dalam

benang juga harus diperhatikan untuk mendapat jahitan yang kuat dengan jumlah sesedikit mungkin (Sabiston, 1995). Beberapa kualitas benang yang perlu diperhatikan supaya tidak menjadi benda asing dalam tubuh yaitu memilih material yang aseptik, memiliki sifat mekanik yang cukup, minimalnya efek material terhadap pembengkakan jaringan, dan dapat diterima jaringan secara optimal (Anjayani, 2009).

Standar baku yang telah ditetapkan untuk benang jahit operasi baik *absorbable* maupun *non-absorbable* berdasarkan *united state pharmacopoeia* (USP) 29-National formulary (NF) 24. Kekuatan Tarik pada benang jahit operasi *absorbable* yang dikomersialkan yakni sebesar 5,2 N. Kekuatan tarik yang semakin besar pada benang, maka dayanya dalam merapatkan luka akan semakin besar pula (Nurjannah, dkk., 2015).

2.4.1 Benang Jahit Operasi *Absorbable*

Benang jahit operasi *absorbable* adalah benang operasi steril yang jika dimasukkan ke dalam organisme hidup dapat dimetabolisme dan diserap oleh organisme. Di Indonesia penelitian benang operasi *absorbable* sedang dalam tahap pengembangan salah satunya telah dikembangkan adalah benang operasi dari kitosan yang diisolasi dari kulit udang (Anjayani, 2009). Berdasarkan asal bahannya, benang operasi *absorbable* ini terdiri dari bahan alami dan buatan. Benang absorbable dari bahan alami biasanya dibuat dari kolagen yang diambil dari selaput mamalia.

Benang alami yang saat ini beredar dipasaran yakni *Plain Catgut* dan *Chromic Catgut*. *Plain Catgut* berasal dari bahan kolagen sapi atau domba.

Benang ini hanya memiliki daya ikat selama 7-19 hari dan akan diabsorpsi secara sempurna dalam waktu 70 hari. *Chromic catgut* dibuat dari bahan yang sama dengan *plain catgut*, namun waktu absorpsi benang ini cukup lama yaitu 90 hari karena dilapisi dengan garam *Chromium*. Benang absorbable sintesis umumnya adalah benang-benang yang dibuat dari bahan seperti *polyglactin*, *polyglycapron*, dan *polydioxanone* (PDS II). Daya ikat benang ini lebih lama, yaitu 2-3 minggu, dan diserap secara lengkap dalam waktu 90-120 hari (Dudley, dkk., 2000).

2.5 Sifat Mekanik

Kekuatan suatu struktur desain material sangat dipengaruhi oleh sifat fisik materialnya, salah satu cara pengujian untuk mengetahui sifat-sifat tersebut adalah pengujian tarik (*Tensile test*). Uji kekuatan tarik merupakan salah satu karakterisasi dari sifat mekanik suatu bahan yang umumnya diartikan sebagai hubungan antara respon suatu bahan terhadap beban yang diberikan. Sifat mekanik setiap bahan berbeda-beda berdasarkan pada bentuk dan bahan yang digunakan. Pada dasarnya sifat mekanik berkaitan dengan kekuatan, kekerasan, keuletan, dan kekakuan (ASTM E4, 1989 dalam Siskandar, 2011). Prinsip pengujian ini yaitu sampel dengan ukuran dan bentuk tertentu diberi beban gaya tarik secara berkelanjutan hingga putus, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami sampel (Nasrullah, 2014).

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui respon material pada saat diberi beban yang dapat menyebabkan suatu material mengalami perubahan struktur. Pada tahap awal uji tarik terdapat hubungan yang linier antara beban atau gaya yang diberikan dengan perubahan panjang sampel. Hal ini sering disebut sebagai

daerah linier atau *linier zone*. Kurva pertambahan panjang vs beban pada daerah ini mengikuti aturan Hooke yaitu rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan seperti persamaan 2.1 – 2.4 (Anggraeni, 2013).

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

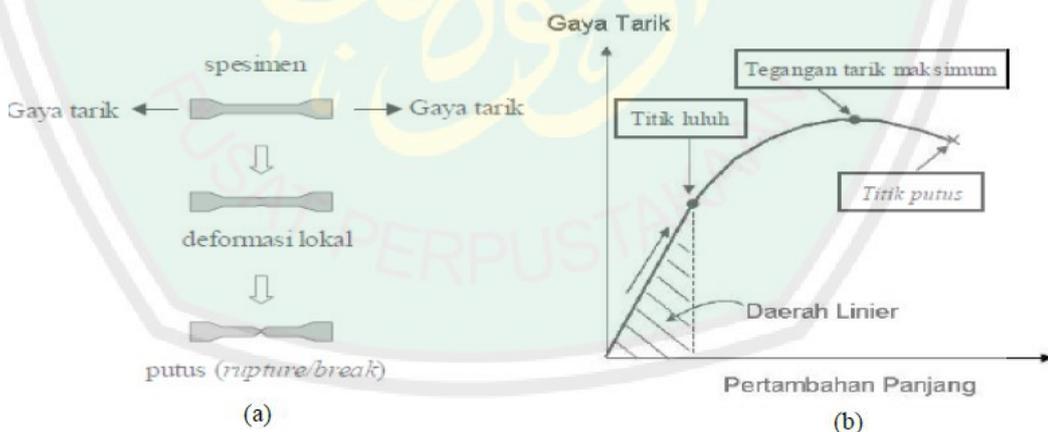
dengan σ adalah tegangan (Mpa), F adalah gaya yang diberikan (N), A adalah luas penampang (m^2), sedangkan regangan ε adalah.

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan ε adalah regangan (%), l_1 adalah panjang akhir sampel (m), l_0 adalah panjang awal sampel (m), sedangkan modulus elastisitas E adalah.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan E adalah modulus elastisitas/modulus Young (Mpa), σ tegangan yang didapatkan sampel (Mpa), ε regangan yang didapatkan sampel (%).



Gambar 2.4 (a) Mekanisme spesimen patah (b) Gaya tarik terhadap pertambahan panjang (Anggraeni, 2013)

Data yang didapatkan dalam uji ini berupa perubahan panjang dan perubahan gaya yang ditampilkan dalam bentuk grafik tegangan-regangan

sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 2.4. Kekuatan tarik polimer umumnya lebih rendah dari baja 70 kgf/mm² (Nikmatin, 2012 dalam Anggraeni, 2013). Berdasarkan penelitian tentang benang jahit operasi yang dilakukan oleh Nurjannah, dkk. (2015) kekuatan tarik yang dihasilkan adalah 8 N sedangkan benang jahit operasi komersial yaitu sebesar 5,2 N. Pada penelitian Erlinawati (2016) dan Fazilah (2016) menghasilkan kekuatan tarik benang jahit operasi masing-masing adalah 6,2 N dan 16,43 N. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Anjayani (2009) menghasilkan kekuatan tarik sebesar 423,3 MPa.

2.6 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spektrofotometri infra merah merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur resapan radiasi infra merah pada panjang gelombang tertentu (Samsiah, 2009). Penelitian ini menggunakan panjang gelombang 2,5-50 μm atau pada bilangan gelombang 4000-200 cm^{-1} . Hal ini sesuai dengan bahan yang digunakan dalam penelitian. Pola spektra FTIR kitosan murni menunjukkan adanya gugus –OH, dibuktikan dengan adanya pita serapan yang membentang luas antara 3100-3450 cm^{-1} dan gugus senyawa alifatik C-H dengan peregangan antara 2850-2990 cm^{-1} . Kelompok utama kitosan ditunjukkan pada puncak 1040-1255 cm^{-1} yakni menunjukkan amino primer yang bebas (-NH₂) pada posisi C₂ dari *glucoseamine*.

Gelatin merupakan protein yang terdiri dari beberapa asam amino. Spektra IR gelatin menunjukkan pita serapan dengan karakteristik amida pada bilangan gelombang 1660 cm^{-1} dan 1550 cm^{-1} (Saraswathy, 2001). Menurut Tongpoothorn (2011) jarak pagar memiliki pola spektra IR 3398 cm^{-1} yang menunjukkan adanya

vibrasi stretching dari gugus hidroksil (-OH). Gugus karbonil (C=O) pada jarak pagar ditunjukkan pada bilangan gelombang 1636 cm^{-1} .

2.7 Seruan al-Quran Untuk Mendalami Sains dan Teknologi

Allah SWT telah menciptakan bumi beserta isinya untuk menunjang kehidupan manusia sebagai *khalifah fiil ard*. Manusia diberi akal untuk merenung dan memikirkan tentang manfaat berbagai material alam yang telah diciptakan sebagai tanda kebesaran Allah SWT dan untuk meningkatkan iman manusia kepada-Nya. Sebagaimana firman Allah SWT dalam Q.S Yunus 10: 101.

قُلْ أَنْظَرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ ١٠١

Artinya: Katakanlah, “Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di Bumi!” Tidaklah bermanfaat tanda-tanda (kebesaran Allah) dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang yang tidak beriman” (Q.S Yunus 10:11).

Menurut tafsir Ibnu Katsir, ayat tersebut menerangkan bahwa Allah SWT pengarahan kepada hamba-Nya diberikan untuk orang-orang yang berfikir tentang nikmat-nikmat Nya. Allah SWT yang telah menurunkan hujan di bumi kemudian Dia menghidupkan yang telah mati, mengeluarkan pohon-pohon, buah-buahan, serta tumbuh-tumbuhan. Dia juga ciptakan padanya binatang-binatang yang beragam bentuk, warna, dan manfaatnya.

Berdasarkan uraian ayat yang telah dijelaskan, umat manusia didorong untuk menggali pengetahuan yang berhubungan dengan alam raya beserta isinya, serta mengembangkan ilmu pengetahuan melalui eksperimen dan pengamatan. Kualitas dan kemampuan manusia dalam berfikir, menangkap, dan mempergunakan simbol-simbol komunikasi menjadikan alasan utama pada manusia untuk melakukan eksperimen dan pengamatan. Alam raya yang

diciptakan untuk kepentingan manusia ini hanya dapat dieksplorasi melalui pengamatan indrawi.



BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Kegiatan

Penelitian ini dilaksanakan selama sejak bulan November 2016-Juni 2017 di Laboratorium Kimia Fisik dan Kimia Instrumentasi Fakultas SAINTEK UIN Maliki Malang, serta Laboratorium Fakultas Teknologi Pangan Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah desikator, neraca analitik, pipet, alat gelas, *incubator*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, wadah plastik, *Paper Tensile Strength*, *Spektrofotometer infra merah*, Spatula, pinset, cawan petri.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah getah batang jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*), kitosan 7% w/v, gelatin 10% w/v, aquabides, asam asetat 1% v/v dan larutan *phosphat buffer saline* (PBS).

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengambilan getah batang jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*)
2. Preparasi larutan kitosan 5% dan gelatin 3%
3. Pembuatan film/lapisan
4. Uji karakteristik
 - a. Uji kekuatan tarik dan pemanjangan menggunakan *Tensile Strength*
 - b. Karakterisasi gugus fungsi menggunakan FT-IR

- c. Uji kelarutan benang jahit operasi menggunakan larutan *infuse*

3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimental dengan perbandingan komposisi larutan getah jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*), kitosan 7% w/v, dan gelatin 10% w/v yaitu 2:8:8, 2:8:9, 2:8:10, 2:8:11, 2:8:12 (v/v). Masing-masing komposisi dihomogenkan dalam *beaker glass* 50 ml. Selanjutnya dilakukan karakterisasi terhadap sampel meliputi sifat mekanik, gugus fungsi menggunakan FT-IR, dan diuji kelarutannya dalam larutan PBS.

3.5 Prosedur Pelaksanaan

3.5.1 Pengambilan Getah Batang Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*)

Pengambilan getah batang jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*) dilakukan pada pukul 08.00-10.00. Getah jarak pagar yang diambil adalah pada bagian batang. Getah jarak dikeluarkan dengan cara batang pohon dilukai atau dipotong. Batang pohon dilukai dengan menggunakan pisau. Pada batang pohon yang telah dilukai, diletakkan botol vial untuk menampung getah yang menetes. Pada saat getah sudah tidak keluar lagi, dicari bagian batang lain untuk dilukai dan diambil getahnya.

3.5.2 Preparasi Larutan Gelatin 3% dan Kitosan 5%

Disiapkan bahan yang dibutuhkan yakni gelatin *powder*, kitosan *powder*, dan larutan asam asetat 1%. Pada tahap awal dibuat larutan gelatin 3% dalam 50 ml asam asetat. Gelatin *powder* ditimbang 0,15 gram kemudian dilarutkan dengan 50 ml asam asetat 1% dalam labu ukur (60 °C).

Tahap berikutnya yaitu pembuatan larutan kitosan 5% dalam 8 ml asam asetat. Kitosan *powder* ditimbang 0,4 gram kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass. Diambil larutan asam asetat 8 ml kemudian kemudian dilarutkan dengan 8 ml asam asetat 1% dalam gelas kimia dan diaduk menggunakan pengaduk gelas secara merata untuk melarutkan kitosan.

3.5.3 Pembuatan *Film/Lapisan*

Disiapkan semua bahan-bahan yang dibutuhkan yakni aquades, kitosan, gelatin, getah batang jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*). Larutan getah batang jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*), kitosan, dan gelatin diukur dengan variasi komposisi 2:8:8, 2:8:9, 2:8:10, 2:8:11, 2:8:12 (v/v) kemudian diaduk secara homogen dengan *magnetic stirrer* pada suhu 60 °C selama 10 menit. Larutan yang telah homogen dituangkan ke dalam cawan petri. Digoyang cawan petri hingga larutan membentuk lapisan yang hampir sama. Kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 3 hari sampai benar-benar kering dan terbentuk film/lapisan.

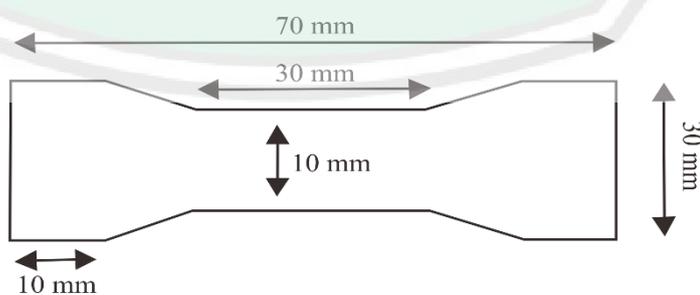
Berdasarkan variasi komposisi gelatin dipilih nilai *tensile strenght* dan *elongation at break* terbaik untuk dilakukan variasi kitosan. Pembuatan *film* dalam variasi kitosan dilakukan menggunakan metode yang sama seperti pada variasi gelatin. Perbedaannya, pada variasi kitosan dilakukan variasi komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin sebagai berikut 2:8:10; 2:10:10; 2:11:10; 2:12:10 (v/v) (Hosseini, dkk., 2013).

3.6 Karakterisasi

Setelah didapatkan benang jahit operasi, dilakukan karakterisasi baik fisik maupun kimia untuk mengetahui karakteristik dari benang tersebut. Metode yang dilakukan diantaranya uji kekuatan tarik, dan kekuatan pemanjangan untuk mengetahui sifat mekanik benang jahit operasi, uji FT-IR untuk mengetahui kandungan gugus fungsi yang terdapat pada benang jahit operasi, dan uji kelarutan dengan menggunakan larutan *infuse* untuk mengetahui kelarutan benang jahit operasi dalam tubuh.

3.6.1 Uji Sifat Mekanik

Uji kekuatan tarik dilakukan di fakultas teknologi pertanian Universitas Brawijaya dengan menggunakan alat *Tensile Strength* buatan IMADA. Berdasarkan pengujian ini dapat diketahui sifat mekanik material terhadap gaya tarik, antara lain mengetahui *tensile strenght*, *elongation at break*, *modulus young* yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Sampel uji dijepit kedua ujungnya. Salah satu ujung sampel dihubungkan dengan sensor gaya yang langsung terhubung dengan komputer. Ujung lainnya ditarik secara bertahap sampai sampel putus, kemudian diukur gaya maksimumnya (Siskandar, 2011).



Gambar 3.1 Dimensi spesimen uji tarik

3.6.2 Analisis Gugus Fungsi

Analisis gugus fungsi dilakukan di fakultas sains dan teknologi jurusan kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) buatan. Sampel yang akan diuji dengan FT-IR yakni adonan bahan sebelum dicetak yang berupa pasta dan merupakan sampel terbaik dari uji kuat tarik. Pasta ditempatkan ke dalam sel *holder*, kemudian dianalisis hasil spektrum yang telah didapatkan pada bilangan gelombang 4000-200 cm^{-1} . Hasil yang didapat berupa spektrum hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas sehingga dapat diketahui gugus fungsi yang terkandung dalam benang jahit operasi.

3.6.3 Uji Kelarutan

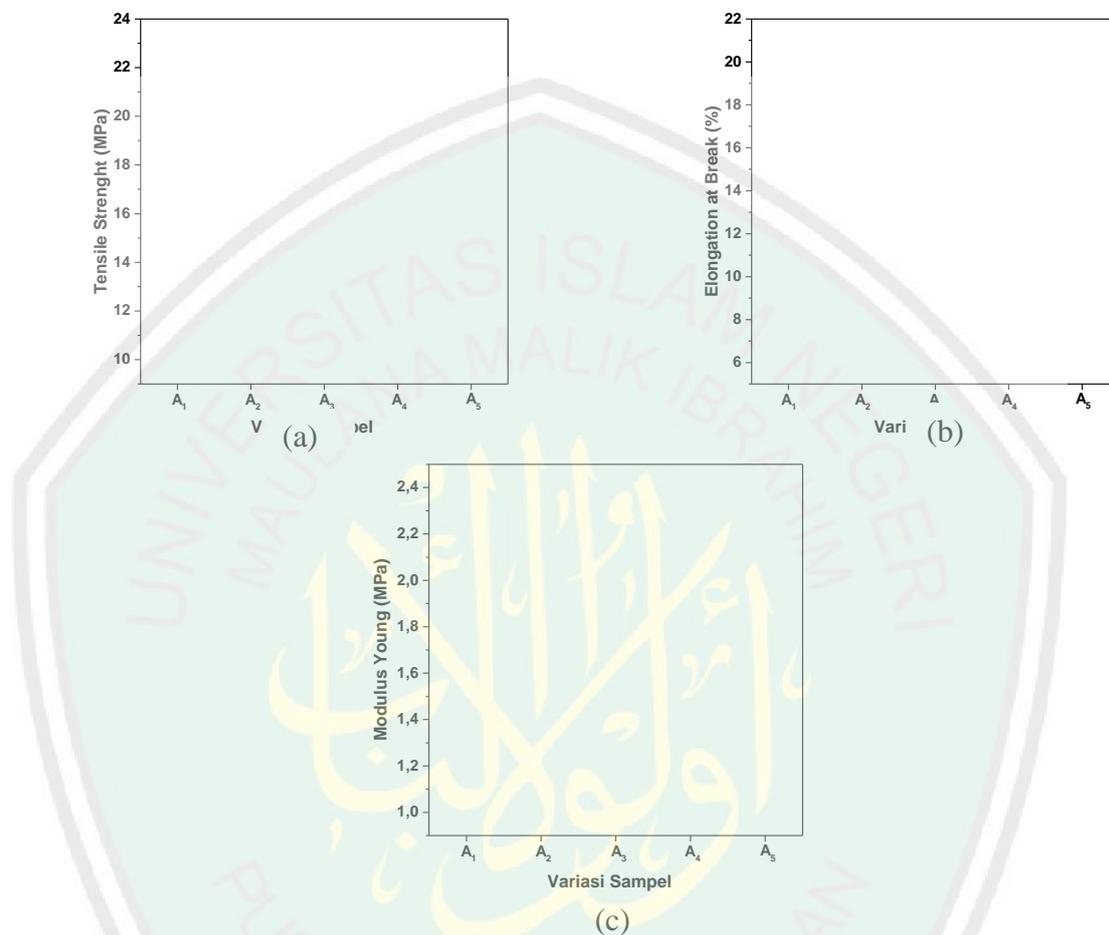
Uji kelarutan benang jahit operasi digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan benang jahit operasi terdegradasi sempurna di dalam tubuh. Pada penelitian ini digunakan larutan PBS sebagai pengganti cairan tubuh. Sampel dipotong dengan ukuran 1x1 cm kemudian sampel direndam larutan PBS dalam tabung reaksi. Dihitung waktu kelarutan sampel selama 28 hari (Nurjannah, dkk., 2015).

3.7 Analisis Data

3.7.1 Analisis Sifat Mekanik

Data yang diperoleh dari uji kekuatan tarik berupa grafik beban dengan perpanjangan *elongation*. Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data hasil *tensile strenght*, *elongation at break*, dan *modulus Young* dengan variasi

komposisi gelatin dna kitosan. Hasil dari pengujian tersebut disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Uji sifat mekanik (a) *tensile strenght*, (b) *elongation at break*, (c) *modulus Young*

3.7.2 Analisis Gugus Fungsi

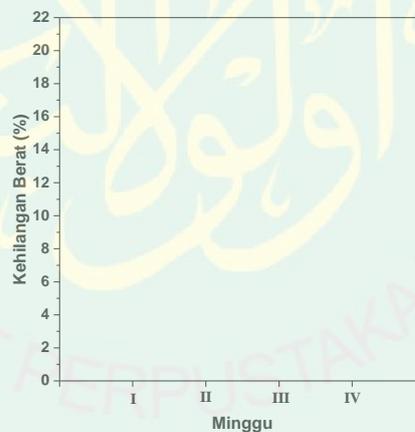
Hasil pengujian FTIR berupa grafik bilangan gelombang versus transmittan. Hasil disinkronkan dengan tabel gugus fungsi untuk mengetahui gugus fungsi yang berperan apakah berasal dari kitosan, getah batang jarak pagar, dan gelatin.

Tabel 3.1 Analisis gugus fungsi

Bilangan Gelombang (cm^{-1})						Gugus Fungsi
Getah Jarak Pagar	Kitosan	Gelatin	Film 1	Film 2	Film 3	

3.7.3 Analisis Kelarutan

Pada analisis kelarutan disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana pada Gambar 3.3. Diamati data yang diperoleh, pada variasi komposisi berapa *film* dapat kehilangan berat paling besar.



Gambar 3.3 Uji kelarutan

BAB IV

PEMBAHASAN

Penelitian ini fokus untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi dari kitosan, dan gelatin yang ditambahkan pada getah batang jarak pagar. Penelitian ini dilakukan sebagai tahap awal untuk mengetahui beberapa material terpadu dengan fungsinya masing-masing yang saling melengkapi sebagai kandidat aplikasi biomedis khususnya benang jahit operasi *absorbable*. Material terpadu tersebut dalam penelitian ini didapatkan dalam bentuk *film*/lapisan sebagai tinjauan awal penelitian.

Material yang digunakan dalam penelitian ini merupakan polimer yang berasal dari alam. Material alam mempunyai kekhasan sifat masing-masing seperti nilai kekuatan tarik yang tinggi namun memiliki regangan yang kecil. Kitosan merupakan polimer alami yang sifatnya kaku, kuat, tidak beracun, dan mudah diuraikan oleh mikroba (*biodegradable*). Kitosan memiliki sifat dasar yang getas, sehingga perlu ditambahkan material penunjang lain yaitu gelatin sebagai *palasticizer* untuk memperbaiki sifat mekanik kitosan dan getah jarak pagar sebagai anti mikroba dalam tubuh. Konsep material yang dipadukan memberikan peluang menarik untuk memperbaiki sifat yang kurang dari suatu material.

4.1 Preparasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini meliputi getah jarak pagar, kitosan, dan gelatin. Tahap awal penelitian yaitu pengambilan getah dari batang tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*) yang diambil dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Karangploso Malang. Getah tersebut

diketahui dapat menyembuhkan luka secara efektif karena mengandung senyawa flavanoid yang dapat berfungsi sebagai antifungi, antiseptik, dan anti radang (Susilowati, 2014). Pengambilan getah dilakukan pada pukul 07.00 sampai 10.00 karena pada waktu tersebut penguapan dan transpirasi tanaman berada pada posisi terendah. Gambar 4.1 menunjukkan proses pengambilan getah jarak pagar.



Gambar 4.1 Pengambilan getah jarak pagar

Getah jarak pagar dalam penelitian ini berfungsi sebagai *filler* yang merupakan bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan *film*. Getah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan getah jarak pagar pada bagian batang karena diketahui mengandung flavonoid 22 %, saponin 48%, senyawa alkaloid 23% dan tannin 37% yang masing-masing merupakan persentase paling tinggi dibandingkan getah daun atau getah bijinya (Fathan, 2014).

Kitosan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kitosan komersial dengan derajat deasetilasi 87,5%. Derajat deasetilasi menentukan sifat kereaktifan kitosan karena semakin banyak gugus amina yang menggantikan gugus asetil,

dimana gugus amina lebih reaktif bila dibandingkan dengan gugus asetil karena adanya pasangan elektron bebas pada atom nitrogen dalam struktur kitosan, sehingga kelarutannya dalam asam asetat semakin tinggi.

Kitosan dalam penelitian ini berperan sebagai bahan pengikat serat dan melindungi dari perusakan eksternal sehingga material yang ada dapat saling terhubung. Kitosan sifatnya sebagai polimer mempunyai interaksi yang baik dengan material pendukungnya. Pembuatan larutan kitosan 5%, disiapkan dengan cara melarutkan kitosan ke dalam larutan asam asetat 1%. Kitosan dapat larut dalam pelarut asam, pelarut umum yang digunakan adalah asam asetat. Hal ini dikarenakan gugus amina (NH_2) pada kitosan akan mengikat ion H^+ dalam asam asetat dan membentuk $-\text{NH}_3^+$ (Nurdiana, 2002).

Pembuatan larutan gelatin 3% menggunakan pelarut asam asetat 1%. Berdasarkan penelitian yang dilaporkan oleh Sompie, dkk. (2015) penggunaan asam asetat sebagai pelarut gelatin dapat meningkatkan kekuatan gel gelatin. Hal ini mendukung gelatin sebagai *plasticizer* untuk meningkatkan nilai EAB (*elongation at break*). Gelatin dalam penelitian ini merupakan *plasticizer* yang berfungsi untuk meningkatkan nilai EAB. *Film* yang dihasilkan dalam penelitian ini tidak terlalu kaku sebagaimana sifat dasar kitosan karena kehadiran gelatin sebagai *plasticizer*.

Pembuatan *film* dalam penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap dan prosedurnya berdasarkan pada Hosseini, dkk. (2013). Tahap pertama larutan getah jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*), kitosan, dan gelatin diukur dengan variasi komposisi 02:08:08 (A_1), 02:08:09 (A_2), 02:08:10 (A_3), 02:08:11 (A_4), 02:08:12 (A_5) (v/v). Hal ini untuk mengetahui pengaruh komposisi gelatin pada kekuatan

tarik dan elastisitas sampel. Pelarutan dilakukan selama 10 menit menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 450 rpm pada temperatur 60°C sampai larut sempurna. Hal ini dikarenakan menyesuaikan kelarutan gelatin yang dapat larut sempurna pada suhu 60 °C sampai 70 °C (Praira, 2008).

Larutan yang telah homogen dimasukkan ke dalam cawan petri secara merata untuk membentuk lapisan *film*. Gambar 4.2(a) menunjukkan larutan yang telah homogen. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, waktu *film* yang dibutuhkan supaya terbentuk sempurna dan dapat diambil yaitu antara 3-4 hari. Gambar 4.2(b) menunjukkan hasil *film* yang didapatkan dalam penelitian ini.



Gambar 4.2 (a) Larutan getah jarak pagar, kitosan, gelatin. (b) *Film*/Lapisan

4.2 Uji Sifat Mekanik

Tensile strenght, *elongation at break*, dan *modulus elastisitas/Modulus Young* merupakan beberapa sifat mekanik dari polimer. Pengukuran *tensile strenght* (TS) menunjukkan ketahanan polimer, yaitu tegangan regangan maksimum yang dapat diterima suatu sampel polimer sebelum putus. *Elongation*

at break (EAB) menunjukkan prosentase perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang awalnya. *Modulus elastisitas/modulus Young* (E) menunjukkan ukuran kekakuan suatu material, sehingga semakin tinggi nilai E suatu material, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya. Berdasarkan hal tersebut, maka semakin besar nilai E maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku. Uji sifat ini mekanik dilakukan di Laboratorium THP (Teknik Hasil Pangan) Universitas Brawijaya, Malang.

4.2.1 Variasi Komposisi Gelatin

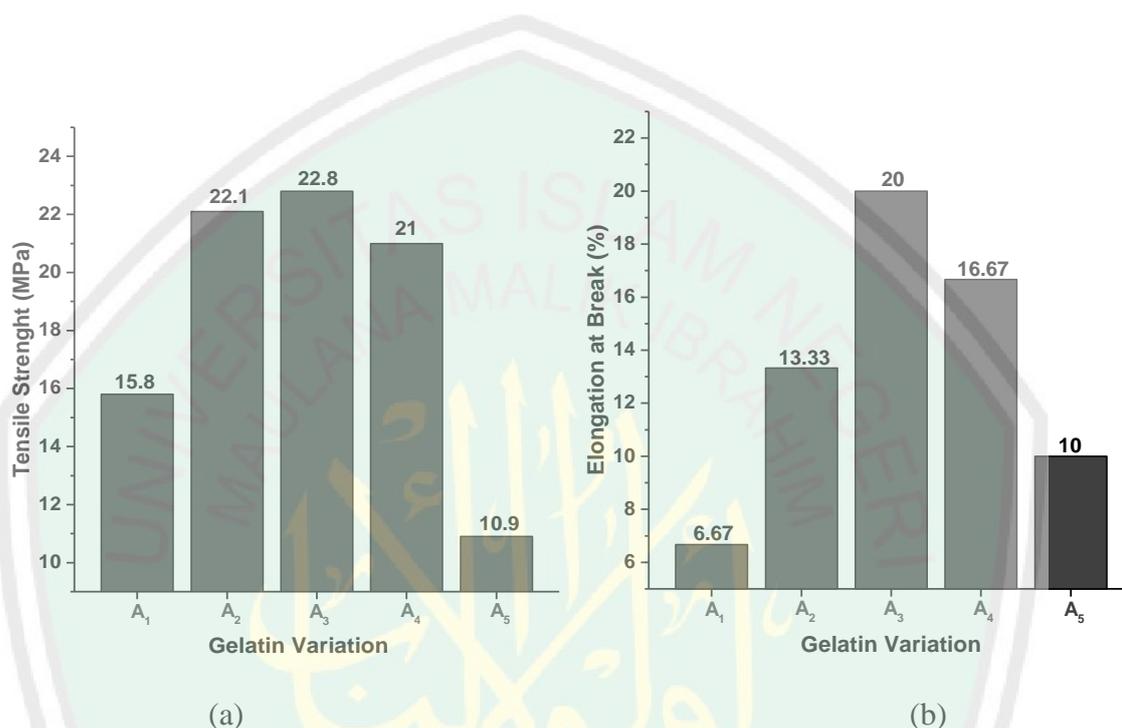
Tahap awal uji kekuatan tarik dan elastisitas pada penelitian ini yaitu variasi komposisi gelatin. Gambar 4.3 dan 4.4 menunjukkan sampel sebelum dan setelah diuji sifat mekaniknya.



Gambar 4.3 (a) Sampel sebelum diuji kuat tarik (b) Sampel setelah diuji kuat tarik (variasi komposisi gelatin)

Berdasarkan data yang didapatkan, komposisi gelatin yang semakin besar dapat menurunkan nilai TS dan meningkatkan nilai EAB sampel. Hal tersebut dibuktikan dengan data yang didapatkan pada Gambar 4.5 (a) dan Gambar 4.5 (b). Nilai TS dan EAB meningkat seiring dengan meningkatnya komposisi gelatin

pada A₁ sampai A₃. Penambahan komposisi gelatin dapat meningkatkan nilai EAB karena gelatin memiliki ikatan hidrogen yang lebih stabil dan terjadi interaksi elektrostatik antara gelatin dengan kitosan sehingga membentuk campuran yang homogen dan *elongation* sampel bertambah.



Gambar 4.4 Grafik hubungan sifat mekanik terhadap variasi komposisi gelatin (a) *tensile strenght* (TS) (b) *elongation at break* (EAB) *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (A₁=2:8:8, A₂=2:8:9, A₃=2:8:10, A₄=2:8:11, A₅=2:8:12).

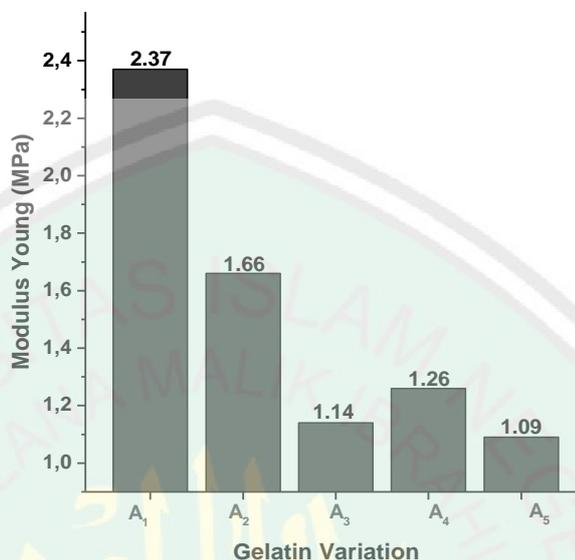
Elastisitas dan ketangguhan polimer dapat diperbaiki dengan bantuan zat aditif yang disebut *plasticizer*. Kehadiran *plasticizer* juga menghasilkan pengurangan kekerasan dan kekakuan. Sampel A₄ dan A₅ terjadi penurunan nilai TS dan EAB karena sifat mekanik kitosan berhubungan dengan *plasticizer* yang ditambahkan. Pada penelitian ini penambahan gelatin sebagai *plasticizer* dapat menurunkan kekakuan material. Menurut callister *et al.*, (1940) kerapatan molekul

polimer cenderung akan berkurang ketika ditambahkan *plasticizer*, apabila molekul *plasticizer* tepat berinteraksi diantara molekul polimer. Apabila tidak sesuai maka dapat menyebabkan lebih banyak pergeseran atau penyimpangan salah satu molekul polimer.

Tensile strenght dan *elongation at break* tertinggi getah jarak pagar:kitosan:gelatin diperoleh pada A₃. *Film* yang memiliki nilai TS tinggi maka tidak akan mudah putus (kuat). Pada *film* A₃ juga memiliki nilai EAB tinggi artinya, *film* tersebut memiliki sifat mekanik yang kuat dan elastis. Hal ini juga didukung oleh data yang didapatkan pada *modulus Young film* A₃. Komposisi getah jarak pagar, kitosan, dan gelatin pada film A₃ dimungkinkan berada pada komposisi yang optimum. Hasil sifat mekanik yang optimum dapat dianggap berasal dari interaksi yang lebih tinggi antar biopolimer sehingga menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik. Pranoto, dkk. (2007) melaporkan ada tingkat optimum untuk interaksi antara polisakarida-protein dimana gelatin sebagai protein menyajikan fase utama dan dominan pada sistem *film* yang digunakan. Peningkatan kekuatan mekanis dengan proporsi gelatin yang meningkat mungkin merupakan keuntungan penting dalam beberapa aplikasi.

Elastisitas dan kuat tarik polimer dapat diperbaiki dengan bantuan zat aditif yang disebut *plasticizer*. Kehadiran *plasticizer* juga menghasilkan pengurangan kekerasan dan kekakuan. Pada penelitian ini penambahan gelatin sebagai *plasticizer* dapat menurunkan kekakuan material. Menurut Callister, dkk. (1940) kerapatan molekul polimer cenderung akan berkurang ketika ditambahkan *plasticizer*, apabila molekul *plasticizer* tepat berinteraksi diantara molekul

polimer. Apabila tidak sesuai maka dapat menyebabkan lebih banyak pergeseran atau penyimpangan salah satu molekul polimer.



Gambar 4.5 Grafik hubungan sifat mekanik *modulus Young* (E) terhadap variasi komposisi gelatin. *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (A₁=2:8:8, A₂=2:8:9, A₃=2:8:10, A₄=2:8:11, A₅=2:8:12).

Modulus Elastisitas/*modulus Young* (E) merupakan hasil pembagian dari nilai kuat tarik dan persen pemanjangan (*elongation*) film. *Modulus Young* menunjukkan tingkat kekakuan bahan, semakin tinggi nilai E maka sifat bahan semakin kaku. Hasil pengukuran pada masing-masing variasi komposisi gelatin ditunjukkan pada Gambar 4.6. Kehadiran komposisi gelatin yang semakin besar dapat menurunkan kekakuan sampel artinya, semakin besar komposisi gelatin maka sampel yang didapatkan semakin elastis. Nilai E tertinggi didapatkan pada A₁ sehingga dapat dikatakan bahwa A₁ merupakan sampel paling kaku diantara sampel yang lain. Kehadiran gelatin sebagai *plasticizer* dalam penelitian ini dapat memperbaiki elastisitas kitosan pada A₃ dan A₅. Hal ini dikarenakan nilai EAB

pada A₃ dan A₅ mendekati nilai TS sehingga sifat kekakuan kitosan cenderung menurun.

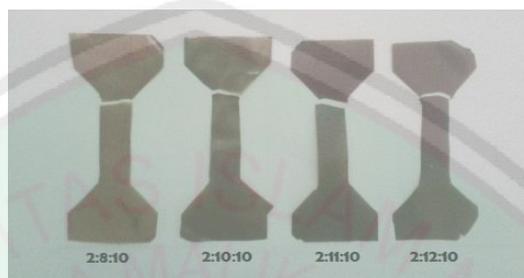
Sifat fisik yang penting pada gelatin salah satunya adalah kekuatan untuk membentuk gel yang disebut sebagai kekuatan gel. Pembentukan gel merupakan hasil pembentukan ikatan hidrogen antar molekul gelatin sehingga dihasilkan gel semi padat yang terikat dalam komponen air. Sifat gelatin dapat mengubah bentuk sol menjadi gel atau mengubah cairan menjadi padatan elastis yang bersifat *reversible*, hal ini membedakan gelatin dengan gel hidrokoloid lain seperti pektin, pati, alginat, protein susu, dan albumin telur yang bentuk gelnya bersifat *irreversible* (Hajrawati, 2006).

Berdasarkan variasi komposisi gelatin yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa A₅ memiliki *Modulus Young* paling rendah namun memiliki *tensile strenght* dan *elongation at break* yang rendah pula, Artinya pada sampel A₅ memiliki sifat mekanik yang elastis namun mudah putus. Sampel A₃ memiliki *Modulus Young* yang hampir sama dengan A₅, namun memiliki *tensile strenght* dan *elongation at break* yang paling tinggi sehingga sampel A₃ memiliki sifat mekanik yang elastis dan kuat.

4.2.2 Variasi Komposisi Kitosan

Berdasarkan variasi komposisi gelatin didapatkan hasil maksimum pada 02:08:10 (A₃), sehingga komposisi tersebut dianggap sebagai acuan (B₁) untuk variasi komposisi kitosan. Tahap kedua dilakukan variasi pada kitosan yaitu 02:10:10 (B₂), 02:11:10 (B₃), dan 02:12:10 (B₄) (v/v) dengan menggunakan prosedur seperti pada tahap pertama. Hal ini untuk mengetahui komposisi terbaik

dari kitosan, karena pada dasarnya kitosan sebagai material memiliki sifat getas yang cukup tinggi. Gambar 4.6 menunjukkan sampel setelah diuji sifat mekaniknya.

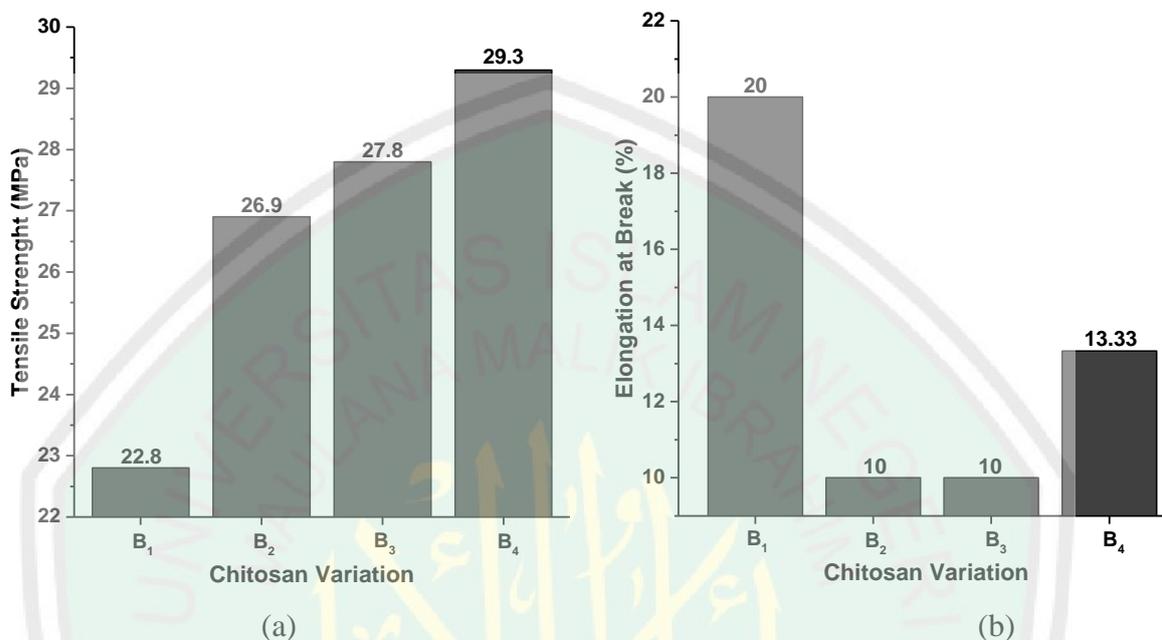


Gambar 4.6 Sampel setelah diuji (variasi komposisi kitosan)

Berdasarkan data yang didapatkan, Peningkatan komposisi kitosan dengan adanya gelatin sebagai *plasticizer* tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap sifat mekanik kitosan. Kurva yang didapatkan menunjukkan perilaku khas dari kitosan yang kuat dan getas. Komposisi kitosan yang semakin tinggi menghasilkan nilai TS semakin besar dan nilai EAB semakin menurun. Hal tersebut dibuktikan dengan data yang didapatkan pada Gambar 4.7 (a) dan Gambar 4.7 (b).

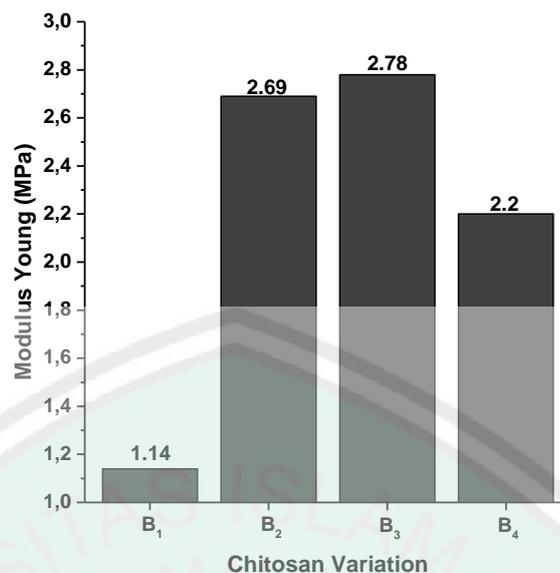
Nilai TS tertinggi didapatkan pada B₄, kehadiran gelatin sebagai *plasticizer* tidak dapat menurunkan kuat tarik sampel seiring dengan meningkatnya komposisi kitosan. Hal ini dikarenakan pada fase titik plastis dalam variasi kitosan ini sampel mengalami deformasi secara homogen sehingga regangan sampel tidak bertambah secara signifikan. Penambahan gelatin sebagai

plasticizer dengan meningkatnya komposisi kitosan yang terlalu tinggi tidak menghasilkan produk yang elastis/fleksibel.



Gambar 4.7 Grafik hubungan sifat mekanik terhadap variasi komposisi kitosan (a) *tensile strenght* (TS) (b) *elongation at break* (EAB) terhadap variasi kitosan. *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (B₁=2:8:10, B₂=2:10:10, B₃=2:11:10, B₄=2:12:10).

Berdasarkan variasi komposisi kitosan yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa sampel B₄ memiliki nilai TS paling tinggi namun tidak dengan nilai EAB-nya yang menunjukkan B₄ memiliki sifat yang kuat namun tidak elastis. Hal ini biasanya dapat didukung dengan data *modulus Young*, akan tetapi *modulus Young* tertinggi didapatkan pada B₃ karena perbedaan nilai TS dan EAB *film* B₃ lebih tinggi dari B₄. Secara keseluruhan sifat mekanik *film* bergantung pada beberapa parameter, salah satunya yaitu komposisi material.



Gambar 4.8 Grafik hubungan sifat mekanik *modulus Young* (E) terhadap variasi komposisi kitosan. *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (B₁=2:8:10, B₂=2:10:10, B₃=2:11:10, B₄=2:12:10).

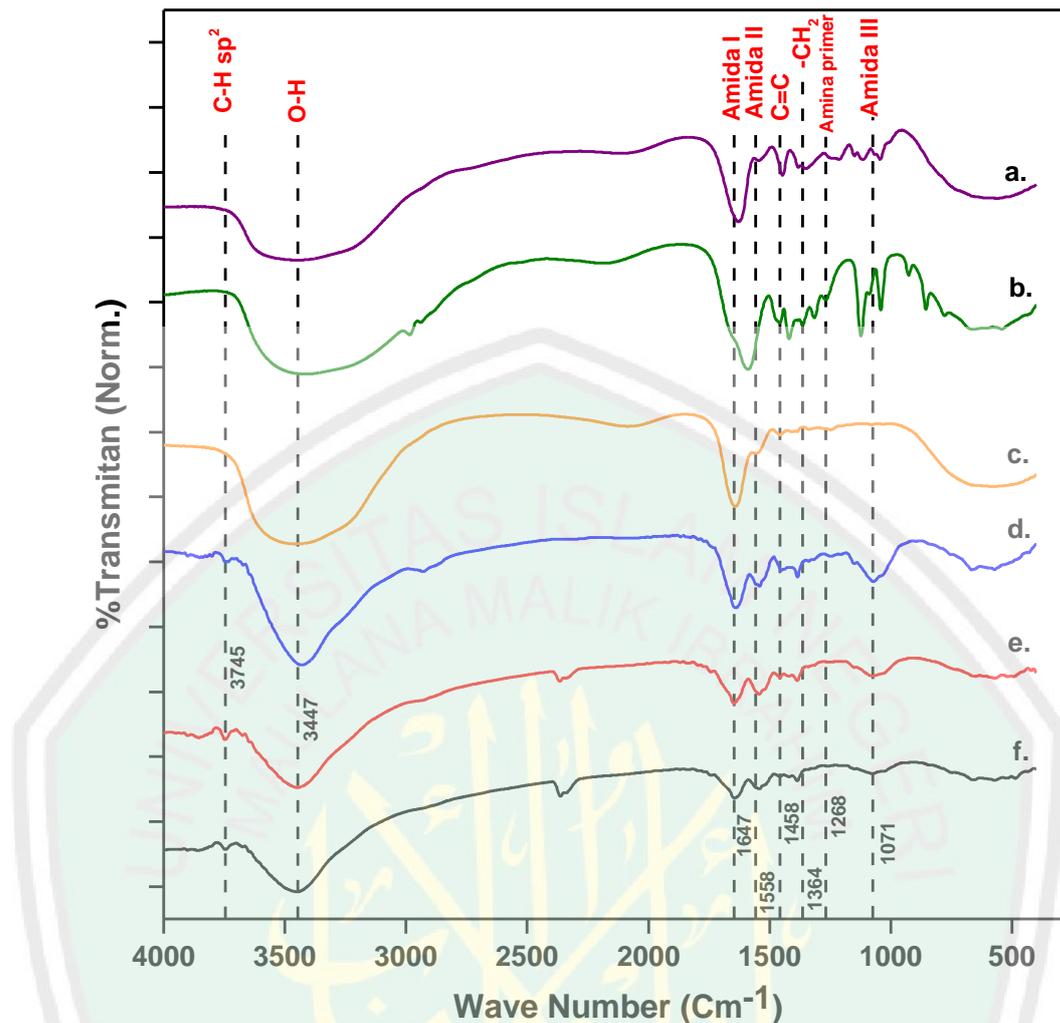
Gambar 4.8 menunjukkan hasil uji *modulus Young* (E). Peningkatan komposisi kitosan menghasilkan sampel yang lebih kaku artinya, semakin besar komposisi kitosan maka sampel yang didapatkan semakin plastis. Hal tersebut dibuktikan dengan data yang didapatkan pada Gambar 4.8, semakin besar komposisi kitosan maka nilai E yang didapatkan semakin besar. Nilai E tertinggi didapatkan pada B₃ sehingga dapat dikatakan bahwa B₃ merupakan sampel paling getas diantara yang lain. Material yang ideal untuk digunakan sebagai benang jahit operasi yakni, memiliki nilai kekuatan tarik tidak terlalu tinggi dan elastisitas yang cukup. Hal ini dimaksudkan agar benang lebih fleksibel dalam tubuh (elastis), dan dapat terdegradasi secara maksimal.

Judawisastra, dkk. (2012) dalam penelitiannya dengan memperpanjang proses demineralisasi kitosan didapatkan nilai TS sebesar 38,4 Mpa dan nilai EAB sebesar 16,2 % . Anjayani (2009) melakukan penelitian terhadap kitosan dari kitin

yang diiradiasi dan noniradiasi. Nilai kekuatan tarik kitosan dari kitin iradiasi 423,3 Mpa dengan nilai EAB 30%, dan kitosan dari kitin noniradiasi memiliki kekuatan tarik sebesar 437,5 Mpa serta tidak memiliki nilai EAB. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini memiliki nilai TS yang lebih rendah namun nilai EAB yang cukup tinggi pada beberapa variasi. Penelitian lain yang dilakukan Hosseini, dkk. (2013) dengan variasi kitosan:gelatin melaporkan bahwa variasi optimum yang didapatkan adalah kitosan 60:40 gelatin dengan nilai TS sebesar 16,60 MPa dan EAB 25,3 %. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini hampir mendekati nilai TS dan EAB Hosseini, dkk. (2013) pada beberapa variasi. Sifat mekanik yang dibutuhkan benang jahit operasi yakni, tensile strenght yang tidak terlalu tinggi dan elongation at break yang cukup. Hal ini dimaksudkan untuk memaksimalkan material yang didapatkan supaya lebih mudah terdegradasi dalam tubuh (in vivo), sehingga menghasilkan produk akhir yang bersifat *biocompotibel* bagi tubuh manusia (Anjayani, 2009).

4.3 Analisis Gugus Fungsi

Analisis gugus fungsi dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari senyawa yang terkandung dalam material sampel. Identifikasi ini dilakukan dengan menggunakan Varian FTS tipe 1000 FT-IR *Scimitar Series* di Laboratorium Uv-Vis dan FTIR Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Malang. Material yang diuji yaitu getah jarak pagar, gelatin, kitosan, dan sampel terbaik berdasarkan uji sifat mekaniknya. Spektrum yang dihasilkan berupa spektra hubungan antara bilangan gelombang dan transmitansi seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Spektra FTIR (a) getah jarak pagar, (b) kitosan, (c) gelatin, (d) *film* A₃, (e) *film* A₅, dan (f) *film* B₄ *Komposisi getah jarak pagar:kitosan:gelatin (A₃=2:8:10, A₅=2:8:12, B₄=2:12:10).

Berdasarkan data FTIR yang didapatkan, masing-masing spektrum kemudian diidentifikasi gugus fungsi dan senyawa yang terbentuk berdasarkan bilangan dan intensitas puncak gelombang. Tabel 4.1 menunjukkan beberapa gugus fungsi dan senyawa yang terbentuk pada getah jarak pagar, gelatin, kitosan, A₃; A₅; dan B₄. Pada getah jarak pagar memiliki karakteristik spektra IR yang khas pada vibrasi OH pada bilangan gelombang 3452 cm⁻¹ dan gugus karbonil

pada 1628 cm^{-1} . Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Tongpoothorn (2011).

Tabel 4.1 Hasil spektra FTIR getah jarak pagar, kitosan, gelatin, A_3 , A_5 , dan B_3 .

<i>Bilangan Gelombang (cm^{-1})</i>						<i>Gugus Fungsi</i>
<i>Getah Jarak Pagar</i>	<i>Kitosan</i>	<i>Gelatin</i>	A_3	A_5	B_4	
-	-	-	3735	3746	3745	C-H sp^2 Aromatis
3452	3415	3459	3428	3447	3447	O-H
-	2984	-	2930	-	-	C-H
1628	1589	1641	1638	1647	1647	(Amida I)
-	-	1558	1541	1544	1545	(Amida II)
1446	-	1458	1453	1458	1458	C=C Aromatis
1349	1364	-	1385	1387	1387	-CH ₂
-	1268	1247	1072	1073	1068	(Amida III)

Gelatin merupakan salah satu protein, seperti pada umumnya protein memiliki struktur yang terdiri dari karbon, hidrogen, gugus hidroksil (OH), gugus karbonil (C=O), dan gugus amina (NH). Hasil spektra pada serapan 3459 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi *stretching* gugus fungsi OH yang mempunyai bentuk serapan lebar. Spektra IR khas dari gelatin ditunjukkan pada bilangan gelombang 1641; 1558; 1247 yang merupakan gugus amida I mewakili gugus C=O dan vibrasi N-H, amida II gugus N-H dengan C-N, dan amida III gugus C-N dengan N-H dari glisin. Penentuan gugus fungsi gelatin tersebut sesuai dengan bentuk spektrum yang dilaporkan oleh Qiaio, dkk. (2017).

Spektra IR yang khas pada kitosan adalah adanya gugus amino yang terbentuk dari proses deasetilasi kitin menjadi kitosan. Pada spektra kitosan yang telah didapatkan menunjukkan Serapan gugus OH yang muncul pada bilangan gelombang 3415 cm^{-1} menandakan adanya vibrasi *stretching* OH. Senyawa alifatik C-H terserap pada bilangan gelombang 2984 cm^{-1} . Spektra khas kitosan ditunjukkan dengan adanya serapan 1268 dan 1041 cm^{-1} mewakili gugus amino primer ($-\text{NH}_2$) yang merupakan kelompok utama dari kitosan. Puncak 1589 cm^{-1} mewakili gugus amino asetil dari kitin yang mengindikasikan kitosan tidak mengalami deasetilasi sepenuhnya. Puncak 1364 cm^{-1} merupakan gugus $-\text{CH}_2$ yaitu kelompok alhokol primer dari kitosan ($-\text{CH}_2\text{-OH}$). Penentuan gugus fungsi kitosan tersebut sesuai dengan bentuk spektrum yang dilaporkan oleh Saraswati, dkk. (2001).

Pada A_3 , A_5 , dan B_4 dilakukan uji gugus fungsi karena memiliki nilai TS secara berturut-turut yaitu, paling rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan uji sifat mekaniknya. Spektra A_3 , A_5 , dan B_4 menunjukkan perbedaan nyata pada gugus fungsi C-H yang hanya muncul pada sampel A_3 , selain itu tidak menunjukkan perbedaan yang nyata atau signifikan. Perbedaan nyata tersebut dimungkinkan dengan fakta saat dilakukan penelitian didapatkan perilaku yang khas dalam sampel A_3 yakni lebih mudah untuk dibentuk *film* jika dibandingkan dengan sampel A_5 dan B_4 , selain itu sampel A_3 memiliki sifat mekanik yang tidak terlalu tinggi ataupun rendah berdasarkan uji mekaniknnya. Pada ketiga sampel tersebut terjadi perpanjangan dan pergeseran gugus OH pada bilangan gelombang 3428 ; 3447 ; dan 3447 cm^{-1} . Hal ini yang mengindikasikan pembentukan ikatan hidrogen intermolekul antara gelatin dan kitosan. Senyawa aromatis dalam *film* muncul

pada bilangan gelombang 3735; 3746; dan 3745 cm^{-1} yang merupakan spektra khas dari gugus C-H sp^2 Aromatis dan 1453; 1458; dan 1458 cm^{-1} yang merupakan gugus C=C aromatis. Kehadiran senyawa tersebut dikarenakan masuknya gugus aromatik yang bersifat hidrofobik. Senyawa aromatik tersebut dapat dimungkinkan berasal dari senyawa aktif getah jarak pagar.

Spektra senyawa amida I, amida II, dan amida III pada A₃, A₅, dan B₃ terjadi penurunan intensitas. Penurunan amida I menunjukkan bahwa kehadiran kitosan menyebabkan penurunan kandungan helix dalam sampel (Jridi, dkk., 2014). Penurunan intensitas amida II menegaskan adanya interaksi elektrostatik antara gugus karboksil gelatin dan gugus amino kitosan, selain itu juga mengindikasikan pembentukan ikatan hidrogen di mana gugus gelatin -NH dilibatkan (Staroszczyk, dkk., 2014). Perubahan intensitas pada amida III menunjukkan interaksi gugus amino kitosan dengan gugus karboksil gelatin melalui interaksi elektrostatik (Jridi, dkk., 2014).

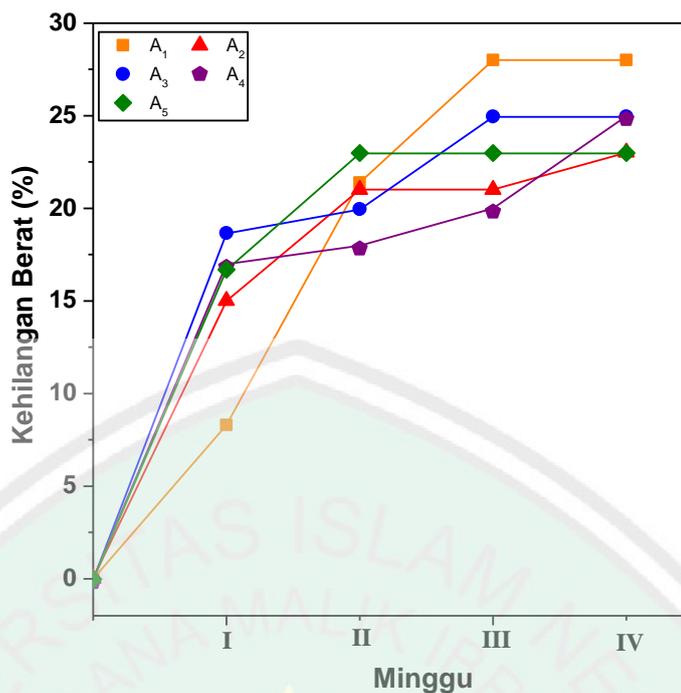
Menurut Qiaio, dkk. (2017) gelatin sebagai protein merupakan tipe *polyampholyte* yang mana gugus karboksilnya ($-\text{COO}^-$) dapat berinteraksi secara ionik dengan kelompok amina ($-\text{NH}_3^+$) yang terdapat pada rantai kitosan dalam larutan asam. Sejumlah besar gugus gelatin seperti -NH dan OH dalam gelatin mampu membentuk ikatan hidrogen dengan gugus -OH dan -NH₂ pada rantai kitosan. Dengan demikian interaksi antara gelatin dan kitosan dihasilkan secara interaksi elektrostatik dan berdasarkan ikatan hidrogennya sebagaimana yang dijelaskan oleh Sionkowska, dkk. (2004).

4.4 Uji Kelarutan

Uji kelarutan dilakukan dengan merendam sampel dalam larutan *phospat buffered saline* (PBS). Pada penelitian ini digunakan larutan PBS karena larutan tersebut memiliki sifat yang sama dengan cairan dalam tubuh manusia. Sampel direndam dalam larutan PBS selama 28 hari dan dikontrol setiap satu minggu untuk mengetahui kehilangan berat dalam larutan. Hasil uji kelarutan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.9 variasi komposisi gelatin dan 4.10 variasi komposisi kitosan.

Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa A_1 memiliki nilai kehilangan berat paling besar. Hal ini dimungkinkan karena sampel tersebut memiliki nilai TS tidak terlalu tinggi dan memiliki nilai EAB yang sangat rendah berdasarkan sifat mekaniknya. Pada penelitian ini seiring dengan peningkatan komposisi gelatin, *film* yang didapatkan semakin berat. Komposisi gelatin pada *film* A_1 adalah paling rendah. Berdasarkan beratnya, maka dibutuhkan waktu yang cukup lama bagi sampel lain untuk terdegradasi dalam larutan PBS. Kehilangan berat antara *film* A_1 dengan yang lain memiliki selisih yang tidak terlalu jauh.

Kelarutan yang rendah dalam variasi gelatin terdapat pada sampel A_2 dan A_5 . Hal ini dimungkinkan karena sampel A_2 memiliki nilai TS yang tinggi dan EAB yang cukup rendah, sedangkan pada sampel A_5 memiliki kelarutan yang rendah meskipun nilai TS dan EAB rendah. Sampel A_5 memiliki kasus yang berbeda dengan A_2 , karena A_5 memiliki kelarutan yang tinggi terlebih dahulu pada minggu ke 2 kemudian stabil hingga minggu ke 4. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan maka kelarutan sampel pada penelitian ini dapat dipengaruhi oleh 2 hal yaitu, sifat mekanik dan berat sampel.

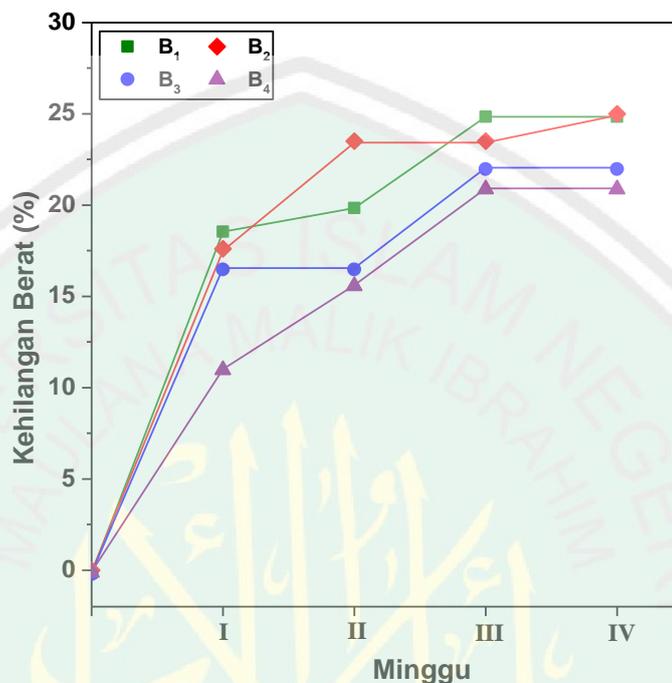


Gambar 4.10 Uji kelarutan variasi komposisi gelatin.

Berdasarkan variasi kitosan kelarutan paling tinggi didapatkan pada *film* B₁ dan B₂. Hal ini dikarenakan *film* tersebut memiliki nilai TS rendah dan nilai EAB yang cukup tinggi. Pada sampel B₁ di minggu ke-III kelarutannya cenderung tinggi. Hal ini dikarenakan sampel B₁ memiliki nilai TS yang paling rendah dalam variasi komposisi kitosan. Kelarutan paling rendah adalah *film* B₄ karena memiliki nilai TS yang cenderung tinggi dan EAB yang rendah, sehingga sampel B₄ lebih sulit terdegradasi dalam larutan PBS.

Biodegradasi suatu material dapat terjadi pada beberapa tahap yang berbeda. Polimer material yang kontak dengan tubuh manusia dapat terdegradasi oleh oksidasi kimia dan oksidasi enzimatik. Tubuh manusia memiliki beberapa enzim sebagai katalisator yang dapat meningkatkan kecepatan laju suatu reaksi. Pada penelitian ini dilakukan uji biodegradasi dengan menggunakan larutan PBS

dimana sampel hanya dapat terdegradasi hingga 28%. Hal ini dimungkinkan karena tidak adanya enzim sebagai katalis untuk mempercepat reaksi.



Gambar 4.11 Uji kelarutan variasi komposisi kitosan.

4.5 Kajian Penelitian Dalam Perspektif Islam

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَّا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ اسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَوَاتٍ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ٢٩

Artinya: “Dialah (Allah) yang menciptakan segala apa yang ada di bumi untukmu kemudian Dia menuju ke langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit. dan Dia maha mengetahui sesuatu (Q.S al-Baqarah 2:29)”.

Menurut tafsir Jalalayn, (Dialah (Allah) yang menciptakan segala apa yang ada di bumi) yaitu menciptakan bumi beserta isinya, kesemuanya agar kamu memperoleh manfaat dan mengambil perbandingan darinya. Shihab (2001) menambahkan, sesungguhnya Allah SWT yang memberikan kemaslahatan manusia dengan memberikan karunia-Nya melalui seluruh kenikmatan alam yang

ada di bumi. Bersamaan dengan penciptaan bumi dengan segala manfaatnya, Dia menciptakan tujuh lapis langit bersusun. Di dalamnya terdapat apa-apa yang bisa kalian lihat dan apa-apa yang tidak bisa kalian lihat.

Semua isi bumi diciptakan Allah SWT untuk kebutuhan manusia, dalam hal ini laut, air, angin dan awan, tumbuhan dan pepohonan, serta binatang termasuk dalam ciptaan Allah SWT yang biasa disebut sebagai sumber daya alam. Indonesia terkenal dengan kekayaan sumber daya alam yang melimpah. Pengelolaan sumber daya alam yang baik akan meningkatkan kesejahteraan umat manusia. Oleh karena itu, persoalan mendasar sehubungan dengan pengelolaan sumber daya alam adalah bagaimana mengelola sumber daya alam tersebut agar menghasilkan manfaat yang sebesar-besarnya bagi manusia. Semua sumber daya alam yang ada di bumi mempunyai fungsinya masing-masing untuk manusia. Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya dalam Q.S al-Imron 191 bahwa Allah SWT tidaklah menciptakan sesuatu dengan sia-sia. Dia telah menciptakan bumi beserta isinya untuk menunjang kehidupan manusia sebagai *khalifah fiil ard*.

Material getah jarak pagar, kitosan, dan gelatin dalam perpaduan penelitian ini memiliki fungsinya masing-masing. Pemanfaatan gelatin sebagai *plasticizer* dalam penelitian ini dapat memperbaiki sifat mekanik dari *film* berdasarkan variasi komposisi gelatin. Padahal dalam penelitian ini terdapat kitosan yang sifatnya sebagai polimer kaku dan getas. Sifat mekanik kitosan bergantung pada beberapa hal salah satunya adalah komposisi material pendukungnya. Pemanfaatan berbagai material alam yang telah diciptakan Allah SWT perlu dikembangkan melalui penelitian secara berlanjutan. Hal ini untuk mendukung kehidupan manusia di masa yang akan datang.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan variasi komposisi gelatin kehadiran gelatin dapat meningkatkan nilai EAB kitosan tetapi tidak dapat menurunkan kekakuan pada kitosan secara signifikan. Komposisi A₃ (2:8:10) memiliki nilai TS dan EAB yang paling tinggi. Berdasarkan variasi komposisi kitosan diketahui bahwa nilai TS tertinggi didapatkan pada B₄ (2:12:10). Komposisi kitosan yang semakin tinggi menghasilkan nilai TS yang semakin besar. Kurva menunjukkan perilaku khas dari kitosan yang kuat dan keras.
2. Spektra A₃, A₅, dan B₄ tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada ketiga sampel tersebut terjadi perpanjangan dan pergeseran gugus OH pada bilangan gelombang 3428,4; 3447,2; dan 3447,2 cm⁻¹. Spektra senyawa amida I, amida II, dan amida III pada A₃, A₅, dan B₄ terjadi penurunan intensitas.
3. Pada uji kelarutan dalam larutan PBS didapatkan bahwa, komposisi A₁ memiliki kelarutan paling tinggi sedangkan B₄ memiliki kelarutan paling rendah.

5.2 Saran

1. Pada beberapa komposisi kitosan sulit didapatkan film yang maksimal karena sifat kitosan yang kuat dan mudah patah. Hal ini perlu dilakukan variasi konsentrasi kitosan untuk mendapatkan hasil film yang maksimal.
2. Degradasi kitosan dalam tubuh manusia dapat dilakukan secara enzimatik. Pada uji kelarutan dalam larutan PBS dapat digunakan enzim *lysozyme* sebagai katalis untuk mendegradasi film secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, A. A. 2013. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Mekanik Biokomposit Filler Short Fiber Kulit Rotan Hasil Fermentasi dan Hasil Milling. *Skripsi*. Fakultas MIPA Jurusan Fisika. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Anjayani, M. 2009. Karakteristik Benang Kitosan Yang Terbuat Dari Kitin Iradiasi Dan Tanpa Iradiasi. *Skripsi*. Fakultas SAINTEK Jurusan Kimia. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- As-Suyuthi, Jalaluddin., dan Jalaluddin Al-Mahalli. 2000. Tafsir Jalalain. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Callister, William D., David G. Rethwisch. 1940. Material Science And Engineering An Introduction. USA: United States Of America
- Dudley H.A.F., J.R.T. Eckersley, dan S. Paterson-Brown. 2000. Pedoman Tindakan Medik dan Bedah. Jakarta: EGC.
- Dubruel, P., dan Vlierberghe, S., 2014. Biomaterials for Bone Regeneration: Novel Techniques and Applications. Elsevier: Oxford.
- Erlinawati, L. 2016. Paduan Getah Pepaya (*Carica Papaya L.*) dan Polyvinil Alcohol (PVA) – Glycolic Acid (GA) Sebagai Bahan Baku Benang Jahit Operasi yang Absorbable. *Skripsi*. Fakultas SAINTEK Jurusan Fisika. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Fathan. N. Z. N. 2014. Pengaruh Konsentrasi Getah Batang Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*) Terhadap *Candida Albicans* Secara In Vitro. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran Jurusan Kedokteran Gigi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Fazillah. N. 2016. Paduan Getah Jarak Pagar dan PVA-GA Sebagai Bahan Baku Benang Jahit Operasi Absorbable. *Skripsi*. Fakultas SAINTEK Jurusan Fisika. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ghoffar. M. A. 2003. Tafsir Ibnu Katsir jilid 2. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Hajrawati. 2006. Sifat Fisik dan Kimia Gelatin Tulang Sapi dengan Perendaman Asam Klorida Pada Konsentrasi dan Lama Perendaman Yang Berbeda. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Jurusan Ilmu Ternak. Bogor: Intitut Pertanian Bogor.
- Harianingsih. 2010. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting Menjadi Kitosan Sebagai Bahan Pelapis (Coater) Pada Buah Stroberi. *Tesis*. Program Magister Teknik Kimia. Semarang: Universitas Diponegoro.

- Hasibuan, S. A. 2016. Perbandingan Daya Hambat Ekstrak Daun Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* Linn) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Aureus* Dan *Escherichia Coli* Secara In Vitro. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran Jurusan Kedokteran. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Hastuti, D., dan Iriane, S. 2007. Pengenalan Dan Proses Pembuatan Gelatin. *Jurnal Mediagro*. (1)3: 39-48.
- Hodek, P., Trelil P., Stiborova M. 2002. Flavonoids-Potent and Versatile Biologically Active Compounds Interacting with Cytochrome P450. *Journal Of Chemico-Biological Interactions*. (1)139: 1-21.
- Hosseini, SF., Masoud R., Mojgan Z., Farhid FG. 2013. Preparation And Functional Properties Of fish Gelatin–Chitosan Blend Edible films. *Journal Of Food Chemistry*. 136: 1490-1495.
- Igbinosa, O. O., Igbinosa E. O., And O. A. Aiyegoro. 2009. Antimicrobial Activity and Phytochemical Screening of Steam Bark Extracts from *Jatropha curcas* (Linn). *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. (2)3: 058-062.
- Jannah. A. 2008. Gelatin: Tinjauan Kehalalan dan Alternatif Produksi. Malang: UIN Press Malang.
- Judawisastra. H., I. O. C. Hadyiswanto., W. Winiati. 2012. The Effects Of Demineralization Process on Diameter, Tensile Properties and Biodegradation of Chitosan Fiber. *Journal of Procedia Chemistry*. 04: 138 – 145.
- Johnson, I. T. 2001. Antioxidant and Antitumour Properties. Cambridge: CRC Press.
- Jridi, Mourad., *et al.* 2014. Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin-chitosan composite edible films. *Journal Of Biological Macromolecules*. 67: 373-379.
- Lenny, Sovia. 2006. Senyawa Flavonoida, Fenil Propanoida, Alkaloida. *Karya Ilmiah*. Fakultas MIPA Jurusan Kimia. Sumatera: USU Repository.
- Maknunah, Z. 2015. Karakterisasi Profil Protein Gelatin Komersial Menggunakan SDS-PAGE (Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis) dan Analisis Kadar Protein Menggunakan Spektroskopi UV-VIS. *Skripsi*. Fakultas SAINTEK Jurusan Kimia. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

- Maryani., Titi Surti., dan Ratna Ibrahim. 2010. Aplikasi Gelatin Tulang Ikan Nila Merah (*Oreochromis Niloticus*) Terhadap Mutu Permen Jelly. *Jurnal Saintek Perikanan*. (1)6: 62-70.
- Melia, S. I. Juliyarsi., dan M. Hayatuddin. 2014. Karakteristik Kimia dan Total Koloni Bakteri Gelatin dari Beberapa Jenis Kulit Ternak. *Jurnal Peternakan Indonesia*. (3)16: 188-192.
- Naidu, A. S. 2000. Natural Food Antimicrobial System. USA: CRC Press.
- Nasrullah, F. 2014. Pengembangan Komposit Pva-Alginat-Daun Binahong Sebagai Wound Dressing Antibakteri. *Skripsi*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Nikmatin, S., dan L.I. Sudirman. 2012. Sifat Mekanik Bionanokomposit Filler Nanopartikel Biomass Kulit Rotan Metode Injeksi Molding. *Jurnal Biofisika*. (1)9: 31-36.
- Novita, M., Satriana, M., Rohaya, S., dan Hasmarita, E. 2012. Pengaruh Pelapisan Kitosan Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tomat Segar (*Lycopersicum Pyriforme*) Pada Berbagai Tingkat Kematangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. (3)4: 1-8.
- Nurdiana, Dani. 2002. Karakteristik Fisik *Edible Film* Dari Khitosan Dengan Sorbitol Sebagai *Plasticizer*. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Jurusan Teknologi Hasil Perikanan. Bogor: IPB.
- Nurjannah, S dkk “penemu”; Universitas Brawijaya. JOS (Jatropha Operation Suture): Inovasi Benang Jahit Operasi Berbahan Gel Jatropha Multifida. 712/UN10.21/HKI/2015. 8 Juni 2015.
- Nurmillah, O. Y. 2009. Kajian Aktivitas Antioksidan dan Antimikroba Ekstrak Biji, Kulit Buah, Batang, dan Daun Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Nuria, M, C., Faizatun, A., Sumantri., 2009. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas Linn*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 dan *Salmonella typhi* ATCC 1408. *Jurnal Meddiagro*. (2)5: 26-37
- Praira, W. 2008. Identifikasi Gelatin Dalam Beberapa Obat Bentuk Sediaan Tablet Menggunakan Metode Spektrofotometri. *Skripsi*. Fakultas MIPA Program Studi Biokimia. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Pranoto, Yudi., Chong Min Lee., Hyun Jin Park. 2007. Characterizations Of fish Gelatin films Added With Gellan And K-Carrageenan. *Journal Of Food Science and Technology*. 40: 766-774.

- Qiaio, Congde., *Xianguang M., Jianlong Z., Jinshui Y.* 2017. Molecular Interactions In Gelatin/Chitosan Composite Films. *Journal Of Food Chemistry.* 235: 45-50.
- Ridha, D. A. 2016. Pengaruh Getah Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L*) Terhadap Penyembuhan Luka Pada Tikus (*Rattus Norvegicus*) Strain Wistar (In Vivo). *Skripsi.* Fakultas Kedokteran Gigi Jurusan Kedokteran Gigi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rochima, E. 2014. Kajian Pemanfaatan Limbah Rajungan dan Aplikasinya untuk Bahan Minuman Kesehatan Berbasis Kitosan. *Jurnal Akuatika.* (1)5: 71-82.
- Sabiston, D. C. 1995. Buku Ajar Bedah. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Salamon *et al.* 2014. Gelatin-Based Hydrogels Promote Chondrogenic Differentiation of Human Adipose Tissue-Derived Mesenchymal Stem Cells In Vitro. *Journal Materials.* 7: 1342-1359.
- Samsiah, R. 2009. Karakterisasi Biokomposit Apatit-Kitosan Dengan Xrd (X-Ray Diffraction), Ftir (Fourier Transform Infrared), Sem (Scanning Electron Microscopy) Dan Uji Mekanik. *Skripsi.* Fakultas MIPA Jurusan Fisika. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Saraswathy, G., S. Pal., C. Rose., And T. P. Sastry. 2001. A Novel Bio-Inorganic Bone Implant Containing Deglued Bone, Chitosan and Gelatin. *Jurnal Indian Academy of Science.* (4)24: 415-420.
- Schrieber, R dan Gareis, H. 2007. Gelatin Handbook. Jerman: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.
- Serag – Wiessner. 2006. Pocket Guide to Suture Materials Techniques & Knots. Germany.
- Shihab, M. Q. 2001. Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an. Jakarta: Lentera Hati.
- Siskandar, R. 2011. Sintesa dan Karakterisasi Sifat Mekanik Membran Polisulfon yang Didadah Titanium Dioksida. *Skripsi.* Fakultas MIPA Jurusan Fisika. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sionkowska, A., *et al.* 2004. Molecular Interactions In Collagen And Chitosan Blends. *Journal Of Biomaterial.* 25: 795-801.
- Sompie, M., S. E Surtijono., J. H. W Pontoh., N. N. Lontaan. 2015. The Effects of Acetic Acid Concentration and Extraction Temperature on Physical and Chemical Properties of Pigskin Gelatin. *Journal Of Food Science.* 3: 383-388.

- Susilowati, A. B. 2014. Pengaruh Getah Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L) Terhadap Daya Hambat Bakteri *Staphylococcus Aureus* Secara In Vitro. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran Gigi Jurusan Kedokteran Gigi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Staroszczyk, Hanna., *et al.* 2014. Interactions Of fish Gelatin And Chitosan In Uncrosslinked And Crosslinked With EDC films: FT-IR Study. *Journal Of Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 117: 707-712.
- Tongpoothorn, W., M. Sriuttha., P. Homchan., S. Chanthai., dan C. Ruangviriyachai. 2011. Preparation Of Activated Carbon Derived From *Jatropha Curcas* Fruit Shell By Simple Thermo-Chemical Activation And Characterization Of Their Physico-Chemical Properties. *Journal Of Chemical Engineering Research and Design*. 89: 335-340.
- Wiratmaja, H. 2006. Perbaikan Nilai Tambah Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus Sp*) Menjadi Gelatin Serta Analisis Fisika-Kimia. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Jurusan Teknologi Hasil Perikanan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja

1. Pengambilan Getah Jarak Pagar

Pengambilan Getah
Jarak Pagar

- Pengambilan getah dilakukan pada pukul 08.00-10.00 di Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Karangploso Malang.
- Dilukai batang pohon dengan menggunakan pisau
- Diletakkan botol vial pada batang pohon yang telah dilukai untuk menampung getah yang menetes

Getah Jarak
Pagar

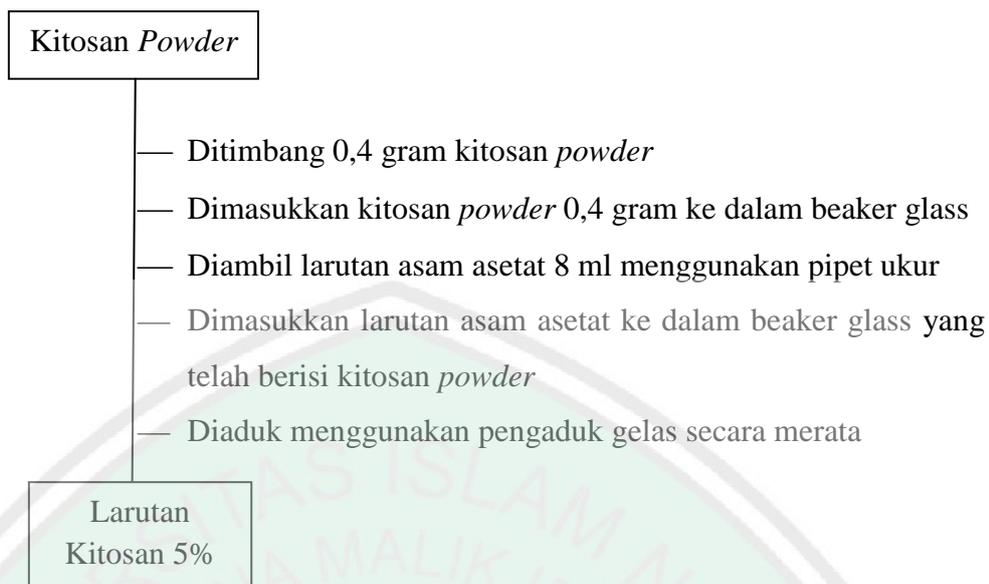
2. Pembuatan Larutan Gelatin 3%

Gelatin *Powder*

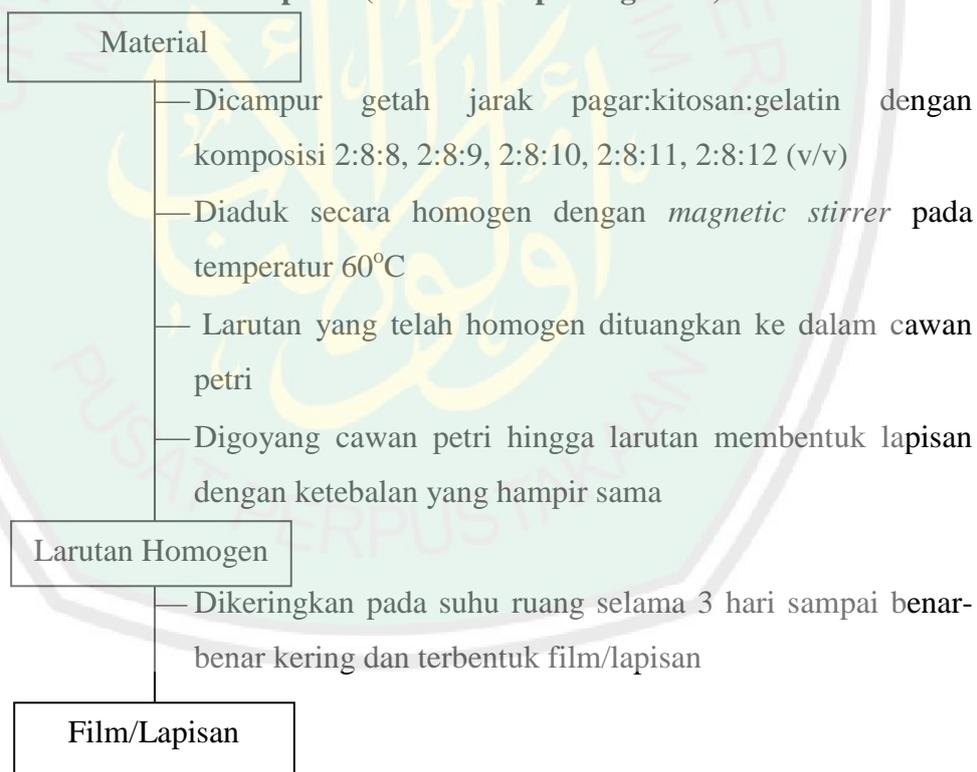
- Ditimbang 0,15 gram gelatin *powder*
- Dimasukkan gelatin *powder* 0,15 gram ke dalam beaker glass
- Diambil larutan asam asetat 50 ml menggunakan pipet ukur
- Dimasukkan larutan asam asetat ke dalam beaker glass yang telah berisi gelatin *powder*
- Dipanaskan pada suhu 60 °C dan diaduk menggunakan magnetik stirer

Larutan
Gelatin 3%

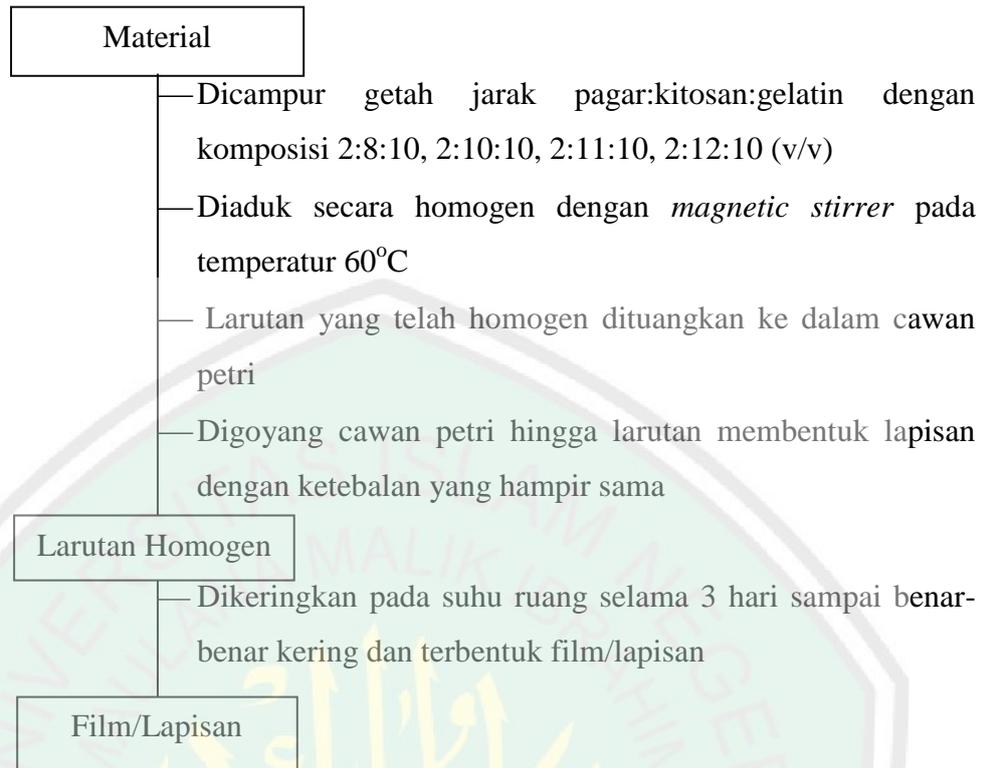
3. Pembuatan Larutan Kitosan 5%



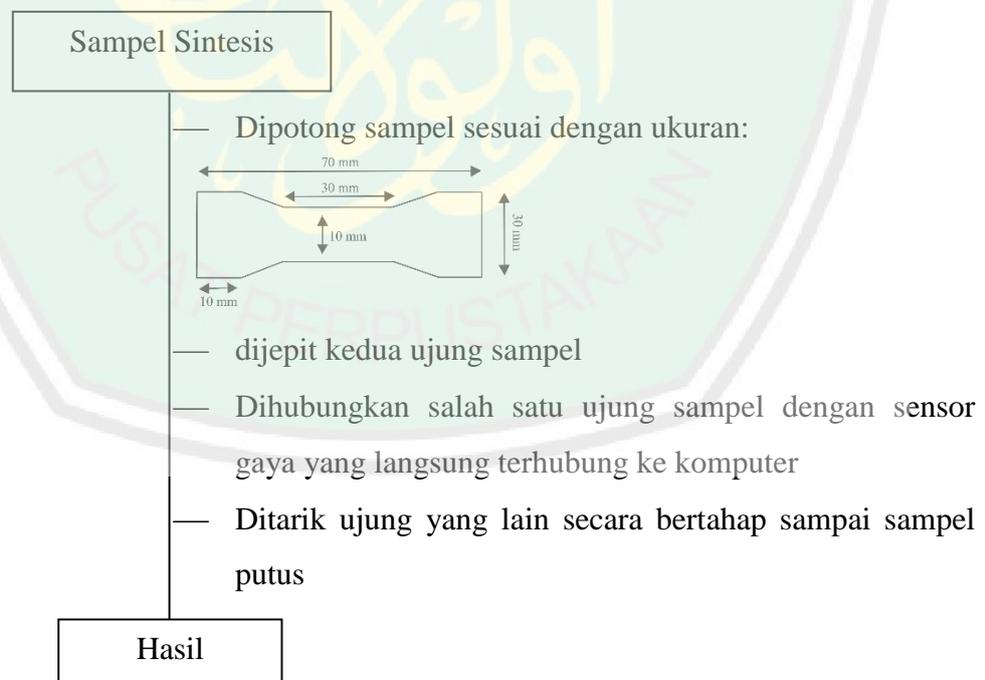
4. Pembuatan Film/Lapisan (variasi komposisi gelatin)



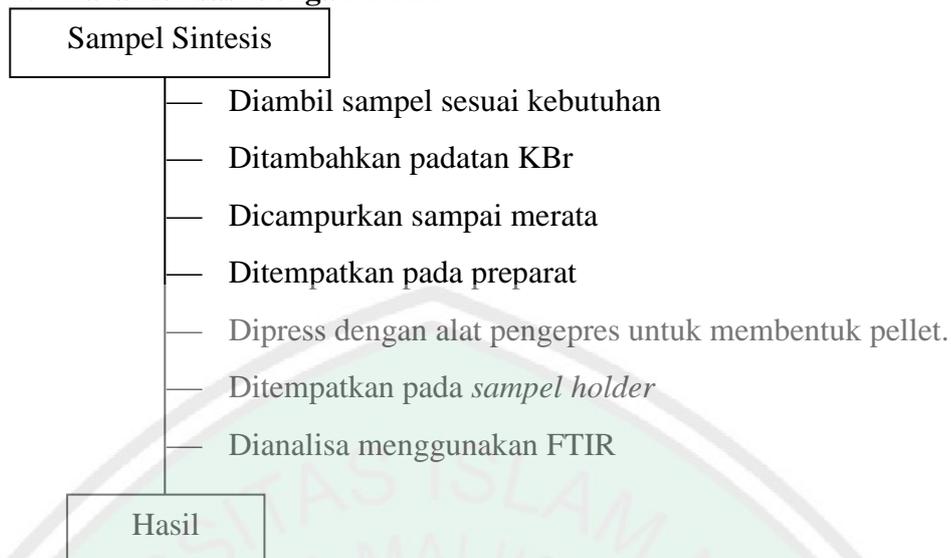
5. Pembuatan Film/Lapisan (variasi komposisi kitosan)



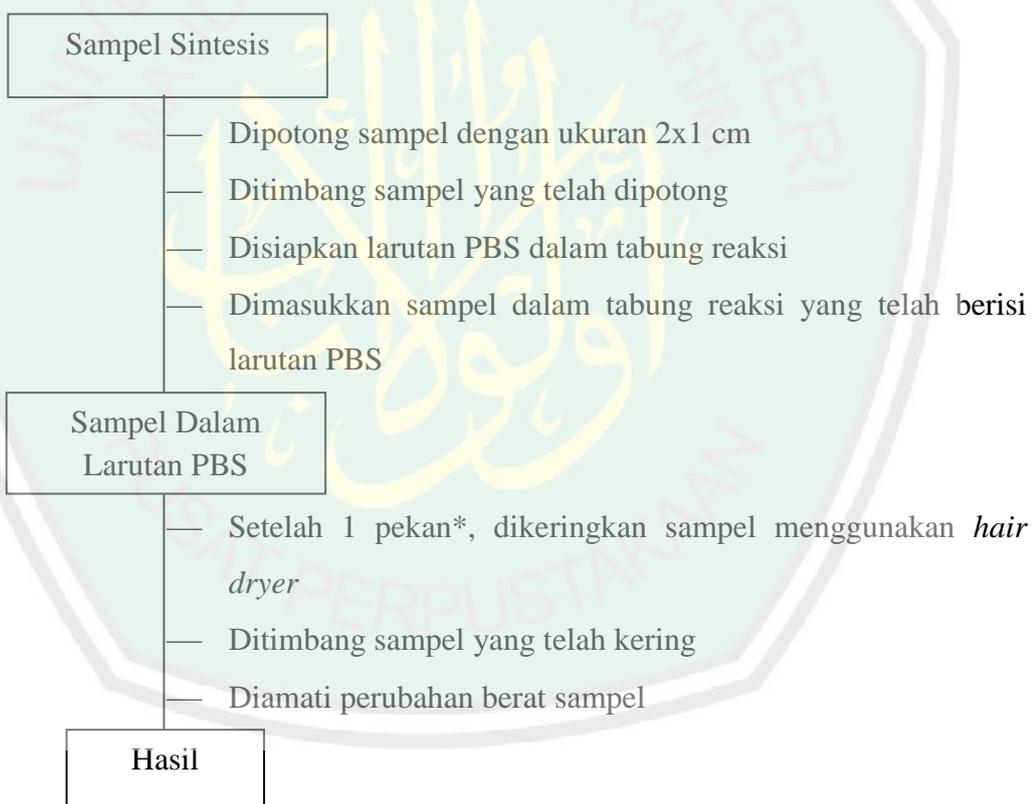
6. Karakterisasi dengan *Paper Tensile Strengh*



7. Karakterisasi dengan FTIR



8. Uji Kelarutan



Catatan:

*Sampel dalam larutan PBS ditimbang dan diamati perubahan beratnya tiap pekan selama satu bulan.

Lampiran 2. Perhitungan Pembuatan Larutan

I. Pengenceran Larutan Asam Asetat 1%

Pengenceran larutan asam asetat 1% dibuat dengan cara pengenceran larutan asam asetat 99,7% dalam labu ukur 100 mL berdasarkan perhitungan berikut ini,

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$100 \text{ mL} \times 1\% = V_2 \times 99,7\%$$

$$V_2 = \frac{100 \text{ mL} \times 1\%}{99,7\%}$$

$$V_2 = 1,003 \text{ mL}$$

Untuk pembuatan larutan asam asetat 1% sebanyak 100 mL, maka diperlukan asam asetat 99,7% sebanyak 1,003 mL.

II. Pembuatan Larutan Gelatin 3%

Pembuatan larutan gelatin 3% dibuat berdasarkan perhitungan berikut ini,

$$\frac{\text{gram}}{\text{mL}} \times 100 \% = \%$$

$$\frac{\text{gram}}{50 \text{ mL}} \times 100 \% = 3\%$$

$$\frac{3\% \times 50 \text{ mL}}{100\%} = \text{gram}$$

$$\frac{3\% \times 50 \text{ mL}}{100\%} = 1,5 \text{ gram}$$

Untuk pembuatan larutan gelatin 3%, maka diperlukan kitosan 1,5 gram dalam larutan asam asetat 50 mL.

III. Pembuatan Larutan Kitosan 5%

Pembuatan larutan kitosan 5% dibuat berdasarkan perhitungan berikut ini,

$$\frac{\text{gram}}{\text{mL}} \times 100 \% = \%$$

$$\frac{\text{gram}}{8 \text{ mL}} \times 100 \% = 5\%$$

$$\frac{5\% \times 8 \text{ ml}}{100\%} = \text{gram}$$

$$\frac{5\% \times 8 \text{ ml}}{100\%} = 0,4 \text{ gram}$$

Untuk pembuatan larutan kitosan 5%, maka diperlukan kitosan 0,4 gram dalam larutan asam asetat 8 mL.

IV. Pembuatan Larutan *Phosphate Buffered Saline* (PBS)

Pembuatan larutan PBS 1 L dibutuhkan 9,88 gram berdasarkan petunjuk pembuatan dalam kemasan PBS, sehingga dalam pembuatan larutan PBS 100 mL dibutuhkan PBS *powder* sebanyak 0,988 gram dibuat berdasarkan perhitungan berikut ini,

$$\frac{\text{gram}}{\text{mL}} \times 100 \% = \%$$

$$\frac{0,988 \text{ gram}}{100 \text{ mL}} \times 100 \% = 9,88\%$$

Lampiran 3. Perhitungan Analisis Data

I. Modulus Young

Modulus Elastisitas/*modulus young* (E) merupakan hasil pembagian dari nilai kuat Tarik (tegangan) dan persen pemanjangan (regangan). Perhitungannya digunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

dengan E adalah modulus elastisitas/modulus Young (Mpa), σ tegangan yang didapatkan sampel (Mpa), ϵ regangan yang didapatkan sampel (%).

A. Variasi Komposisi Gelatin

Tabel L3.1 Uji sifat mekanik variasi komposisi gelatin

No.	Getah Jarak Pagar:Kitosan:Gelatin	Tensile Strenght (MPa)	Elongation at Break (%)
1.	2:8:8	15,8	6,67
2.	2:8:9	22,1	13,33
3.	2:8:10	22,8	20
4.	2:8:11	21	16,67
5.	2:8:12	10,9	10

1. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:8

$$\sigma = 15,8 \text{ MPa}$$

$$\epsilon = 6,67 \%$$

$$E = \frac{15,8 \text{ Mpa}}{6,67 \%} = 2,37 \text{ MPa}$$

2. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:9

$$\sigma = 22,1 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 13,33 \%$$

$$E = \frac{22,1 \text{ Mpa}}{13,33 \%} = 1,66 \text{ MPa}$$

3. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:10

$$\sigma = 22,8 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 20 \%$$

$$E = \frac{22,8 \text{ Mpa}}{20 \%} = 1,14 \text{ MPa}$$

4. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:11

$$\sigma = 21 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 16,67 \%$$

$$E = \frac{21 \text{ Mpa}}{16,67 \%} = 1,26 \text{ MPa}$$

5. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:12

$$\sigma = 10,9 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 10 \%$$

$$E = \frac{10,9 \text{ Mpa}}{10 \%} = 1,09 \text{ MPa}$$

B. Variasi Komposisi Kitosan

Tabel L3.2 Uji sifat mekanik variasi komposisi kitosan

No.	Getah Jarak Pagar:Kitosan:Gelatin	Tensile Strenght (MPa)	Elongation at Break (%)
1.	2:8:10	22,8	20
2.	2:10:10	26,9	10
3.	2:11:10	27,8	10
4.	2:12:10	29,3	13,33

1. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:10

$$\sigma = 22,8 \text{ MPa}$$

$$\epsilon = 20 \%$$

$$E = \frac{22,8 \text{ Mpa}}{20 \%} = 1,14 \text{ MPa}$$

2. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:10:10

$$\sigma = 26,9 \text{ MPa}$$

$$\epsilon = 10 \%$$

$$E = \frac{26,9 \text{ Mpa}}{10 \%} = 2,69 \text{ MPa}$$

3. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:11:10

$$\sigma = 27,8 \text{ MPa}$$

$$\epsilon = 10 \%$$

$$E = \frac{27,8 \text{ Mpa}}{10 \%} = 2,78 \text{ MPa}$$

4. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:12:10

$$\sigma = 29,3 \text{ MPa}$$

$$\epsilon = 13,33 \%$$

$$E = \frac{29,3 \text{ Mpa}}{13,33 \%} = 2,2 \text{ MPa}$$

II. Uji Kelarutan

Uji kelarutan (kehilangan berat sampel) dapat dihitung dengan rumus:

$$\eta\% = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} \times 100\%$$

dengan η adalah persentase berat fraksi terdegradasi (%), ω_1 adalah berat awal sampel (mg), ω_2 adalah berat sampel setelah terdegradasi (mg)

A. Variasi Komposisi Gelatin

Tabel L3.3 Uji kelarutan variasi komposisi gelatin

No.	Getah Jarak Pagar:Kitosan :Gelatin	Minggu I		Minggu II		Minggu III		Minggu IV	
		*	**	*	**	*	**	*	**
1.	2:8:8	12	11	14	11	14	10	14	10
2.	2:8:9	13	11	14	11	14	11	13	10
3.	2:8:10	16	13	15	12	16	12	16	12
4.	2:8:11	17	14	16	13	15	12	16	12
5.	2:8:12	18	15	17	13	17	13	17	13

Catatan: * berat awal sampel (mg)

** berat akhir sampel (mg)

1. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:8

a. Minggu I:

$$\eta\% = \frac{12 - 11}{12} \times 100\% = 8,3\%$$

b. Minggu II:

$$\eta\% = \frac{14 - 11}{14} \times 100\% = 21,4\%$$

c. pMinggu III:

$$\eta\% = \frac{14 - 10}{14} \times 100\% = 28\%$$

d. Minggu IV:

$$\eta\% = \frac{14 - 10}{14} \times 100\% = 28\%$$

2. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:9

a. Minggu I:

$$\eta\% = \frac{13 - 11}{13} \times 100\% = 15\%$$

b. Minggu II:

$$\eta\% = \frac{14 - 11}{14} \times 100\% = 21\%$$

c. Minggu III:

$$\eta\% = \frac{14 - 11}{14} \times 100\% = 21\%$$

d. Minggu IV:

$$\eta\% = \frac{13 - 10}{13} \times 100\% = 23\%$$

3. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:10

a. Minggu I:

$$\eta\% = \frac{16 - 13}{16} \times 100\% = 18,7\%$$

b. Minggu II:

$$\eta\% = \frac{15 - 12}{15} \times 100\% = 20\%$$

c. Minggu III:

$$\eta\% = \frac{16 - 12}{16} \times 100\% = 25\%$$

d. Minggu IV:

$$\eta\% = \frac{16 - 12}{16} \times 100\% = 25\%$$

4. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:11

a. Minggu I:

$$\eta\% = \frac{17 - 14}{17} \times 100\% = 17\%$$

b. Minggu II:

$$\eta\% = \frac{16 - 13}{16} \times 100\% = 18\%$$

c. Minggu III:

$$\eta\% = \frac{15 - 12}{15} \times 100\% = 20\%$$

d. Minggu IV:

$$\eta\% = \frac{16 - 12}{16} \times 100\% = 25\%$$

5. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:12

a. Minggu I:

$$\eta\% = \frac{18 - 15}{18} \times 100\% = 16,7\%$$

b. Minggu II:

$$\eta\% = \frac{17 - 13}{17} \times 100\% = 23\%$$

c. Minggu III:

$$\eta\% = \frac{17 - 13}{17} \times 100\% = 23\%$$

d. Minggu IV:

$$\eta\% = \frac{17 - 13}{17} \times 100\% = 23\%$$

B. Variasi Komposisi Kitosan

Tabel L3.4 Uji kelarutan variasi komposisi kitosan

No.	Getah Jarak Pagar:Kitosan :Gelatin	Minggu I		Minggu II		Minggu III		Minggu IV	
		*	**	*	**	*	**	*	**
1.	2:8:10	16	13	15	12	16	12	16	12
2.	2:10:10	17	14	17	13	17	13	16	12
3.	2:11:10	18	15	18	15	18	14	18	14
4.	2:12:10	18	16	19	16	19	15	19	15

Catatan: * berat awal sampel (mg)
** berat akhir sampel (mg)

1. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:8:10

a. Minggu I:

$$\eta\% = \frac{16 - 13}{16} \times 100\% = 18,7\%$$

b. Minggu II:

$$\eta\% = \frac{15 - 12}{15} \times 100\% = 20\%$$

c. Minggu III:

$$\eta\% = \frac{16 - 12}{16} \times 100\% = 25\%$$

d. Minggu IV:

$$\eta\% = \frac{16 - 12}{16} \times 100\% = 25\%$$

2. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:10:10

a. Minggu I:

$$\eta\% = \frac{17 - 14}{17} \times 100\% = 17,6\%$$

b. Minggu II:

$$\eta\% = \frac{17 - 13}{17} \times 100\% = 23,5\%$$

c. Minggu III:

$$\eta\% = \frac{17 - 13}{17} \times 100\% = 23,5\%$$

d. Minggu IV:

$$\eta\% = \frac{16 - 12}{16} \times 100\% = 25\%$$

3. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:11:10

a. Minggu I:

$$\eta\% = \frac{18 - 15}{18} \times 100\% = 16,7\%$$

b. Minggu II:

$$\eta\% = \frac{18 - 15}{18} \times 100\% = 16,7\%$$

c. Minggu III:

$$\eta\% = \frac{18 - 14}{18} \times 100\% = 22,2\%$$

d. Minggu IV:

$$\eta\% = \frac{18 - 14}{18} \times 100\% = 22,2\%$$

4. Getah jarak pagar:kitosan:gelatin komposisi 2:12:10

a. Minggu I:

$$\eta\% = \frac{18 - 16}{18} \times 100\% = 11,1\%$$

b. Minggu II:

$$\eta\% = \frac{19 - 16}{19} \times 100\% = 15,7\%$$

c. Minggu III:

$$\eta\% = \frac{19 - 15}{19} \times 100\% = 21\%$$

d. Minggu IV:

$$\eta\% = \frac{19 - 15}{19} \times 100\% = 21\%$$