

**PADUAN GETAH JARAK PAGAR DAN PVA-GA SEBAGAI
BAHAN BAKU BENANG JAHIT OPERASI *ABSORBABLE***

SKRIPSI



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**PADUAN GETAH JARAK PAGAR DAN PVA-GA SEBAGAI BAHAN
BAKU BENANG JAHIT OPERASI *ABSORBABLE***

SKRIPSI

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)**

Oleh:

**NURFAZILAH
NIM. 12640035**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

PADUAN GETAH JARAK PAGAR DAN PVA-GA SEBAGAI BAHAN BAKU
BENANG JAHIT OPERASI ABSORBABLE

SKRIPSI

Oleh:
NURFAZILAH
NIM. 12640035

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk diuji:
Pada tanggal:.....,.....2016

Pembimbing I,  <u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	Pembimbing II,  <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003
---	---

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika


Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009





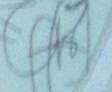
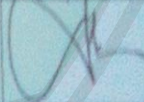
HALAMAN PENGESAHAN

PADUAN GETAH JARAK PAGAR DAN PVA-GA SEBAGAI BAHAN BAKU
BENANG JAHIT OPERASI *ABSORBABLE*

SKRIPSI

Oleh,
NURFAZILAH
NIM. 12640035

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi Dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: Juni 2016

Penguji Utama	: Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes NIP. 19750808 199903 1 003	
Ketua Penguji	: dr. Avin Ainur F NIP. 19800203 200912 2 002	
Sekretaris Penguji	: Erna Hastuti, M.Si NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji	: Drs. Abdul Basid, M.Si NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika


Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurfazilah

NIM : 12640035

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Paduan Getah Jarak Pagar dan PVA-GA Sebagai Bahan Baku Benang Jahit Operasi *Absorbable*

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 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, 29 Juni 2016
Yang Membuat Pernyataan,



Nurfazilah
NIM. 12640035

MOTTO

إِنْ أَحْسَنْتُمْ أَحْسَنْتُمْ لِأَنْفُسِكُمْ وَإِنْ أَسَأْتُمْ فَلَهَا

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik untuk dirimu sendiri. Dan jika kamu berbuat jahat, maka kerugian kejahatan itu untuk dirimu sendiri”.

(Q.S. Al-Isra' : 7)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim...

Alhamdulillah 'ala kulli hal wa ni'matin, Terimakasih atas segala nikmat-Mu ya Allah

Telah mengantarkanku pada titik ini, dimana aku tak mampu lagi berucap selain "TERIMAKASIH" kepada mereka yang aku sayangi...

Kedua orang tuaku

Bapak Moh. Sulle dan Ibu Wafira

Mereka yang telah menjadi guru kehidupanku

Mereka yang menyayangiku tanpa jeda dan selalu menyebut namaku dalam do'a

Terimakasih telah mengajarkanku tersenyum saat hati menangis

Dan bertahan saat hati tertekan

Saudari-saudariku

Nurul Faizah dan Laura Azkia

Terimakasih atas segala dukungan, motivasi dan do'anya

Semoga Allah menjadikan kita anak yang sholihah dan menjadi kebanggaan kedua orang tua

Dosen-dosen

Terimakasih untuk dosen-dosen Jurusan Fisika, khususnya untuk Ibu Erna Hastuti, M.Si dan Drs. Abdul Basid, M.Si yang telah memberikan ilmu dan waktu untuk membimbingku

Semoga ilmu yang telah ibu ajarkan dapat bermanfaat dan menuntunku menjadi insan yang lebih baik

Sahabat-sahabatku

Vera, Silfi, Zizah, Wulan, Lilis, Zila, Ali, Naufal, Mufidun, dan Baqi
Setiap detik kebersamaan kita akan menjadi kenangan yang selalu saja tidak akan bosan untuk diceritakan kembali. Mengisyaratkan, betapa kita pelan-pelan menjadi tua dalam bilangan dan kenangan
Terimakasih tidak membiarkanku memeluk kesepian

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah Swt. Yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw. serta para keluarga, sahabat dan pengikut-pengikutnya. Atas ridho dan kehendak Allah swt. penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Paduan Getah Jarak Pagar PVA-GA Sebagai Bahan Baku Benang Jahit Operasi Absorbable** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terimakasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Raharjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muhtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan proses penulisan skripsi.
5. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Qur'an.
6. Segenap Staf dan pegawai yang telah banyak membantu dan memberikan pelayanan, pengalaman dan wawasan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian.
7. Bapak, Ibu serta keluarga di rumah yang selalu berdoa dan memberi dukungan kepada penulis dalam melaksanakan segala kegiatan penelitian skripsi ini.

8. Teman-teman Fisika angkatan 2012 yang selalu kami jadikan inspirasi dan motivasi disetiap langkah kami dan pihak-pihak lain yang selalu membantu.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, kurang lebihnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Malang, Juni 2016



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Proses Fisiologis Penyembuhan Luka	7
2.2 Karakterisasi Benang Operasi	11
2.3 Tanaman Jarak Pagar	16
2.3.1 Morfologi Pohon Jarak Pagar	16
2.3.2 Kandungan Tumbuhan Jarak Pagar	18
2.3.3 Manfaat Tanaman Jarak Pagar	22
2.4 PVA (<i>Polyvinil alcohol</i>)	22
2.5 GA (<i>Glycolid acid</i>)	25
2.6 FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>)	25
2.6.1 Preparasi Sampel	28
2.6.2 Vibrasi Molekul dan Atom	29
2.7 Uji Tarik	34
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian	37
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.3 Alat dan Bahan	37
3.3.1 Alat	37
3.3.2 Bahan	38
3.4 Prosedur Penelitian	38
3.4.1 Pengambilan Getah Jarak Pagar	38
3.4.2 Pembuatan Benang Jahit	39
3.5 Diagram Penelitian	41
3.6 Pengambilan Data	42
3.6.1 Uji FTIR	42

3.6.2 Uji Kelarutan.....	42
3.6.3 Uji Tarik.....	43
3.6.4 Uji Bakteri.....	44
3.7 Pengumpulan Data	45
3.8 Analisis Data	46
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Penelitian.....	47
4.1.1 Proses Pengambilan Getah Jarak Pagar	47
4.1.2 Pembuatan Benang Jahit Operasi.....	47
4.1.3 Uji FTIR.....	48
4.1.4 Uji Kuat Tarik	50
4.1.5 Uji Kelarutan.....	52
4.1.6 Uji Bakteri.....	53
4.2 Pembahasan.....	55
4.3 Integrasi Penelitian Dengan al-Qur'an.....	60
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63



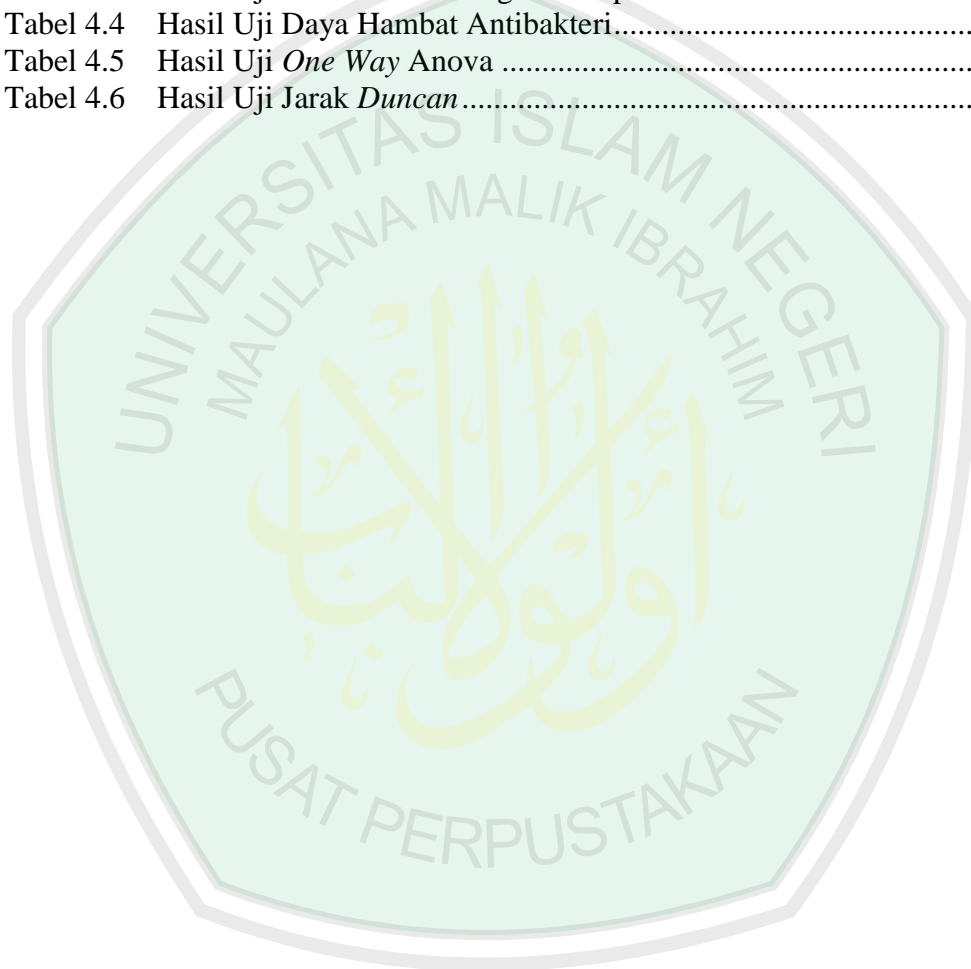
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pohon Jarak Pagar	18
Gambar 2.2 Struktur Ataktik Pada <i>Polyvinil Alcohol</i>	23
Gambar 2.3 Jenis Vibrasi	30
Gambar 3.1 Diagram Penelitian.....	41
Gambar 4.1 Pola Spektrum FTIR Tanpa Getah Jarak Pagar	49
Gambar 4.2 Pola Spektrum FTIR Menggunakan Getah Jarak Pagar	49
Gambar 4.3 Benda Uji Tarik Penampang Segi Empat.....	50
Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Tarik	51
Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Antibakteri	54



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakter Fisik Dari PVA	24
Tabel 3.1	Hasil Uji Tarik	45
Tabel 3.2	Hasil Uji Kelarutan	45
Tabel 3.3	Hasil Uji Antibakteri.....	46
Tabel 4.1	Hasil Uji FTIR Tanpa Getah dan Menggunakan Getah Jarak Pagar	50
Tabel 4.2	Hasil Uji Tarik Benang Operasi.....	51
Tabel 4.3	Hasil Uji Kelarutan Benang Jahit Operasi	52
Tabel 4.4	Hasil Uji Daya Hambat Antibakteri.....	53
Tabel 4.5	Hasil Uji <i>One Way</i> Anova	54
Tabel 4.6	Hasil Uji Jarak <i>Duncan</i>	55



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lapisan Tipis Benang Jahit Operasi Menggunakan Getah Jarak Pagar

Lampiran 2 Gambar Sampel Uji Tarik

Lampiran 3 Gambar Alat-alat dan Bahan Benang Jahit Operasi



ABSTRAK

Nurfazilah. 2016. **Paduan Getah Jarak Pagar dan PVA-GA Sebagai Bahan Baku Benang Jahit Operasi *Absorbable***. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Erna Hastuti, M.Si (II) Drs.Abdul Basid, M.Si

Kata kunci: *Absorbable*, Benang Operasi, Asam Glikolat

Penelitian ini dilakukan untuk membuat benang jahit operasi yang *absorbable* dan tidak menyebabkan peradangan ketika digunakan. Proses pembuatan benang jahit operasi dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan yang terdiri dari getah jarak, polivinil alkohol, asam glikolat dan aquades dalam gelas ukur lalu diaduk hingga homogen di atas *magnetic stirrer* dengan suhu 65 °C. Larutan kemudian dicetak dan didiamkan hingga kering di dalam oven dengan suhu 65 °C. Setelah itu dilakukan uji kualitas dengan melakukan uji FTIR, uji kekuatan tarik, uji kelarutan, dan uji antibakteri. Hasil dari uji FT-IR sampel menunjukkan adanya beberapa gugus fungsi. Gugus tersebut antara lain gugus karbonil (C=O), gugus alkana (C=C), dan gugus hidroksil (O=H). Hasil pengujian kekuatan dengan uji tarik terbesar adalah 14,467 (Newton) pada variasi komposisi 50:50:0 (%V). Sedangkan uji kelarutan sampel larut dalam PBS rata-rata setelah 12 hari. Adapun hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa penambahan getah jarak meningkatkan diameter hambat maksimal 11,4 mm pada konsentrasi getah jarak 50 %V.

ABSTRACT

Nurfazilah. 2016. *Combination of Purging Jatropha and PVA-GA as Main Material of Absorbable Surgical Suture*. Thesis. Phisycs Departement, Faculty of Science and Technology, The Islamic State University Maulana Malik Ibrahim of Malang. Advisor: (1) Erna Hastuti, M.Si (II) Drs.Abdul Basid, M.Si

Keywords: *Absorbable, Surgical Suture, Glycolid acid*

This study was done to make the absorbable suture and do not cause inflammation when used. The process of making suture is made by mixing ingredients comprising purging of Jatropha, polyvinyl alcohol, glycolic acid and distilled water in a measuring cup and stir until homogeneous over a magnetic stirrer at a temperature of 65 ° C. The solution is then printed out and left to dry in the oven with a temperature of 65 ° C. Once that is done the quality test with FTIR test, tensile strength test, solubility test and antibacterial test. The results of FT-IR test samples showed the presence of several functional groups. The group, among others carbonyl (C=O), group alkanes (C=C), and the hydroxyl group (O-H). Results of testing the strength of the greatest tensile test was 14.467 (Newton) on variation composition 50:50:0 (%V). While the solubility test samples dissolved in PBS on average after 12 days. The test results showed that the addition purging of Jatropha antibacterial increases the diameter of 11.4 mm at the maximal inhibitory sap concentration distance of 50% V.

مستخلص البحث

نور فضيلة. الجاتروفا الاتكس مزيج GA-PVA لجعل خياطة للامتصاص. بحث علمي. قسم الفيزياء بكلية العلوم الطبيعية والتكنولوجية جامعة مولانا مالك إبراهيم مالانج الحكومية الإسلامية. تحت الإشراف (1) إرنا هستوتي الماجستير (2) الدكتور عبد البسط الماجستير.

كلمة المفتاح: خياطة، للامتصاص، حمض الجليكوليك

أجريت هذه الدراسة لجعل خياطة للامتصاص ولا تسبب الالتهاب عند استخدامها. يتم إجراء عملية صنع خياطة عن طريق خلط المكونات التي تتألف المسافة اللثة، والكحول البولي فينيل، حمض الجليكوليك والماء المقطر في كوب القياس ويحرك حتى متجانسة أكثر من النمام المغناطيسي عند درجة حرارة 65 درجة مئوية. ثم تتم طباعة حل بها وتترك لتجف في الفرن في درجة حرارة 65 درجة مئوية. ومتى تم ذلك اختبار الجودة مع اختبار FTIR، اختبار قوة الشد، اختبار الذوبان واختبار مضاد للجراثيم. وأظهرت نتائج الاختبار FT-IR وجود العديد من المجموعات الوظيفية. مجموعة، من بين أمور أخرى الكربونيل (C=O)، الألكانات المجموعة (C=C)، ومجموعة الهيدروكسيل (O-H). وكانت نتائج اختبار قوة أكبر اختبار الشد 14,467 (نيوتن) على (V %50:50:0). في حين أن عينات اختبار الذوبان الذائبة في برنامج تلفزيوني في المتوسط بعد 12 يوما. وأظهرت نتائج الاختبار أن إضافة مادة اللاتكس المسافة مضادة للجراثيم يزيد قطرها 11.4 ملم في المسافة المثبطة النسغ القصوى V %50.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Luka adalah rusaknya struktur dan fungsi anatomis kulit normal akibat proses patalogis yang berasal dari internal dan eksternal serta mengenai organ tertentu (Potter & Perry, 2006). Berdasarkan lama penyembuhannya luka dibagi menjadi dua jenis, yaitu luka akut dan luka kronis. Luka akut adalah luka trauma yang biasanya segera mendapat penanganan dan biasanya dapat sembuh dengan baik bila tidak terjadi komplikasi. Kriteria luka akut adalah luka baru, mendadak dan penyembuhannya sesuai dengan waktu yang diperkirakan. Contohnya adalah luka sayat, luka bakar, luka tusuk dan lain-lain. Adapun luka kronis yaitu luka yang dalam proses penyembuhan mengalami keterlambatan seperti luka dekubitus, luka diabetik dan lain sebagainya. Berbagai macam luka tersebut seperti luka kronik dan luka akut bisa beresiko terjadi infeksi atau peradangan apabila tidak diberi perawatan dengan baik dan benar. Oleh karenanya perawatan luka memiliki peran yang sangat penting dalam merawat luka untuk mempercepat proses penyembuhan sekaligus meminimalisir terjadinya infeksi dan peradangan. Selain itu dalam penyembuhan luka juga dibutuhkan cara untuk menutup luka salah satunya dengan penjahitan. Saat ini penjahitan luka adalah metode yang umum dilakukan untuk menutup luka.

Di era yang semakin modern muncul berbagai penelitian yang dilakukan oleh para ilmuwan untuk menemukan metode menutup luka dengan menggunakan bahan yang baik dan aman. Hal ini berkaitan dengan banyaknya kasus-kasus

bahwa benang jahit yang digunakan dalam proses penjahitan luka masih diragukan keamanannya bahkan kehalalannya yang membuat resah pada masyarakat terkhusus pada Indonesia yang mayoritas muslim.

Negara Indonesia saat ini masih mengimpor benang operasi dari luar, dikarenakan para ilmuwan yang ada di Indonesia sangat kesulitan dalam membuat penelitian benang jahit yang bersifat *absorbable* (dapat diserap) oleh tubuh manusia mengingat bahan-bahannya yang harganya sulit dijangkau (Adhitioso, 2012).

Pembuatan benang jahit membutuhkan bahan-bahan polimer sebagai bahan penyusunnya. Asam poliglikolik adalah bahan polimer yang tepat dijadikan sebagai bahan polimer dalam pembuatan benang jahit operasi. Asam poliglikolik disebut juga *polyglycolide* merupakan serat berbasis polimer sederhana akan tetapi tahan lama. Selain itu Asam poliglikolik juga bersifat dapat terserap atau *absorbable polymer*.

Dalam membuat benang jahit operasi dibutuhkan suatu karakteristik anti mikroba pada bahan yang digunakan. Salah satunya dimiliki oleh Seng Oksida (ZnO). Partikel ZnO berukuran nano memiliki aktivitas anti mikroba lebih baik dari partikel besar, karena ukuran kecil (kurang dari 100nm) dan luas permukaan nano partikel memungkinkan interaksi yang lebih baik dengan bakteri. Studi terbaru menunjukkan bahwa ZnO nanopartikel memiliki toksisitas pada bakteri, dapat mengobati luka ringan, pengurangan inflamasi, dan anti mikroba (Walton dan Torabjaned, 1998).

Allah Swt. berfirman dalam Q.S ali-Imron ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

“Yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Maha Suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.”(Q.S. ali-Imron:191).

Berdasarkan ayat tersebut, Allah menerangkan bahwa segala macam ciptaan Allah yang ada di muka bumi mempunyai manfaat yang luar biasa dan tidak ada yang sia-sia, dengan catatan ketika manusia mau mempergunakannya dalam hal kebaikan serta mau untuk menggantinya dengan cara berfikir terlebih dahulu kemudian melakukan berbagai eksperimen-eksperimen untuk membuat suatu hal yang baru.

Pada penelitian Adhitioso,et.al (2012) dibuat benang jahit operasi dari PVA-GA dan getah pisang. Dari uji yang dilakukan menghasilkan sifat yang mudah terbiodegradasi dan menghasilkan produk akhir yang aman dan tidak beracun. Ini dikarenakan getah pisang mempunyai keunikan yang luar biasa seperti dingin, cepat kering dan menutup luka serta komponen-komponen yang kompleks yang terkandung di dalamnya. Seperti saponin, antiinflamasi, polifenol dan lain-lain. Akan tetapi belum melakukan pengujian aplikasi terhadap makhluk hidup secara langsung dan uji bakteri benang operasi. Penelitian Nurjannah, et.al (2015) dibuat benang jahit operasi dari PVA-GA dan getah jarak. Dari uji yang dilakukan mendapatkan hasil yang sama dengan penelitian Adhitioso, et.al. Akan tetapi taidak dilakukan uji bakteri.

Tanaman yang berfungsi sebagai penyembuh luka sangat banyak ditemukan di Indonesia salah satunya adalah tanaman jarak pagar. Konon nenek moyang kita menggunakan tanaman ini untuk mempercepat proses penyembuhan. Hal ini disebabkan di dalam tanaman jarak pagar terdapat senyawa yang dimiliki oleh getah pisang seperti Asam oleanolik sebagai aktivitas antibakteri, dan flavonoid yang terkandung dalam ekstrak kulit batang jarak memiliki aktivitas biologi seperti antimikroba, anti alergi, dan antioksidan. Flavonoid memiliki spektrum aktivitas antimikroba yang luas dengan mengurangi kekebalan pada organisme sasaran. Tanin merupakan salah satu senyawa fenol kompleks yang terdapat pada kacang-kacangan. Tanin dapat bersifat sebagai antioksidan karena kemampuannya dalam menstabilkan fraksi lipid dan keaktifannya dalam penghambatan lipoksinase (Suryatini, 2011).

Berdasarkan permasalahan di atas, maka telah dilakukan penelitian tentang paduan getah jarak pagar dengan PVA-GA sebagai bahan baku benang jahit operasi yang *absorbable*. Diharapkan penelitian ini bisa menciptakan benang jahit operasi yang lebih aman sebagai penutup luka, antibakteri, antiinflamasi, biodegradable serta mempercepat proses penyembuhan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah gugus fungsi yang terbentuk dari paduan gel getah jarak pagar dengan PVA-GA?
2. Bagaimana sifat kuat tarik dari paduan gel getah jarak pagar dengan PVA-GA?

3. Bagaimanakah sifat uji kelarutan dari paduan gel getah jarak pagar dengan larutan NaCl 0,9%?
4. Bagaimanakah zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* yang terbentuk dari paduan gel getah jarak pagar dengan PVA-GA?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dari paduan getah jarak pagar dengan PVA-GA.
2. Untuk mengetahui sifat kuat tarik dari paduan getah jarak pagar dengan PVA-GA.
3. Untuk mengetahui sifat kelarutan dari paduan gel getah jarak dengan larutan NaCl 0,9%?
4. Untuk mengetahui zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* yang terbentuk dari paduan gel getah jarak pagar dengan PVA-GA.

1.4 Manfaat

1. Menambah khazanah ilmu pengetahuan mengenai getah jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) sebagai tanaman obat tradisional yang mempunyai khasiat untuk penyembuhan luka.
2. Memberi informasi apakah getah jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) membantu mempercepat proses penyembuhan terhadap luka.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Luka adalah rusaknya struktur dan fungsi anatomis kulit normal akibat proses patalogis yang berasal dari internal dan eksternal dan mengenai organ tertentu (Potter & Perry, 2006). Luka adalah kerusakan kontinuitas kulit, mukosa membran dan tulang atau organ tubuh yang lain. Ketika luka timbul, beberapa efek akan muncul seperti hilangnya seluruh atau sebagian fungsi organ, respon *stress* simpatis, pendarahan dan pembekuan darah, kontaminasi bakteri, dan kematian sel (Nasrullah, 2014).

Allah berfirman dalam al-Quran surat Yunus ayat 57:

يَا أَيُّهَا النَّاسُ قَدْ جَاءَكُمْ مَوْعِظَةٌ مِنْ رَبِّكُمْ وَشِفَاءٌ لِمَا فِي الصُّدُورِ وَهُدًى وَرَحْمَةٌ لِّلْمُؤْمِنِينَ

“Hai manusia, sesungguhnya telah datang kepadamu pelajaran dari Tuhanmu dan penyembuh bagi penyakit-penyakit (yang berada) dalam dada dan petunjuk serta rahmat bagi orang-orang yang beriman.” (Q.S Yunus: 57).

Berdasarkan ayat tersebut menjelaskan betapa besar rahmat Allah yang telah dilimpahkan kepada makhluk-Nya sehingga banyak sekali pelajaran (ilmu) yang dapat diperoleh manakala manusia mau belajar membaca setiap tanda-tanda kekuasaan-Nya.

Berdasarkan lama waktu penyembuhannya, luka dibagi menjadi 2 jenis, yaitu luka akut dan luka kronis. Luka akut adalah luka trauma yang biasanya segera mendapat penanganan dan biasanya dapat sembuh dengan baik bila tidak terjadi komplikasi. Kriteria luka akut adalah luka baru, mendadak dan penyembuhannya sesuai dengan waktu yang diperkirakan. Contohnya adalah luka sayat, luka bakar, luka tusuk. Adapun luka kronis adalah luka yang berlangsung

lama atau sering timbul kembali (rekuren) atau terjadi gangguan pada proses penyembuhan yang biasanya disebabkan oleh masalah multi faktor dari penderita. Pada luka kronik luka gagal sembuh pada waktu yang diperkirakan, tidak berespon baik terhadap terapi dan punya tendensi untuk timbul kembali. Contohnya adalah ulkus tungkai, ulkus vena, ulkus arteri (iskemi), penyakit vaskular perifer ulkus dekubitus, neuropati perifer ulkus *decubitus* (Briant, 2007).

2.1 Proses Fisiologis Penyembuhan Luka

Proses fisiologis Penyembuhan Luka dapat dibagi ke dalam 4 fase utama, yaitu (Briant, 2007):

a. Hemostasis

Pada fase ini terjadi peningkatan perlekatan platelet. Platelet akan bekerja untuk menutup kerusakan pembuluh darah. Jaringan yang rusak akan merangsang *adenosin diphosphat* (ADP) membentuk platelet. Platelet yang dibentuk berfungsi untuk merekatkan kolagen dan mensekresi faktor yang merangsang pembekuan darah. Pembekuan darah diawali dengan produksi trombin yang akan membentuk fibrin dari fibrinogen. Hubungan fibrin diperkuat oleh agregasi platelet menjadi hemostatik yang stabil. Platelet juga mensekresi platelet yang terkait dengan faktor pertumbuhan jaringan (*platelet-associated growth factor*). Hemostatis terjadi dalam waktu beberapa menit setelah injuri kecuali ada gangguan faktor pembekuan.

b. Inflamasi

Pada proses penyembuhan ini biasanya terjadi proses pembersihan debris. Respon jaringan yang rusak: jaringan yang rusak dan sel mast melepaskan plasma

dan *polimorfonuklear* ke sekitar jaringan. Neutropil memfagositosis mikroorganisme dan berperan sebagai pertahanan awal terhadap infeksi. Jaringan yang rusak juga akan menyebabkan vasodilatasi dari pembuluh darah sekeliling yang masih utuh serta meningkatkan penyediaan darah ke daerah tersebut, sehingga menjadi merah dan hangat. Permeabilitas kapiler-kapiler darah meningkat dan cairan yang kaya akan protein mengalir ke dalam spasium intertisial, menyebabkan edema lokal dan mungkin hilangnya fungsi di atas sendi tersebut. Makrofag mengadakan migrasi ke luar dari kapiler dan masuk ke dalam darah yang rusak sebagai reaksi terhadap agens kemotaktik yang dipacu oleh adanya cedera. Makrofag mampu memfagosit bakteri. Makrofag juga mensekresi faktor pertumbuhan seperti faktor pertumbuhan fibroblas (FGF), faktor pertumbuhan epidermal (EGF), faktor pertumbuhan beta transformasi (tgf) dan interleukin-1 (IL-1).

c. Fase Proliferas

Fibroblas meletakkan substansi dasar dan serabut-serabut kolagen serta pembuluh darah baru mulai menginfiltrasi luka. Begitu kolagen diletakkan, maka terjadi peningkatan yang cepat pada kekuatan regangan luka. Kapiler-kapiler dibentuk oleh tunas *endothelial*, suatu proses yang disebut *angiogenesis*. Bekuan fibrin yang dihasilkan pada fase I dikeluarkan begitu kapiler baru menyediakan enzim yang diperlukan. Tanda-tanda inflamasi mulai berkurang. Jaringan yang dibentuk dari gelung kapiler baru, yang menopang kolagen dan substansi dasar, disebut jaringan granulasi karena penampakkannya yang granuler dan warnanya merah terang. Fase ini berlangsung selama 3-24 hari.

d. Maturasi (*Remodelling*)

Pada tahap maturasi terjadi proses epitelisasi, kontraksi dan reorganisasi jaringan ikat. Setiap cedera yang mengakibatkan hilangnya kulit, sel epitel pada pinggir luka dan sisa-sisa folikel rambut, serta glandula sebacea dan glandula sudorivera membelah dan mulai bermigrasi diatas jaringan glandula baru. Karena jaringan tersebut hanya dapat bergerak di atas jaringan yang hidup, maka mereka hidup di bawah eskar atau dermis yang mengering. Apabila jaringan tersebut bertemu dengan sel-sel epitel lain, yang juga mengalami migrasi, maka mitosis berhenti, akibat inhibisi kontak. Kontraksi luka disebabkan karena miofibroblas kontraktil membantu menyatukan tepi-tepi luka. Terdapat suatu penurunan progresif alam vaskularitas jaringan parut, yang berubah dalam penampilannya dari merah kehitaman menjadi putih. Serabut-serabut kolagen mengadakan reorganisasi dan kekuatan regangan meningkat.

Proses penyembuhan luka sama bagi setiap penderita, ada banyak faktor yang mempengaruhi proses penyembuhan luka, yaitu faktor intrinstik meliputi faktor-faktor patofisiologi umum (misalnya, gangguan *kardiovaskuler*, malnutrisi, gangguan metabolik dan endokrin, penurunan daya tahan terhadap infeksi) dan faktor fisiologi normal yang berkaitan dengan usia dan kondisi lokal yang merugikan pada tempat luka (misalnya, eksudat yang berlebihan, dehidrasi, infeksi luka, trauma kambuhan, penurunan suhu luka, pasokan darah yang buruk, edema, hipoksia lokal, jaringan nekrotik, pengelupasan jaringan yang luas, produk metabolik yang berlebihan, dan benda asing). Adapun faktor ekstrinsik meliputi penatalaksanaan luka yang tidak tepat (misalnya, pengkajian luka yang tidak

tepat, penggunaan bahan perawatan luka primer yang tidak sesuai, dan teknik penggantian balutan yang ceroboh) (Nasrullah, 2014).

Menurut Potter & Perry (2006) komplikasi penyembuhan luka meliputi :

a. Infeksi

Invasi bakteri pada luka dapat terjadi pada saat trauma, selama pembedahan atau setelah pembedahan. Gejala dari infeksi sering muncul dalam 2-7 hari setelah pembedahan. Gejalanya berupa infeksi termasuk adanya purulen, peningkatan drainase, nyeri, kemerahan, bengkak disekeliling luka, peningkatan suhu, dan peningkatan jumlah sel darah putih.

b. Dehisen

Dehisen adalah terpisahnya lapisan luka secara parsial atau total. Dehisen sering terjadi pada luka pembedahan abdomen dan terjadi setelah regangan mendadak, misalnya batuk, muntah atau duduk tegak di tempat tidur.

c. Eviserasi

Terpisahnya lapisan luka secara total dapat menimbulkan eviserasi (keluarnya organ viseral melalui luka yang terbuka). Bila terjadi eviserasi, perawat meletakkan handuk steril yang dibasahi dengan salin normal steril di atas jaringan yang keluar untuk mencegah masuknya bakteri dan kekeringan pada jaringan tersebut.

d. Fistul

Fistul adalah saluran abnormal yang berada diantara dua buah organ atau diantara organ dan bagian luar tubuh.

2.2 Karakteristik Benang Operasi

Ada tiga hal yang menentukan pemilihan jenis benang jahit, yaitu jenis bahannya, kemampuan tubuh untuk menyerapnya dan susunan filamennya. Bahan yang dapat diserap melalui reaksi enzimatik pada cairan tubuh kini banyak dipakai. Benang yang tidak dapat diserap oleh tubuh terbuat umumnya dari bahan yang tidak menimbulkan reaksi jaringan karena bukan merupakan bahan biologis. Benang ini dapat berasal dari sutera yang sangat kuat dan liat, dari kapas yang kurang kuat dan mudah terurai, dan dari *polyester* yang merupakan bahan sintetik yang kuat dan biasanya dilapisi Teflon. Selain itu terdapat juga benang nilon yang sangat inert dan baja yang terbuat dari baja tahan karat. Karena tidak dapat diserap maka benang akan tetap berada di jaringan tubuh. Benang jenis ini biasanya digunakan pada jaringan yang sukar sembuh. Bila terjadi infeksi akan berbentuk fistel yang baru dapat sembuh setelah benang yang bersifat benda asing dikeluarkan. Pemilihan bahan untuk penjahitan luka harus didasari dengan pengetahuan tentang karakteristik penyembuhan jaringan, ketebalan jaringan yang akan dijahit, aspek fisik dan biologis yang dimiliki oleh bahan, dan kondisi luka yang akan dijahit. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam benang jahit operasi (Dudley, (2000):

1. Penyerapan

Benang jahit operasi dibedakan menjadi dua yakni benang serap (*absorbable suture*) dan benang yang tidak diserap (*non absorbable suture*). Ada dua mekanisme penyerapan benang, yakni: pertama, penyerapan melalui mekanisme enzimatik, misalnya terjadi pada catgut dan kolagen. Enzim

proteolitik dalam lisosom PMN akan menghancurkan benang. Kedua, mekanisme hidrolisa yang berefek pada air dalam benang. Gangguan pada air benang akan menyebabkan benang lebih rapuh lalu hancur. Hidrolisa akan meningkat dengan perubahan pH. Pemilihan benang disesuaikan dengan organ yang akan dijahit dengan mempertimbangkan waktu penyerapannya.

2. Asal Bahan

Menurut Dudley *et al.*, (2000) berdasarkan asal bahan, benang dibedakan menjadi *absorbable suture* (terserap) yang terdiri dari benang alami (natural) dan buatan (sintetis) serta *nonabsorbable suture* yang terdiri dari benang alami (natural) dan buatan (sintetis).

a. *Absorbable suture* alami (natural)

Contoh benang alami yakni *Plain Cat Gut* dan *Chromic Cat Gut*. *Plain Cat Gut* berasal dari bahan kolagen sapi atau domba. Benang ini hanya memiliki daya serap pengikat selama 7-19 hari dan akan diabsorpsi secara sempurna dalam waktu 70 hari. *Chromic Cat Gut* dibuat dari bahan yang sama dengan plain cat gut, namun dilapisi dengan garam Chromium untuk memperpanjang waktu absorpsinya sampai 90 hari.

b. *Absorbable suture* buatan (sintetis)

Benang absorbable sintetis adalah benang- benang yang dibuat dari bahan sintetis, seperti *Polyglactin* (*Vicryl* atau *Safil*), *Polyglycapron* (*Monocryl* atau *Monosyn*), dan *Polydioxanone* (PDS II). Benang jenis ini memiliki daya pengikat lebih lama, yaitu 2-3 minggu, diserap secara lengkap dalam waktu 90-120 hari.

c. *Nonabsorbable suture* alami (natural)

Benang *non absorbable* alami seperti silk (sutera) yang terbuat dari protein organik bernama fibroin di dalam serabut sutera hasil produksi ulat sutera.

d. *Nonabsorbable suture* buatan (sintetis)

Benang *non absorbable* sintetis seperti benang nylon (merk dagang *Ethilon* atau *Dermalon*), Polyester (merk dagang *Mersilene*) dan *Polypropylene* (merk dagang *Prolene*).

3. Serat Benang

Berdasarkan serat, benang dibagi menjadi monofilamen (serat tunggal) dan multifilamen (serat banyak). Benang serat tunggal umumnya lebih lentur namun kekuatan simpulnya (*knotting security*) lebih kecil, sehingga simpul jahitan mudah terbuka. Keunggulannya yakni bekas jahitan (*stitching mark*) halus. Benang serat banyak memiliki kekuatan simpul yang lebih baik, karena jalinan seratnya membuat benang lebih kesat dan menggigit. Benang serat banyak dibagi menjadi dua, yaitu *braided* yang berupa benang anyaman seperti rambut dikepang (contohnya *polyester*, *polyglycolic acid*, *polyamide* (*polyfilament* dan sutera), dan *twisted* dimana jalinan benang terdiri dari serat-serat yang dililit/dipilin (contohnya katun dan linen).

4. Pelapisan (*coated*)

Pelapisan benang bertujuan untuk mendapatkan benang yang lebih kesat sehingga kekuatan simpulnya lebih baik, mengamankan jalinan benang agar lebih rapi dan kokoh, menutup celah-celah (*pore*) pada anyaman sehingga tidak terdapat

tempat berkembangnya bakteri, dan meminimalisasi reaksi jaringan. *Polyglycolic acid* dan *polydioxanone* merupakan benang berserat banyak (multifilamen).

5. Ukuran Benang (*size*)

Benang dengan ukuran besar dipakai untuk menjahit struktur yang keras sedangkan untuk menjahit struktur halus, misalnya pada operasi mata, digunakan benang-benang mulai dari ukuran 00000 (5/0) hingga 7/0. Untuk bedah mikro, dipakai benang ukuran 8/0 hingga 10/0.

6. Kekuatan Regangan (*Tensile Strength*)

Tensile strength didefinisikan sebagai beban yang diberikan per unit area dan dinyatakan dalam psi atau kg/cm^2 atau bisa juga didefinisikan sebagai kekuatan yang dibutuhkan untuk memutuskan jahitan yang dinyatakan dengan lb atau kg. Makin kuat *tensile strength* suatu benang, makin besar pula dayanya dalam merapatkan luka. Benang jenis ini terutama dipakai untuk menahan luka didaerah yang bebannya tinggi, misalnya abdomen dan ekstremitas. Umumnya *tensile strength* paling baik pada benang stainless steel, sedang pada benang sintetis dan paling lemah pada benang alami.

7. Reaksi Jaringan (*Tissue Reaction*)

Reaksi jaringan terhadap benang penjahit luka berlangsung selama 1-3 hari tergantung dari bentuk fisik benang (*monofilament, braided*) atau dari struktur kimianya. Reaksi berupa penyerapan atau penyingkiran material benang. Makin cepat penyerapan, makin besar reaksi seluler jaringannya. Bahan alami cenderung untuk merangsang reaksi lekosit *polimorfonuklear* (PMN) dan

makrofag, sedangkan bahan sintesis merangsang reaksi makrofag dan sel raksasa (*giant cell*). Besarnya reaksi jaringan akan memperlambat penyembuhan luka.

8. Keamanan Simpul (*Knotting Security*)

Makin kasar serat suatu benang, makin tinggi pula koefisien gesekannya (*coefficient of friction*). Pelapisan benang juga ikut berperan, lilin yang dipakai melapisi sutera akan menyebabkan benang lebih kesat, sehingga simpulnya tak mudah longgar. Namun, kelenturan (*pliability*) benang berserat banyak lebih kecil dari benang berserat tunggal, sehingga lebih susah dimanipulasi sewaktu penjahitan. Selain koefisien gesekan, jenis dan jumlah ikatan simpul juga memegang peranan dalam menentukan keamanan suatu simpul. Untuk kulit pada daerah yang ketegangannya tinggi (misalnya daerah abdomen dan ekstremitas), digunakan benang dengan keamanan simpul yang baik. Biasanya kepentingan estetis menjadi nomor dua pada daerah ini. Kriteria penggunaan benang yang memenuhi syarat untuk penjahitan bedah antara lain memiliki kekuatan regangan (*tensile strength*) yang baik sesuai dengan ukurannya, mudah digunakan dan memiliki tahanan yang rendah ketika diaplikasikan dalam jaringan, mempunyai keamanan simpul yang baik, benang tidak mudah longgar dan lepas, memiliki kemasan steril yang baik dan mudah dibuka sehingga aman digunakan oleh personil bedah, reaksi minimal pada jaringan dan tidak cenderung meningkatkan pertumbuhan bakteri, non-alergenik serta non-karsinogenik.

2.3 Tanaman Jarak Pagar

2.3.1 Morfologi Pohon Jarak Pagar (Suryatini, 2011)

Jarak Pagar juga dikenal dengan nama jarak budeg, jarak gundul, atau jarak cina. Tanaman yang berasal dari daerah tropis di Amerika Tengah ini tahan kekeringan dan tumbuh dengan cepat. Jarak Pagar berbeda dengan Jarak kaliki atau Jarak kepyar atau Jarak kosta (*Ricinus communis*), yang mempunyai ciri seperti tanaman singkong racun, buahnya berbulu seperti rambutan. Jarak kepyar juga menghasilkan minyak dan digunakan sebagai bahan baku atau bahan tambahan industri cat vernis, plastik, farmasi, dan kosmetika, sehingga sudah lama dibudidayakan secara komersial di Indonesia. Akan tetapi, minyak jarak kepyar tidak cocok digunakan sebagai bahan bakar biofuel karena terlalu kental, jadi hanya bisa digunakan sebagai pelumas. Jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) mampu berbuah terus menerus apabila Agroklimnya mendukung. Adapun klasifikasi Jarak pagar sebagai berikut:

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Euphorbiales</i>
Famili	: <i>Euphorbiaceae</i>
Genus	: <i>Jatropha</i>
Spesies	: <i>Jatropha curcas L.</i>

Perdu atau pohon jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) kecil, bercabang cabang tidak teratur, tinggi sekitar 1–7 meter. Batangnya berkayu, silindris, bercabang,

berkulit licin, memiliki tonjolan-tonjolan bekas tangkai daun yang gugur. Bila dipatah-patahkan atau terluka, batangnya akan mengeluarkan getah putih, kental dan agak keruh.

Daunnya daun tunggal, tersebar di sepanjang batangnya. Permukaan atas dan bawah daun berwarna hijau, tetapi permukaan bawah lebih pucat dari permukaan atas. Daun lebar, berbentuk jantung atau bulat telur melebar, dengan panjang dan lebar hampir sama, yaitu sekitar 5–15 cm. Helai daun bertoreh, berlekuk bersudut 3 atau 5. Pangkal daun berlekuk dan ujungnya meruncing. Tulang daun menjari dengan 5–7 tulang utama. Tangkai daun panjang, sekitar 4–15 cm.

Bunga majemuk bentuk malai, berwarna kuning kehijauan, berkelamin tunggal, berumah satu. Baik bunga jantan maupun betina tersusun dalam rangkaian berbentuk cawan, muncul di ujung batang atau di ketiak daun. Kelopak 5 buah berbentuk bulat telur, panjang sekitar 4 mm. Benang sari mengelompok pada pangkal, warna kuning. Tangkai putik pendek berwarna hijau, dan kepala putik melengkung keluar berwarna kuning. Mahkota 5 buah, berwarna agak keunguan.

Buahnya berupa buah kotak berbentuk bulat telur, diameter 2–4 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan kuning jika sudah masak. Buah terbagi menjadi 3 ruang, masing-masing ruang berisi 1 biji. Biji berbentuk bulat lonjong, berwarna coklat kehitaman, dan mengandung banyak minyak. Tumbuhan ini mudah diperbanyak dengan stek batang atau biji yang sudah tua.



Gambar 2.1 Pohon Jarak Pagar (Nurjannah, 2015)

2.3.2 Kandungan Tumbuhan Jarak (*Jatropha curcas L.*) (Kaswan, 2013)

Kandungan kimia pada tumbuhan jarak yaitu triakontranol, alfa-amirin, kaempferol, beta-sitosterol, 7-keto-betasitosterol, stigmasterol, stigmas-5-en-3-beta-7-alfadiol, viteksin, isoviteksin, dan asam sianida (HCN). Daun mengandung saponin, flavonoida, *tannin*, *epigenin*, *vitexsin* dan senyawa polifenol. Batang mengandung saponin, flavonoida, *tannin* dan senyawa-senyawa polifenol. Getahnya mengandung *tannin*, saponin dan flavonoid. Bijinya mengandung berbagai senyawa alkaloida, saponin, dan sejenis protein beracun yang disebut kursorin. Biji mengandung 35–45 % minyak lemak, yang terdiri dari berbagai *trigliserida* asam palmitat, *stearat*, dan kurkanolat.

Ekstrak kulit batang jarak pagar mengandung senyawa fitokimia yang terdiri dari saponin, steroid, tanin, glikosida, alkaloid, dan flavonoid. Senyawa-senyawa yang dihasilkan dari sintesis tanaman kebanyakan merupakan senyawa aktif yang memiliki fungsi fisiologi bagi tubuh, senyawa tersebut dinamakan senyawa fitokimia. Senyawa fitokimia potensial mencegah berbagai penyakit

degeneratif dan *kardiovaskuler*. Senyawa yang termasuk senyawa fitokimia antara lain senyawa fenol, flavonoid, tanin, alkaloid, steroid, dan triterpenoid. Senyawa fenol meliputi berbagai senyawa yang berasal dari tumbuhan yang memiliki ciri yang sama yaitu cincin aromatik yang mengandung satu atau dua gugus hidroksil. Senyawa fenol cenderung mudah larut dalam air karena umumnya berikatan dengan gula sebagai glikosida. Senyawa fenol diantaranya adalah senyawa fenol sederhana seperti monofenol dengan satu cincin benzen yang banyak ditemukan pada kacang-kacangan, grup asam hidroksi sinamat (asam ferulat dan kafeat), flavonoid dan glikosidanya (katekin, proantosianin, antosianidin, dan flavonol) dan tanin yang merupakan senyawa fenol yang kompleks dengan berat molekul yang tinggi.

Flavonoid merupakan golongan terbesar dari senyawa fenol. Jenis utama flavonoid yang terdapat dalam tanaman antara lain dihidrokalkon, kalkon, katekin, leukoantosianidin, flavanon, flavon, flavonol, garam flavilium, antosianidin, dan auron. Flavonoid sangat efektif digunakan sebagai antioksidan, senyawa flavonoid dapat mencegah penyakit kardiovaskuler dengan menurunkan oksidasi *Low Density Protein* (LDL). Flavonoid yang terkandung dalam ekstrak kulit batang jarak memiliki aktivitas biologi seperti antimikroba, anti alergi, dan antioksidan. Flavonoid memiliki spektrum aktivitas antimikroba yang luas dengan mengurangi kekebalan pada organisme sasaran. Tanin merupakan salah satu senyawa fenol kompleks yang terdapat pada kacang-kacangan. Tanin dapat bersifat sebagai antioksidan karena kemampuannya dalam menstabilkan fraksi lipid dan keaktifannya dalam penghambatan *lipoksigenase*. Senyawa alkaloid umumnya

mencakup senyawa bersifat basa yang mengandung satu atau lebih atom nitrogen sebagai bagian dari sistem siklik. Senyawa alkaloid memiliki aktivitas fisiologi sehingga banyak digunakan dalam bidang pengobatan. Kuinin, morfin, dan striknin adalah alkaloid yang memiliki pengaruh fisiologis dan psikologis. Alkaloid *pirolizidin* diketahui memiliki aktivitas antikanker.

Terpenoid merupakan senyawa yang terbentuk dari satuan isoprena dan salah satu perannya adalah sebagai pelindung dari serangan serangga. Salah satu golongan *terpenoid* yang berpotensi sebagai antimikroba adalah *triterpenoid*. *Triterpenoid* termasuk senyawa yang merupakan komponen aktif dalam tumbuhan obat yang telah digunakan untuk penyakit gangguan kulit, berfungsi sebagai antifungus, insektisida, antibakteri atau virus. Triterpenoid dapat dipilah menjadi sekurang-kurangnya empat golongan senyawa yaitu triterpena sebenarnya, *steroid*, saponin, dan glikosida. *Triterpenoid* adalah senyawa yang kerangka karbonnya berasal dari enam satuan isoprena dan secara biosintesis diturunkan dari hidrokarbon C₃₀ asiklik, yaitu skualena. Senyawa ini berstruktur siklik yang relatif rumit, kebanyakan berupa alkohol, aldehida atau asam karboksilat. Senyawa triterpenoid yang terdapat pada tumbuhan tingkat tinggi adalah fitosterol yang terdiri dari *sitosterol*, *stigmasterol*, dan *kampesterol*.

Flavonoid yang terkandung dalam ekstrak kulit batang jarak memiliki aktivitas biologi seperti antimikroba, anti alergi, dan antioksidan. Flavonoid memiliki spektrum aktivitas antimikroba yang luas dengan mengurangi kekebalan pada organisme sasaran. Getah jarak pagar mengandung flavonoid yang dapat berfungsi sebagai antifungi, antiseptik dan antiradang. Saponin dapat memacu

pertumbuhan kolagen dalam proses penyembuhan dan juga memiliki efek menghilangkan rasa sakit dan merangsang pembentukan sel-sel baru, getah jarak juga mengandung *tannin* (18%) yang berfungsi sebagai obat kumur dan gusi berdarah serta obat luka. Jatrophine (mengandung alkaloid), yang diketahui bermanfaat dalam hal analgesik. Getah jarak bersifat antimikroba sehingga dapat mengusir bakteri dan virus seperti jenis *Staphylococcus*, *Streptococcus*, dan *Escherichia coli*.

Senyawa *terpenoid* dapat digunakan untuk pengobatan dan terapi. *Steroid* merupakan golongan dari senyawa *triterpenoid*. Senyawa *steroid* dapat diklasifikasikan menjadi *steroid* dengan atom karbon tidak lebih dari 21 (*steroid* sederhana) dan steroid dengan atom karbon lebih dari 21 seperti *sterol*, *sapogenin*, alkaloid *steroid*, dan vitamin D. *Steroid* alami berasal dari berbagai transformasi kimia dua *triterpen* yaitu *lanosterol* dan *sikloartenol*. Pada umumnya, *steroid* tumbuhan berasal dari *sikloartenol*. Senyawa *steroid* dapat digunakan sebagai dasar untuk pembuatan obat. Saponin merupakan senyawa aktif permukaan yang dihasilkan dari grup *steroid* atau *triterpen* yang berikatan dengan gula, senyawa ini memiliki pengaruh biologis yang menguntungkan yaitu bersifat sebagai *hipokolesterolemik* dan *antikarsinogen* serta dapat meningkatkan sistem imun. Saponin menghambat pertumbuhan atau membunuh mikroba dengan cara berinteraksi dengan membran *sterol*. Efek utama saponin terhadap bakteri adalah pelepasan protein dan enzim dari dalam sel-sel.

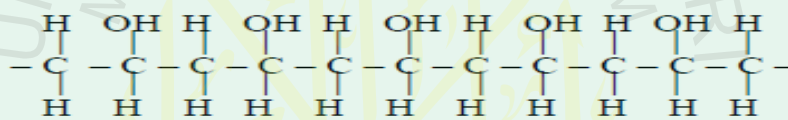
2.3.3 Manfaat Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*)

Semua bagian tanaman jarak pagar telah digunakan sejak lama dalam pengobatan tradisional. Di beberapa negara termasuk Indonesia Jarak (*Jatropha curcas Linn*) digunakan selain sebagai bahan bakar juga dimanfaatkan sebagai tumbuhan obat. Biji tumbuhan jarak dapat dijadikan sebagai bahan bakar ramah lingkungan. Manfaat lain dari tumbuhan jarak adalah digunakan sebagai obat rakyat seperti untuk mengobati penyakit luka bakar, penyakit kulit, diare, demam, peradangan dan sebagainya Daun jarak sering digunakan untuk mengobati bengkak, reumatik, terkilir, luka berdarah, gatal gatal, eksim, kutu air, sari pati cairan daunnya digunakan sebagai obat batuk dan antiseptik pasca melahirkan. Kadang digunakan untuk memperlancar ASI. Buah dan biji jarak dimanfaatkan sebagai obat borok, rematik sedangkan getah untuk mengobati kudis, sembelit dan sakit gigi Akar jarak diketahui mengandung zat antimikroba yang dapat melawan 18 jenis organisme mikroba dan sebagai penangkal sengatan ular (Mahmud, 2007).

2.4 PVA (*Polyvinyl Alcohol*)

PVA adalah polimer yang paling umum digunakan sebagai membran karena salah satu sifatnya, yaitu hidrofilik. PVA dapat larut dalam air dengan bantuan panas yaitu pada temperatur di atas 90 °C. Pada suhu kamar PVA berwujud padat, lunak dalam pemanasan, kemudian elastis seperti karet dan mengkristal dalam proses. PVA memiliki berat molekul 85.000-146.000, mempunyai temperatur transisi gelas (T_g) sebesar 85 °C, dan temperatur leleh (T_m) sebesar 228-256 C, Perry (1997). Polivinil alkohol memiliki film yang sangat baik membentuk,

pengemulsi dan sifat perekat, tahan terhadap minyak, lemak dan pelarut, tidak berbau dan tidak beracun, memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan fleksibilitas, serta oksigen yang tinggi dan sifat aromanya penghalang. Namun sifat ini tergantung pada kelembaban, dengan kata lain, dengan kelembaban tinggi lebih banyak air diserap. Air, yang bertindak sebagai perekat, maka akan mengurangi kekuatan tarik, tetapi meningkatkan elongasi dan kekuatan sobek. PVA sepenuhnya *degradable* dan cepat larut. PVA adalah bahan ataktik tetapi pameran kristalinitas sebagai kelompok hidroksil cukup kecil untuk masuk ke dalam kisi tanpa mengganggu (Shalumon, 2010).



Gambar 2.2 Struktur Ataktik Pada Polivinil Alkohol (Ogur,2005).

Polivinil alkohol adalah plastik yang larut dalam air yang paling banyak digunakan secara komersial saat ini. Polivinil alkohol memiliki beberapa singkatan yang umum dipakai yaitu, PVOH, PVA, dan PVAL. Polivinil alkohol (PVOH) merupakan zat yang tidak berasa, tidak berbau, dapat terurai oleh alam dan biokompatibel. Selain dapat terlarut dalam air, Polivinil alkohol juga dapat larut dalam etanol. Namun, zat ini tidak dapat larut dalam pelarut organik.

Sintesis polivinil alkohol yang secara komersial melalui hidrolisis. Polivinil alkohol tidak bisa dibuat secara langsung karena vinil alkohol merupakan bentuk enol yang tidak stabil dari asetildehida. Polivinil alkohol dihasilkan melalui hidrolisis dari polivinil asetat dengan menggunakan methanol.

Tabel 2.1 Karakter Fisik Dari Polivinil Alkohol (Ogur, 2005).

Karakter	Nilai
Densitas	1.19-1.31 g/cm ³
Titik Leleh	180- 240 °C
Titik Didih	228 °C
Suhu Penguraian	180 °C

Sifat mekanik dari PVA merupakan sifat yang menarik terutama dalam preparasi hidrogel. PVA memiliki struktur kimia yang sederhana dengan gugus hidroksil yang tidak beraturan. Monomernya, yaitu vinil alkohol tidak berada dalam bentuk stabil, tetapi berada dalam keadaan *tautomer* dengan *asetaldehida* (Perwitasari, 2012).

PVA dagang biasanya merupakan campuran dari beberapa tipe stereoregular yang berbeda (*isotaktik*, *ataktik*, dan *sindiotaktik*). Mutu PVA dagang yang baik ditentukan oleh derajat hidrolisisnya. Derajat hidrolisis berpengaruh terhadap kelarutan PVA dalam air, semakin tinggi derajat hidrolisisnya maka kelarutannya akan semakin rendah.

PVA dengan derajat hidrolisis 98,5% atau lebih dapat dilarutkan dalam air pada suhu 70 °C. Dalam pembuatan hidrogel kitosan- PVA, PVA dilarutkan dalam larutan kitosan pada suhu 80 °C selama lima menit (Perwitasari, 2012).

Kombinasi Kitosan-PVA dengan *glutaraldehida* sebagai agen pertautan silang menghasilkan struktur hidrogel semi-IPN. Hidrogel yang terbentuk dari kombinasi tersebut memiliki pembengkakan dan penyusutan yang tinggi, sensitif terhadap perubahan pH, serta mudah terurai secara alami (Perwitasari, 2012).

2.5 GA (*Glycolide Acid*)

Glycolic acid (atau asam *hydroxyacetic*) adalah asam α -hidroksi terkecil (AHA). Zat ini berwujud padat kristal tidak berwarna, tidak berbau, dan higroskopis sangat larut dalam air. *Glycolic acid* digunakan dalam berbagai produk perawatan kulit. Asam glikolat ditemukan di beberapa tanaman gula. Karena kemampuan yang sangat baik untuk menembus kulit, asam glikolat diaplikasikan dalam produk perawatan kulit, dan paling sering ditemui untuk aplikasi peeling yang dilakukan oleh dokter ahli bedah, dokter kulit plastik, atau *esthetician* berlisensi dalam konsentrasi 20-70 % atau di rumah dalam konsentrasi yang lebih rendah antara 5-10 %. Selain konsentrasi, pH juga berperan dalam menentukan potensi asam glikolat dalam larutan. Asam glikolat digunakan untuk meningkatkan estetika kulit dan tekstur *Glycolic acid* dapat mengurangi keriput, jaringan parut, hiperpigmentasi dan memperbaiki kondisi kulit banyak lainnya, termasuk aktinik keratosis, hiperkeratosis, dan keratosis seboroik. Saat digunakan, asam glikolat bereaksi dengan lapisan atas epidermis, melemahkan ikatan lipid yang mengikat sel-sel kulit mati. Hal ini memungkinkan stratum korneum akan terkelupas dan meremajakan sel-sel kulit.

2.6 FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Spektrofotometri Infrared atau infra merah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah bilangan gelombang 13.000-10 cm^{-1} . Dibandingkan dengan panjang gelombang sinar ultraviolet dan tampak, panjang gelombang inframerah lebih

panjang dengan demikian energinya lebih rendah. Bagian sinar infra merah berkaitan dengan energi vibrasi molekul (Ilhamsyah, 2010).

Spektroskopi FTIR merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Inti spektroskopi FTIR adalah *Interferometer Michelson* yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pentransmisiian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang C_7 sampai C_{12} yang dapat mempunyai susunan rantai lurus maupun aromatik (Komarasari, 2011).

Pada dasarnya *Spektrofotometer Fourier Transform Infrared* (FTIR) adalah sama dengan *Spektrofotometer Infrared* dispersi, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistem optiknya sebelum berkas sinar infra merah melewati contoh. Dasar pemikiran dari *Spektrofotometer Fourier Transform Infrared* adalah dari persamaan gelombang yang dirumuskan oleh Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) seorang ahli matematika dari Perancis.

Dari deret *fourier* tersebut intensitas gelombang dapat digambarkan sebagai daerah waktu atau daerah frekuensi. Perubahan gambaran intensitas gelombang radiasi elektromagnetik dari daerah waktu ke daerah frekuensi atau sebaliknya disebut *Transformasi Fourier (Fourier Transform)*. Selanjutnya pada sistem optik peralatan instrumen *Fourier Transform Infrared* dipakai dasar daerah waktu yang non dispersif. Sebagai contoh aplikasi pemakaian gelombang radiasi elektromagnetik yang berdasarkan daerah waktu adalah interferometer yang

dikemukakan oleh Albert Michelson (Jerman, 1831). Pada sistem optik *Fourier Transform Infrared* digunakan radiasi LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi inframerah agar sinyal radiasi inframerah yang diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik.

Pada proses instrumen analisis sampelnya meliputi (Komarasari, 2011):

1. *The source*: energi IR yang dipancarkan dari sebuah benda hitam menyala. Balok ini melewati melalui logam yang mengontrol jumlah energi yang diberikan kepada ampel.
2. *Interferometer*: sinar memasuki *interferometer 'spectra encoding'* mengambil tempat, kemudian sinyal yang dihasilkan keluar dari *interferogram*.
3. Sampel: sinar memasuki kompartemen sampel dimana diteruskan melalui cermin dari permukaan sampel yang tergantung pada jenis analisis.
4. Detektor: sinar akhirnya lolos ke *detector* untuk pengukuran akhir. Detektor ini digunakan khusus dirancang untuk mengukur sinar *interferogram* khusus. Detektor yang digunakan dalam *Spektrofotometer Fourier Transform Infrared* adalah *Tetra Glycerine Sulphate* (disingkat TGS) atau *Mercury Cadmium Telluride* (disingkat MCT). Detektor MCT lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan detektor TGS, yaitu memberikan respon yang lebih baik pada frekuensi mulai tinggi, lebih sensitif, lebih cepat, tidak dipengaruhi oleh temperatur,

sangat selektif terhadap energi vibrasi yang diterima dari radiasi inframerah.

5. Komputer: sinyal diukur secara digital dan dikirim ke komputer untuk diolah oleh *Fourier Transformation* berada. Spektrum disajikan untuk interpretasi lebih lanjut.

2.6.1 Preparasi Sampel (Komarasari, 2011).

Ada berbagai teknik untuk persiapan sampel, bergantung pada bentuk fisik sampel yang akan dianalisis.

A. Padat

Jika zat yang akan dianalisis berbentuk padat, maka ada dua metode untuk persiapan sampel ini, yaitu melibatkan penggunaan Nujol mull atau pelet KBr. Persiapan sampel ini, yaitu melibatkan penggunaan Nujol Mull atau pelet KBr.

1. Nujol Mull

Cara persiapan sampel dengan menggunakan Nujol Mull yaitu: sampel digerus dengan mortar dan pestle agar diperoleh bubuk yang halus. Dalam jumlah yang sedikit bubuk tersebut dicampur dengan Nujol agar berbentuk pata, kemudian beberapa tetes pasta ini ditempatkan antara dua plat sodium klorida (NaCl) (plat ini tidak mengabsorpsi Inframerah pada wilayah tersebut). Kemudian plat ditempatkan dalam tempat sampel pada alat spektroskopi inframerah untuk dianalisis.

2. Pelet KBr

Sedikit sampel padat (kira-kira 1-2 mg), kemudian ditambahkan bubuk KBr murni (kira-kira 200 mg) dan diaduk hingga rata. Campuran ini kemudian

ditempatkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan alat tekanan mekanik. Tekanan ini dipertahankan beberapa menit, kemudian sampel (pelet KBr yang terbentuk) diambil dan kemudian ditempatkan dalam tempat sampel pada alat spektroskopi inframerah untuk dianalisis.

3. Cairan

Bentuk ini adalah paling sederhana dan metode yang paling umum pada persiapan sampel. Setetes sampel ditempatkan antara dua plat KBr atau plat NaCl untuk membuat film tipis. Kemudian plat ditempatkan dalam tempat sampel alat spektroskopi inframerah untuk dianalisis.

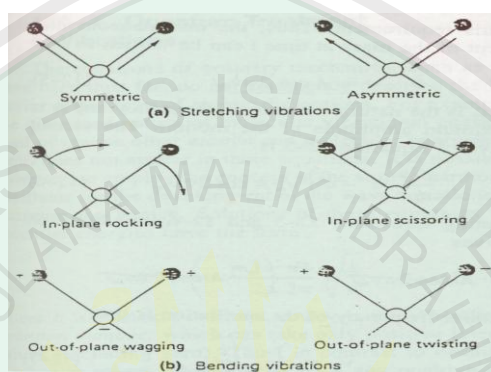
4. Gas

Untuk menghasilkan sebuah *spectrum* inframerah pada gas, dibutuhkan sebuah sel silinder/tabung gas dengan jendela pada setiap akhir pada sebuah material yang tidak aktif inframerah seperti KBr, NaCl atau CaF₂. Sel biasanya mempunyai inlet dan outlet dengan keran untuk menghasilkan sel agar memudahkan pengisian dengan gas yang akan dianalisis. Atom-atom di dalam suatu molekul tidak dapat diam melainkan bervibrasi (bergetar). Ikatan kimia yang menghubungkan dua atom dapat dimisalkan sebagai dua bola yang dihubungkan oleh pegas.

2.6.2 Vibrasi Molekul dan Atom

Atom-atom dalam molekul selalu mengalami vibrasi (getaran atom dalam molekul). Getaran atom dalam molekul (frekuensi getaran) dapat digambarkan dalam tingkat energi vibrasi. Jika suatu molekul menyerap radiasi inframerah, maka molekul tersebut akan tereksitasi ke tingkatan yang lebih tinggi dan

frekuensi radiasi yang diserap haruslah sama dengan frekuensi getaran. Molekul atau atom bergetar dengan frekuensi yang bersesuaian dengan frekuensi radiasi inframerah. Adapun jenis getaran ada dua yaitu getaran ulur (*Stretching Vibration*) dan getaran tekuk (*Bending Vibration*) (Mudzakir, 2016).



Gambar 2.3 Jenis vibrasi (Mudzakir, 2016)

Hampir setiap senyawa yang memiliki ikatan kovalen, apakah senyawa organik atau anorganik, akan menyerap berbagai frekuensi radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang (λ) 0,5 – 1000 μm). Dalam kimia organik, fungsi utama dari spektrometri inframerah adalah mengenal (*elusidasi*) struktur molekul, khususnya gugus fungsional seperti OH, C=O, C=C. daerah yang paling berguna untuk mengenal struktur suatu senyawa adalah pada daerah 1-25 μm atau 10.000 – 400 cm^{-1} . Dalam praktek satuan yang lebih umum dipakai adalah satuan frekuensi (cm^{-1}) dan bukan satuan panjang gelombang. Serapan setiap tipe ikatan (N-H, C-H, O-H, C-X, C=O, C-O, C-C, C=C, C=N, dan sebagainya) hanya diperoleh dalam bagian bagian kecil tertentu dari daerah vibrasi infra merah. Kisaran serapan yang kecil dapat digunakan untuk menentukan setiap tipe ikatan. Dalam rangka memperoleh informasi struktur senyawa organik yang dianalisis,

kita harus terbiasa dengan frekuensi atau panjang gelombang dimana berbagai gugus fungsional menyerap. Sebagai contoh, setiap serapan dalam kisaran 3000 + 150 cm hampir selalu disebabkan adanya ikatan C=O (gugus karbonil). Dalam gambar berikut tersusun secara sistematis daerah serapan yang sesuai dengan ikatan yang terdapat dalam senyawa. Daerah serapan IR antara lain (Susilowati, 2014):

1. Alkana

Pita utama yang nampak dalam spektra IR alkana disebabkan oleh *stretching* CH di daerah 2850-3000 cm^{-1} , *scissoring* CH₂ dan CH₃ di daerah 1450-1470 cm^{-1} , *rocking* CH₃ pada kurang lebih 1370-1380 cm^{-1} . Dan pita *rocking*, pada 720-7725 cm^{-1} . Pita-pita ini tidak dapat dijadikan patokan karena kebanyakan alkana mengandung gugus-gugus ini.

2. Alkena

Vibrasi *stretching* C-H alkena terjadi pada panjang gelombang yang lebih pendek daripada C-H alkana. Ingat bahwa ikatan karbon-hidrogen alkena mempunyai sifat lebih kuat daripada ikatan karbon-hidrogen alkana. Makin kuat ikatan, makin sukar bervibrasi dan memerlukan energi yang lebih tinggi. Jadi alkena yang mempunyai paling sedikit satu hidrogen menempel pada ikatan rangkap dua biasanya mengabsorpsi di daerah 3050-3150 cm^{-1} (Gambar 27). Bentuk *stretching* C=C alkena terjadi pada daerah 1645-1670 cm^{-1} . Pita ini sangat jelas bila hanya satu gugus alkil menempel pada ikatan rangkap dua. Semakin banyak gugus alkil yang menempel, intensitas absorpsi berkurang karena vibrasi terjadi dengan perubahan momen dipol yang lebih kecil. Untuk alkena-alkena

trisubstitusi, *tetrasubstitusi* C=C sering mempunyai intensitas yang rendah atau tidak teramati.

3. Alkuna dan Nitril

Alkuna ujung memperlihatkan pita *stretching* C-H yang tajam pada 3300-3320 cm^{-1} dan bentuk bending C-H yang jelas pada 600-700 cm^{-1} . *Stretching* C=N pada alkuna ujung nampak pada 2100-2140 cm^{-1} dengan intensitas sedang (Gambar 28) untuk *stretching* C=C alkuna dalam berupa pita lemah yang terjadi pada 2200-2260 cm^{-1} .

4. Alkil halida

Ciri absorpsi alkil halida adalah pita yang disebabkan oleh *stretching* C-X. Posisi untuk pita-pita ini adalah 1000-1350 cm^{-1} untuk C-F, 750-850 cm^{-1} untuk C-Cl, 500-680 cm^{-1} untuk C-Br, dan 200-500 cm^{-1} untuk C-I. Absorpsi-absorpsi ini tidak berguna untuk diagnosis.

5. Alkohol dan Eter

Alkohol dan eter mempunyai ciri absorpsi inframerah karena *stretching* C-O di daerah 1050-1200 cm^{-1} . Oleh karena pita-pita ini terjadi di daerah spektrum dimana biasanya terdapat banyak pita lain, maka pita-pita tersebut tidak bermanfaat untuk diagnosis. Akan tetapi *stretching* O-H alkohol, yang terjadi di daerah 3200-3600 cm^{-1} , lebih berguna. Pada gambar memperlihatkan spektrum inframerah t-butilalkohol *stretching* O-H sangat kuat yang berpusat pada 3360 cm^{-1} . T-butilalkohol dilarutkan dalam karbon tetraklorida (karbon tetraklorida banyak digunakan sebagai pelarut di dalam studi inframerah karenanya relatif

stabil dan transparan terhadap cahaya inframerah pada kebanyakan daerah spektra yang berguna).

6. Aldehid dan Keton

Ciri absorpsi inframerah aldehid dan keton adalah vibrasi *stretching* C=O. oleh karena gugus karbonil polar sekali, *stretching* ikatan ini menghasilkan perubahan momen dipol yang cukup besar. Akibatnya *stretching* karbonil merupakan spektra yang intensitasnya tinggi. Oleh karena terjadi di daerah spektrum yang umumnya tidak ada absorpsi lain, maka *stretching* karbonil merupakan metode yang dapat diandalkan untuk mendiagnosis adanya gugus fungsional di dalam suatu senyawa (Gambar 30). Untuk aldehid jenuh sederhana, pita terjadi pada 1725 cm^{-1} .

Dalam penentuan analisis kuantitatif dengan IR digunakan hukum Beer. Kita dapat menghitung absorptivitas molar (ϵ) pada panjang gelombang tertentu, dimana salah satu komponennya mengabsorpsi dengan kuat sedang komponen lain lemah atau tidak mengabsorpsi. Absorbansi zat yang tidak diketahui jumlahnya ditentukan pada panjang gelombang ini secara simultan. Hukum Beer tidak dapat digunakan pada nilai absorbansi yang tinggi. Oleh karena itu digunakan metode empiris. Metode *Base line* (gambar) adalah untuk menyeleksi pita absorpsi yang dianalisa tidak jatuh kembali pada pita komponen yang dianalisis. Jika P_0 menunjukkan intensitas sinar yang didapat dengan cara menarik garis lurus tangensial pada kurva *spectrum* absorpsi pada pita absorpsi yang dianalisis. Transmittan P , diukur dari titik absorpsi maksimum. Kurva

kalibrasi didapat dengan cara menyalurkan nilai log (P_o/P_t) terhadap konsentrasi (Susila, 2016).

2.7 Uji Tarik

Untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan, tentu kita harus mengadakan pengujian terhadap bahan tersebut. Ada empat jenis uji coba yang biasa dilakukan, yaitu uji tarik (*tensile test*), uji tekan (*compression test*), uji torsi (*torsion test*), dan uji geser (*shear test*). Dalam tulisan ini kita akan membahas tentang uji tarik dan sifat-sifat mekanik logam yang didapatkan dari interpretasi hasil uji tarik. Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Brand terkenal untuk alat uji tarik antara lain adalah antara lain adalah Shimadzu, Instron dan Dartec.

Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus-menerus, sehingga bahan (perpanjangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan

terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan-regangan yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan. Mesin uji tarik sering diperlukan dalam kegiatan *engineering* untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material. Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian pendukung utama, diantaranya :kerangka, mekanikme pencekam spesimen, sistem penarik dan mekanikme, sertasistem pengukur. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Sifat-sifat mekanik material yang dikuantifikasikan salah satunya dengan kuat tarik dapat diperoleh dengan pengujian tarik. Pada pengujian tarik uniaksial atau uji satu arah, benda uji diberi beban atau gaya tarik pada satu arah dan gaya yang diberikan bertambah besar secara kontinu. Pada saat bersamaan benda uji akan bertambah panjang dengan bertambah gaya yang diberikan. Umumnya kekuatan tarik polimer lebih rendah dari baja 70 kgf/mm^2 . Hasil pengujian adalah grafik beban versus perpanjangan (*elongasi*) (Nasrullah, 2014):

Tegangan (σ):

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

Dimana :

σ = tegangan (MPa)

F = gaya yang diberikan (N)

A = luas penampang (m^2)

Regangan (ε):

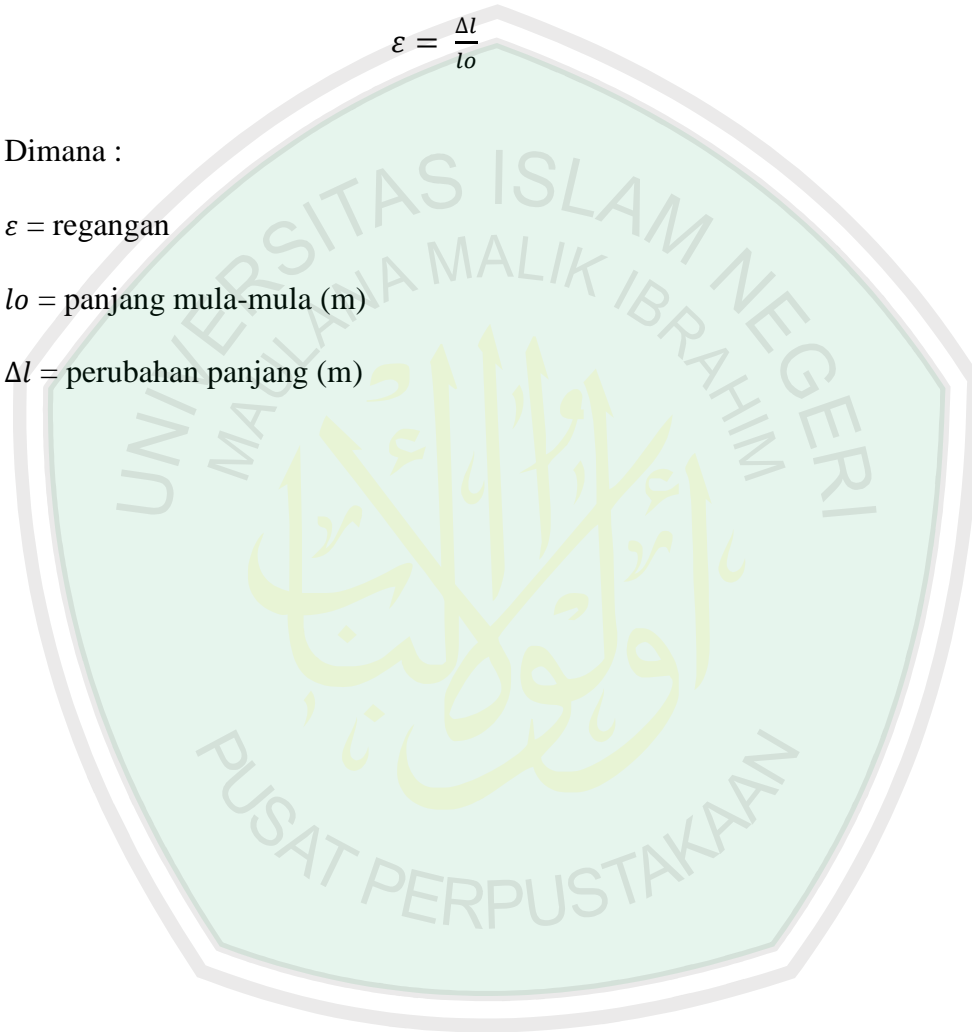
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.2)$$

Dimana :

ε = regangan

l_0 = panjang mula-mula (m)

Δl = perubahan panjang (m)



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Benang jahit operasi yang sudah dibuat dilakukan 4 pengujian yaitu uji FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dari berbagai pencampuran bahan yang dilakukan. Uji tarik untuk mendapatkan nilai kuat tarik dari sampel yang digunakan, uji kelarutan untuk mengetahui dapat tidaknya bahan terdegradasi dan uji bakteri menggunakan *Staphylococcus aureus*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai Maret 2016 di Ruang Laboratorium Fisika Material UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Laboratorium Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Laboratorium THP (Teknik Hasil Pangan) Universitas Brawijaya dan Laboratorium Mikrobiologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Pipet
2. *Beaker glass*
3. Gelas ukur
4. Oven
5. Wadah plastik

6. *Magnetic stirrer*
7. Timbangan miligram
8. *Petridish*
9. Mesin *tensile*
10. *Spektrofotometer Inframerah*

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Getah jarak pagar
2. Aquades
3. *Glycolid acid*
4. *Polyvinil Alcohol*
5. Larutan NaCl 0,9 %
6. NA (*Nutrien Agar*)
7. NB (*Nutrien Borth*)

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pengambilan Getah Jarak Pagar

- a. Pengambilan getah jarak pagar dilakukan dengan mencari pohon jarak pagar.
- b. Waktu pengambilan getah dilakukan pada pagi hari sekitar pukul 08.00-16.00.
- c. Batang pohon jarak pagar ditoreh hingga getahnya menetes keluar.

- d. Wadah plastik dipasang di sekitar buah sebagai tempat untuk menampung getah, dan wadah harus sudah terpasang sebelum ditoreh.

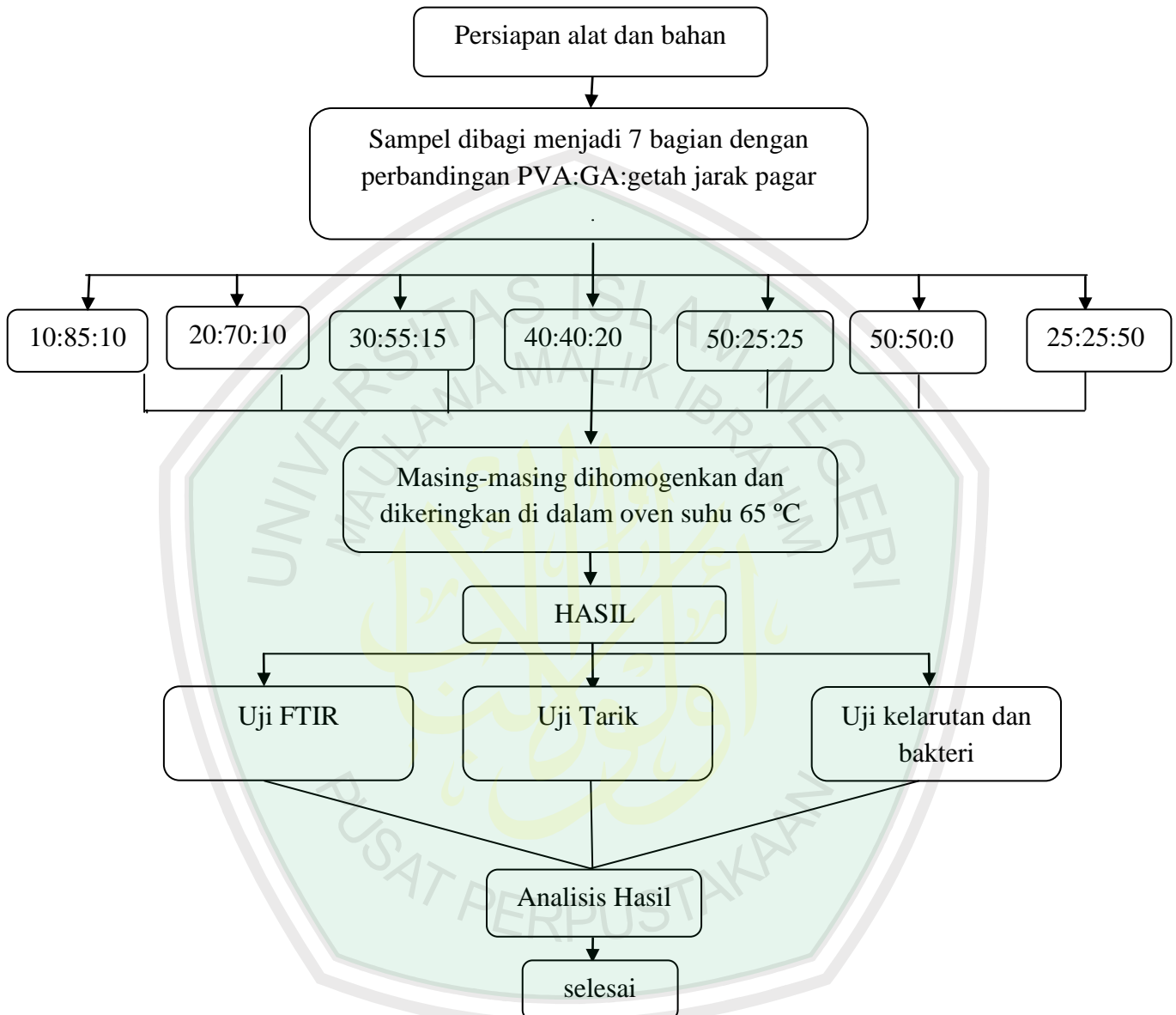
3.4.2 Pembuatan Benang Jahit

- a. Langkah pertama dengan menyiapkan semua bahan-bahan yang dibutuhkan, seperti getah jarak pagar yang sudah diperoleh, aquades, *glycolid acid*, dan *polyvinil alkohol*.
- b. Larutan PVA, GA dan getah jarak pagar diukur dengan variasi komposisi 20:70:10 (%V) kemudian dimasukkan ke dalam 25 ml aquades dan diaduk secara homogen atau merata di atas *magnetic stirrer* dengan temperatur 60 °C dengan putaran 450 rpm sampai berbentuk pasta, dicetak menggunakan petridish dan dioven dengan suhu 65 °C (Pauzan dkk., 2013).
- c. PVA, GA dan getah jarak pagar diukur dengan variasi komposisi 30:55:15 (%V) kemudian dimasukkan ke dalam 25 ml aquades dan diaduk secara homogen atau merata di atas *magnetic stirrer* dengan temperatur 60 °C dengan putaran 450 rpm sampai berbentuk pasta, dicetak menggunakan petridish dan dioven dalam suhu 65 °C.
- d. PVA, GA dan getah jarak pagar diukur dengan variasi komposisi 40:40:20 (%V) kemudian dimasukkan ke dalam 25 ml aquades dan diaduk secara homogen atau merata di atas *magnetic stirrer* dengan temperatur 60 °C dengan putaran 450 rpm sampai berbentuk pasta, dicetak menggunakan petridish dan dioven dengan suhu 65 °C.
- e. PVA, GA dan getah jarak pagar diukur dengan variasi komposisi 50:25:25 (%V) kemudian dimasukkan ke dalam 25 ml aquades dan diaduk secara

homogen atau merata di atas *magnetic stirrer* dengan temperatur 60 °C dengan putaran 450 rpm sampai berbentuk pasta, dicetak menggunakan petridish dan dioven dengan suhu 65 °C

- f. PVA, GA dan getah jarak pagar diukur dengan variasi komposisi 50:50:0 (%V) kemudian dimasukkan ke dalam 25 ml aquades dan diaduk secara homogen atau merata di atas *magnetic stirrer* dengan temperatur 60 °C dengan putaran 450 rpm sampai berbentuk pasta, dicetak menggunakan petridish dan dioven dengan suhu 65 °C
- g. PVA, GA dan getah jarak pagar diukur dengan variasi komposisi 12:25:50 (%V) kemudian dimasukkan ke dalam 25 ml aquades dan diaduk secara homogen atau merata di atas *magnetic stirrer* dengan temperatur 60 °C dengan putaran 450 rpm sampai berbentuk pasta, dicetak menggunakan petridish dan dioven dengan suhu 65 °C
- h. Kemudian tujuh sampel yang didapatkan dilakukan pengujian dalam 4 hal, yaitu uji FTIR, uji tarik, uji kelarutan dan uji bakteri menggunakan *Staphylococcus aureus*.
- i. Dianalisa dari hasil yang didapatkan.

3.5 Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.6 Pengambilan Data

Setelah terbentuk adonan yang sudah dibentuk benang, kemudian dilakukan karakterisasi dengan beberapa metode, diantaranya:

3.6.1 Uji FT-IR

Uji FT-IR bertujuan untuk mengetahui tingkat intensitas ikatan suatu sampel yang terbentuk, karena ikatan yang terbentuk juga akan mempengaruhi sifat mekanik. Dan setelah itu dimasukkan dalam perangkat kemudian disinari untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk. Hasil pengamatan uji FT-IR ini berupa grafik yang nanti akan dianalisis banyaknya serapan yang terjadi pada panjang gelombang tertentu. Sampel yang digunakan untuk uji FTIR yakni adonan bahan sebelum dicetak yang berupa pasta. Pasta ditempatkan ke dalam sel holder, kemudian dicari spektrum yang sesuai. Hasilnya didapat berupa spektrum hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas. Spektrum FTIR dari poliblen direkam menggunakan spektrofotometer FTIR Shimadzu 8400 pada suhu ruang.

3.6.2 Uji Kelarutan

Uji kelarutan dilakukan untuk mengetahui waktu sampel larut dalam larutan PBS (*Phospat Buffered Saline*) yang diasumsikan sama dengan waktu yang dibutuhkan oleh benang jahit operasi yang *absorbable* untuk larut dalam jaringan tubuh kita secara sempurna. PBS ini bisa diganti dengan menggunakan larutan infus 0,9% NaCl karena sama-sama mempunyai sifat hampir sama dengan cairan yang ada di dalam tubuh manusia. Uji kelarutan ini bertujuan untuk mengetahui warna dan waktu larutnya sampel secara sempurna dalam larutan

PBS. Penggunaan larutan PBS sebagai pelarut didasari oleh alasan komposisi dari larutan PBS yang mirip dengan komposisi cairan tubuh manusia. Ini adalah larutan garam berbasis air yang mengandung natrium klorida dan kalium fosfat. Kelompok *fosfat buffer* membantu mempertahankan pH konstan. Konsentrasi osmolaritas dan ion dari solusi biasanya cocok dengan tubuh manusia (isotonik).

3.6.3 Uji Tarik

Uji tarik dilakukan dengan menggunakan alat mesin *tensile* untuk memenuhi persyaratan benang jahit yang harus memiliki uji tarik yang tinggi. Dari pengujian ini dapat diketahui sifat mekanik material terhadap gaya tarik, antara lain mengetahui titik luluh, titik tarik maksimum, titik putus, dan karakter bahan (ulet, getas) yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Pengujian dilakukan sampai sampel putus. Hasil dari pengujian ini adalah grafik tegangan dengan regangan (Callister, 2014). Nilai tegangan dan regangan pada saat pengujian dapat dirumuskan sebagai berikut (Callister, 2014):

1. Engineering Stress (σ)

Engineering stress dirumuskan sebagai (Callister, 2014):

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (3.1)$$

Dengan:

F = Beban yang diberikan dalam arah tegak lurus terhadap penampang spesimen (N)

A_0 = Luas penampang spesimen sebelum pembebanan (m^2)

Σ = Engineering Stress (MPa)

2. Engineering Strain (ε)

Engineering strain dirumuskan sebagai (Callister, 2014):

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (3.2)$$

Dengan:

ε = Engineering Strain

l_0 = Panjang spesimen sebelum pembebanan (m)

l = Panjang spesimen setelah pembebanan (m)

Δl = Pertambahan panjang (m)

3. Hukum Hooke (E)

Nilai modulus tarik sampel uji dapat ditentukan dengan rumus:

$$Elastisitas (E) = \frac{Tegangan (\sigma)}{Renggang (\varepsilon)} \quad (3.3)$$

Dengan nilai E adalah modulus young (GPa), σ dan ε masing-masing tegangan tarik dan regangan tarik yang didapatkan dari hasil pengujian.

3.6.4 Uji Bakteri

Uji ini bertujuan mengetahui aktivitas antibakteri benang operasi dari PVA-GA dn getah jarak terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan menggunakan metode difusi cakram kertas. Dalam proses pengujiannya dibagi menjadi tiga tahap yaitu persiapan bahan, pembuatan media dan pengujian bakteri.

3.7 Pengumpulan Data

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data hasil uji tarik dalam satuan Newton dengan variasi komposisi. Hasil pengujian dirata-rata sehingga didapatkan nilai yang relatif. Lalu dicatat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Tabel hasil uji tarik dengan variasi komposisi pada pembuatan benang jahit operasi yang *absorbable*.

sampel (%V)	Kekuatan Tarik (N)			Rata- rata Kekuatan Tarik (N)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
10:85:5				
20:70:10				
30:55:15				
40:40:20				
50:25:25				
50:50:0				
25:25:50				

Tabel 3.2 Tabel hasil uji kelarutan dengan variasi komposisi pada pembuatan benang jahit operasi yang *absorbable*

PVA:GA:getah jarak pagar (%V)	Pengamatan Sampel	
	Awal	Akhir
10:85:5		
20:70:10		
30:55:15		
40:40:20		
50:25:25		
50:50:0		
25:25:50		

Tabel 3.3 Hasil pengujian zona hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.

Sampel (%V)	Ulangan			Rata-rata (mm)
	1	2	3	
P1 (10:85:5)				
P2(20:70:10)				
P3 (85:30:15)				
P4 (40:40:20)				
P5 (50:25:25)				
P6 (50:50:0)				
P7 (25:25:50)				

3.8 Analisis Data

Data kuantitatif yang diperoleh, setelah itu dianalisis secara *statistic* menggunakan ANOVA *one way*. Terdapat tiga ulangan pada masing-masing pengujian, kemudian dilanjutkan dengan uji jarak Duncan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian tentang Paduan Getah Jarak Pagar Dengan PVA-GA Sebagai Bahan Baku Benang Jahit Operasi *Absorbable* diawali proses pengambilan getah jarak pagar dan pembuatan benang jahit operasi. Kemudian dilakukan pengujian FTIR, uji tarik, uji kelarutan dan uji bakteri menggunakan *Staphylococcus aureus*.

4.1.1 Proses Pengambilan Getah Jarak Pagar

Pengambilan getah jarak pagar dilakukan di Balitas (Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat) Jl. Raya Kagengan, Karangploso Malang. Pengambilan getah dilakukan pada jam 07.00-16.00 untuk mengurangi adanya penggumpalan pada suhu dingin dengan cara wadah plastik dipasang di sekitar tanaman sebagai tempat untuk menampung getah, dan wadah harus sudah terpasang sebelum jarak pagar ditoreh. Setiap torehan diberi jarak sekitar 5mm agar getah jarak menetes lebih banyak.

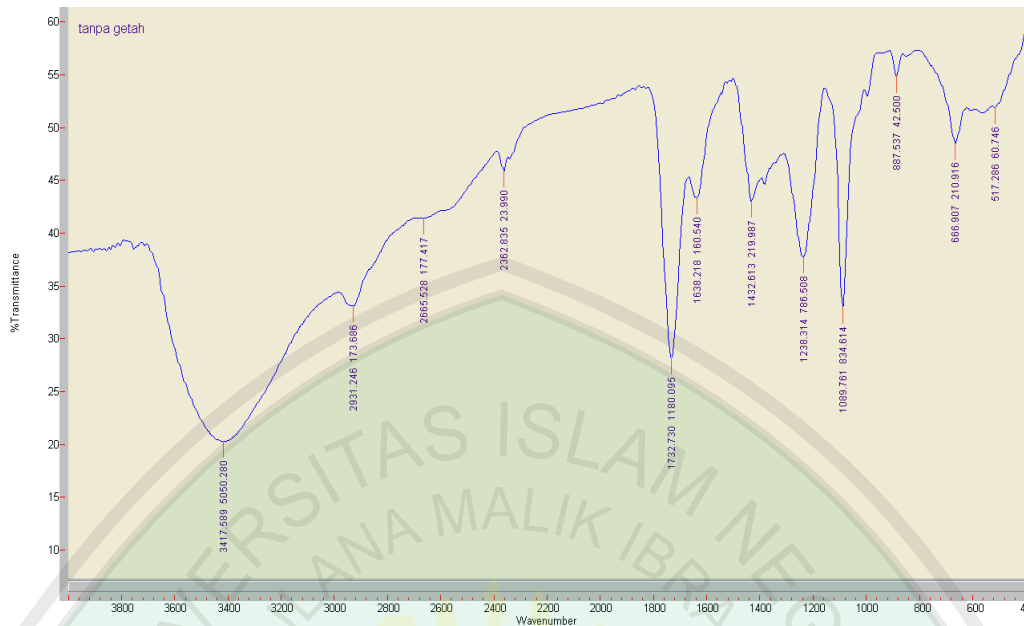
4.1.2 Pembuatan Benang Jahit Operasi

Benang jahit operasi dibuat dengan cara melarutkan PVA (*Polyvinil Alcohol*) dan GA (*Glycolid acid*) serta getah jarak pagar dengan variasi komposisi 10:85:5 (%V) ke dalam 25 ml aquades kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 450 rpm selama 1 jam. Pelarutan menggunakan alat bantu *magnetic stirrer* supaya PVA dan GA dapat larut dengan sempurna.

Variasi komposisi dibuat 7 sampel dengan variasi komposisi PVA:GA:getah jarak pagar 10:85:5; 20:70:10 ; 30:55:15; 40:40:20; 50:25:25; 50:50:0 dan 25:25:50 (%V) . Sampel diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 450 rpm pada suhu 65 °C selama 1 jam. Campuran PVA-GA dan getah jarak pagar yang terbentuk dituang ke dalam cetakan serta dikeringkan ke dalam oven selama 3 jam dengan suhu 65 °C agar cepat kering. Sampel benang jahit operasi yang sudah terbentuk selanjutnya dilakukan pengujian meliputi uji FTIR, kuat tarik, kelarutan dan bakteri menggunakan *Staphylococcus aureus*.

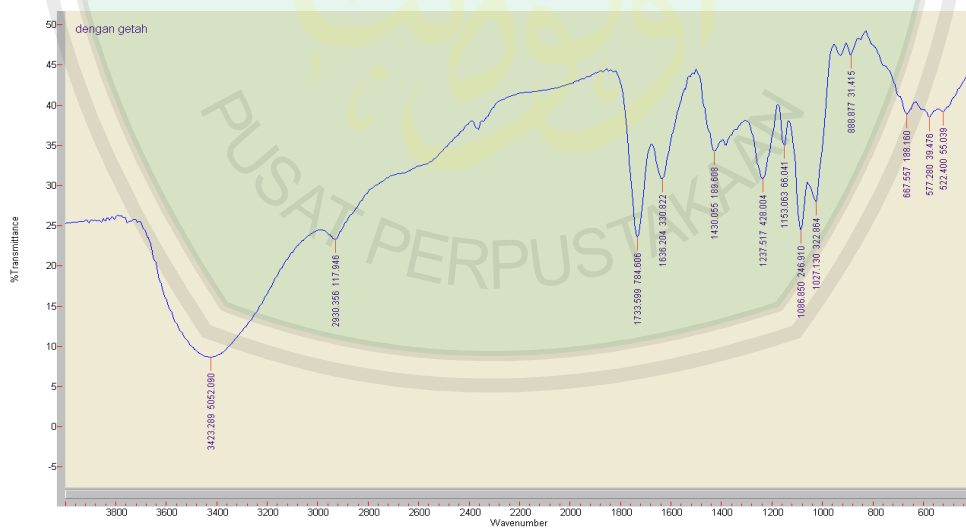
4.1.3 Uji FTIR

Karakterisasi FT-IR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dalam *wound dressing*. Identifikasi ini dilakukan di Laboratorium FT-IR Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Malang. Sampel berupa lembaran benang jahit operasi yang tipis dengan ukuran 7 cm dan dimasukkan ke dalam FT-IR untuk diuji gugus fungsinya. Uji FTIR ini menggunakan 2 sampel yaitu sampel A (tanpa getah jarak) dan sampel B (mengandung getah jarak pagar). Kemudian dianalisis perbedaan kedua sampel. Hasil pengujian FT-IR ditunjukkan pada gambar 4.1 dan 4.2 grafik hubungan antara bilangan gelombang dengan transmitasi. Dari puncak-puncak serapan yang terbentuk kemudian dicocokkan dengan tabel gugus fungsi untuk mengetahui nama senyawa. Hasil analisa seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1 pola spektrum FTIR benang jahit operasi tanpa getah jarak pagar.



Gambar 4.1 Pola Spektrum FTIR Benang Jahit Operasi Tanpa Getah Jarak Pagar

Adapun pola spektrum yang terbentuk pada benang jahit operasi menggunakan getah ditunjukkan pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Pola Spektrum FTIR Benang Jahit Operasi dengan Getah Jarak Pagar

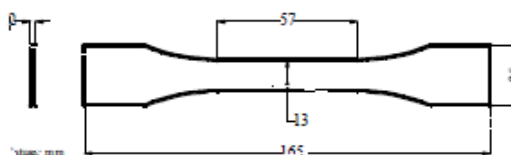
Berdasarkan pola spektrum yang terbentuk di atas, maka bisa dituliskan gugus fungsi dari sampel yang menggunakan getah jarak pagar dan tanpa menggunakan getah jarak pagar ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Gugus Fungsi Yang Terbentuk Pada Benang Jahit Operasi Tanpa Getah dan Menggunakan Getah Jarak Pagar

Nama Senyawa	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang	
		Tanpa getah jarak	Getah jarak
Alkohol, Fenol	O-H	3417.589	3423.289
Asam karboksilat dan Ammonium	N-H dan C-H	2931.246	2930.356
Aldehid	C=O	1638.218	1636.204
		1732.73	1733.599
Alkohol, Ester, Eter, dan Asam Karboksilat	C-O	1089.761	1086.85
		1238.314	1153.063

4.1.4 Uji Kuat Tarik

Uji tarik dilakukan di Laboratorium THP (Teknik Hasil Pangan) Universitas Brawijaya Malang. Sampel dibentuk seperti gambar 4.3. Pengujian dilakukan dengan cara kedua ujung sampel dijepit mesin penguji tensile. Selanjutnya dicatat panjang awal dan ujung tinta pencatat diletakkan pada posisi 0 pada grafik. Dinyalakan knob start dan alat akan menarik sampel sampai putus dan dicatat gaya kuat tarik (F) dan panjang setelah putus. Pengukuran elongasi dan *Modulus Young* dilakukan dengan cara yang sama dengan pengujian kuat tarik.



Gambar 4.3 Benda Uji Tarik Penampang Segi Empat

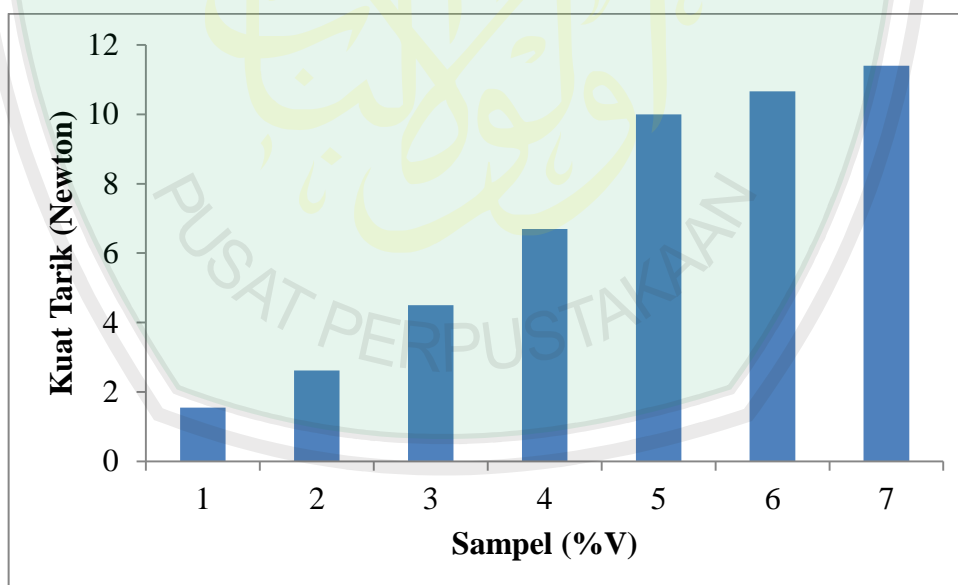
Hasil kekuatan tarik didapatkan melalui persamaan:

$$\text{Kekuatan Tarik} = \frac{\text{Gaya Kuat Tarik (F)}}{\text{Luas Penampang (A)}} \quad (4.1)$$

Hasil perhitungan uji tarik ditunjukkan pada tabel 4.2 dan gambar grafik 4.3:

Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik Benang Jahit Operasi

sampel (%V)	Kekuatan Tarik (N)			Rata- rata Kekuatan Tarik (N)
	Ulangan1	Ulangan 2	Ulangan 3	
10:85:5	2,2	1,6	3,0	2,267
20:70:10	6,8	5,4	7,0	6,4
30:55:15	9,6	10,5	11,8	10,63
40:40:20	12,4	13,7	15,2	13,76
50:25:25	2,2	3,5	11,0	5,567
50:50:0	16,6	13,7	19,0	16,43
25:25:50	6,8	17,0	19,6	14,467



Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Tarik Sampel Benang Operasi

Gambar 4.4 menunjukkan nilai kekuatan tarik pada benang operasi. Pada variasi PVA-GA dan getah jarak pagar 50:50:0 (%V) memiliki nilai kuat tarik tertinggi dan yang terendah yaitu variasi komposisi 10:85:5 (%V).

4.1.5 Uji Kelarutan

Uji kelarutan sampel menggunakan larutan NaCl 0,9% dilakukan di Laboratorium Riset Material Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Sampel dipotong dengan ukuran 3 x 3 cm dan direndam dalam beaker gelas yang berisi 25 ml larutan NaCl 0,9%. Kemudian diamati setiap hari untuk mengetahui perubahan warna dan larutnya sampel. Hasil pengamatan terdapat pada tabel 4.2

Tabel 4.3 Data Uji Kelarutan Menggunakan NaCl 0,9%

PVA:GA:getah jarak pagar (%V)	Pengamatan Sampel	
	Awal	Akhir
10:85:5	- Utuh - Berwarna putih	- Berwarna putih - Larut dalam waktu 5 hari
20:70:10	- Utuh - Berwarna kuning muda	- Berwarna kuning muda - Larut sempurna dalam waktu 6 hari
30:55:15	- Utuh - Berwarna kuning	- Berwarna kuning - Larut sempurna dalam waktu 12 hari
40:40:20	- Utuh - Berwarna kuning agak gelap	- Berwarna kuning agak gelap - Larut sempurna dalam waktu 12 hari
50:25:25	- Utuh - Berwarna kuning gelap	- Berwarna kuning agak gelap - Larut sempurna dalam waktu 13 hari
50:50:0	- Utuh - Berwarna putih bening	- Berwarna putih bening - Larut sempurna dalam waktu 1 hari
25:25:50	- Utuh - Berwarna kuning gelap pekat	- Berwarna kuning pekat - Larut sempurna dalam waktu 14 hari

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa semua sampel bisa larut di dalam larutan NaCl 0,9% dengan waktu yang berbeda-beda. Adapun yang paling cepat larut adalah sampel yang tidak memiliki kandungan getah jarak yaitu komposisi

50:50:0 (%V) dan yang membutuhkan waktu terlalu lama larut di dalam larutan NaCl 0,9% adalah sampel variasi 25:25:50 (%V).

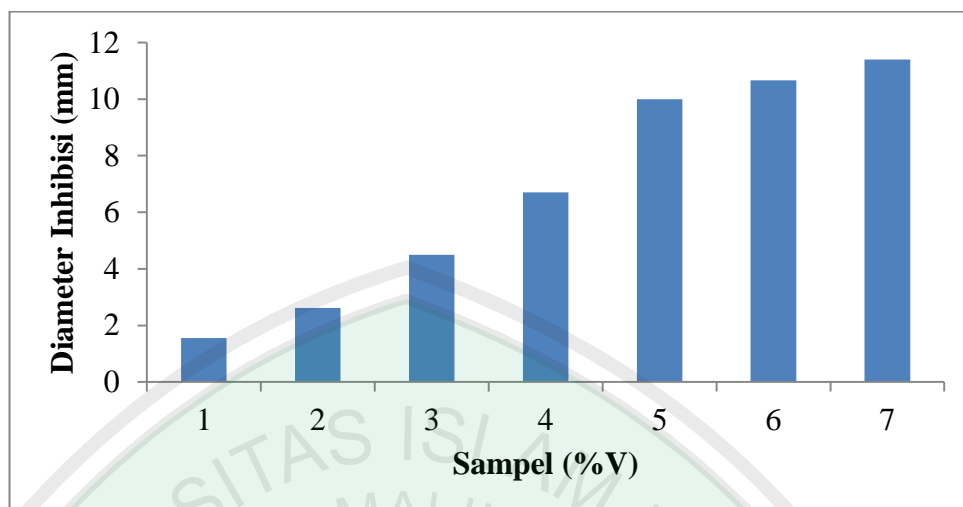
4.1.6 Uji Bakteri

Uji aktivitas antibakteri dilakukan di Laboratorium mikrobiologi Universitas Negeri Malang. Pengujian ini menggunakan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi kertas cakram. Hasil pengamatan diameter hambat bakteri ditunjukkan pada tabel 4.5

Tabel 4.4 Hasil Nilai Daya Hambat Antibakteri

PVA:GA:getah jarak pagar (%V)	Diameter Inhibisi (mm)			Rata-rata Diameter Inhibisi (mm)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
10:85:5	2,3	2,7	2,85	2,61667
20:70:10	4,5	4,5	4,5	4,5
30:55:15	6,60	6,65	6,85	6,7
40:40:20	10	10	10	10
50:25:25	10,50	10,60	10,90	10,667
50:50:0	1,3	1,5	1,85	1,55
25:25:50	11,20	11,40	11,60	11,4

Tabel 4.4 menunjukkan rata-rata diameter daya hambat antibakteri campuran PVA-GA dengan getah jarak pagar berbeda-beda pada tiap konsentrasi. Variasi komposisi yang paling efektif menghambat pertumbuhan bakteri adalah 25:25:50 (%V), adapun variasi komposisi 50:50:0 (%V) kurang efektif menghambat pertumbuhan bakteri. Hasil uji bakteri yang dilakukan juga bisa diamati dalam grafik 4.4



Gambar 4.5 Grafik Diameter Hambat Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Grafik 4.5 yang memiliki nilai hambat paling besar adalah sampel dengan variasi komposisi 25:25:50 (%V) dan yang memiliki diameter inhibisi terkecil adalah variasi komposisi 50:50:0 (%V).

Berdasarkan hasil ANOVA *one way* pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai signifikansi =0,000. Sehingga bisa dijelaskan bahwa penambahan getah jarak agar dengan menurunkan kosnsentrasi GA mempengaruhi diameter inhibisi pada benang jahit operasi.

Tabel 4.5 Hasil Uji *One Way* Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	290.130	6	48.355	1306.050	.000
Within Groups	.518	14	.037		
Total	290.648	20			

Dari uji lanjut menggunakan *Duncan* pada tabel 4.6 menunjukkan bahwa diameter inhibisi tertinggi adalah pada perlakuan ketujuh dengan variasi komposisi 25:25:50 (%V).

Tabel 4.6 Hasil Analisis uji lanjut menggunakan uji jarak *Duncan* terhadap variasi komposisi benang jahit operasi

BAHAN	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
6	3	2						
1	3		3					
2	3			5				
3	3				7			
4	3					10		
5	3						11	
7	3							11
Sig.		1	1	1	1	1	1	1

4.2 Pembahasan

Luka merupakan rusak dan hilangnya sebagian jaringan tubuh. Luka dapat diakibatkan oleh kejadian yang disengaja seperti pembedahan kejadian yang tidak sengaja seperti kecelakaan, trauma atau terpapar oleh tekanan, panas, matahari, dan bahan kimia. Salah satu jenis luka adalah luka eksisi. Luka eksisi merupakan luka yang diakibatkan terpotongnya jaringan oleh goresan benda tajam, dan penutupan luka dilakukan dengan jahitan. (Nurjannah, 2015). Pada penelitian ini dibuat benang jahit operasi dari PVA (*polyvinil alcohol*), GA (*glycolid acid*) dan getah jarak pagar.

Sampel padatan yang didapat dari hasil benang jahit operasi PVA-GA dan getah jarak pagar diidentifikasi kandungan gugus fungsinya dengan menggunakan spektroskopi FTIR. Uji FTIR ini menggunakan 2 sampel yaitu sampel A (tanpa getah jarak) dan sampel B (mengandung getah jarak pagar). Jika dilihat dari hasil uji FTIR, maka terlihat bahwa kedua sampel memiliki gugus fungsi yang sama dan sama-sama tajam sehingga mudah untuk diamati. Gugus yang terbentuk

antara lain gugus karbonil (C=O) terbentuk pada rentang bilangan gelombang 1700-1730 cm^{-1} , gugus alkana (C-C) terbentuk pada rentang bilangan gelombang 1100-1300 cm^{-1} , gugus hidroksil (O-H) terbentuk pada rentang bilangan gelombang 3200-3600 cm^{-1} . Menurut Nurjannah (2015) bahan yang dapat terbiodegradasi umumnya memiliki salah satu gugus fungsi seperti hidroksida (O-H), karbonil (C=O), dan ester (COOH). Adapun benang yang dihasilkan memiliki hampir semua gugus fungsi tersebut sehingga mempunyai sifat mudah terbiodegradasi. Hal ini dimaksudkan agar benang dapat terdegradasi dalam tubuh dan menghasilkan produk akhir yang tidak beracun. Ini membuktikan bahwa kedua sampel memiliki sifat *absorbable polymer*. Hasil yang didapatkan menunjukkan kesamaan hasil dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Getah jarak pagar memiliki kandungan asam askorbat yang bisa terlihat jelas pada pola spektra FTIR. Asam askorbat berperan sebagai antioksidan untuk mencegah oksidasi besi, sehingga menghindari enzim agar tidak terinaktivasi (Adhitioso,2012).

Perbedaan pada kedua sampel adalah memiliki intensitas yang berbeda. Pada sampel A (tanpa getah) memiliki intensitas yang lebih tinggi dibandingkan sampel B (dengan getah jarak pagar). Pada konsep FTIR dikatakan bahwa semakin rendah intensitas atau transmitansi maka semakin menunjukkan ada interaksi yang terjadi antar satu gugus dengan gugus yang lainnya. Berdasarkan penelitian Nurjannah (2015) mengatakan dalam benang jahit operasi dibutuhkan zat antiinflamasi yang baik untuk mencegah terjadinya inflamasi atau peradangan pada tubuh. Adapun pada getah jarak pagar mengandung zat antiinflamasi yang

baik, sehingga getah jarak pagar sangat aman dijadikan campuran dalam bahan benang jahit operasi.

Sampel yang didapatkan juga dilakukan uji tarik untuk memberikan informasi kekuatan tarik dengan menggunakan 7 sampel, setiap sampel mengalami pengulangan sebanyak 3 kali. Sehingga total semua sampel adalah 21. Adapun sampel yang dihasilkan adalah lapisan tipis, kemudian dibentuk penampang segi empat.

Berdasarkan data yang didapatkan menunjukkan bahwa penambahan komposisi getah jarak pagar berpengaruh pada nilai kekuatan tarik sampel yaitu nilai uji tarik mengalami kenaikan. Kekuatan benang dipengaruhi oleh ikatan kimia penyusunnya. Ikatan kimia yang kuat bergantung pada jumlah ikatan molekul dan jenis ikatannya. Ikatan kimia yang kuat sulit untuk diputus karena diperlukan energi yang cukup besar untuk memutus ikatan tersebut. Getah jarak pagar memiliki nilai kekuatan tarik yang tinggi dan sesuai dengan karakteristik yang dibutuhkan dalam pembuatan benang jahit operasi (Nurjannah 2015).

Nilai uji tarik berurutan setiap sampel adalah 2,267 N; 6,4 N; 10,63 N; 13,76 N; 5,567 N; 16,43 N dan 14,467 N. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan benang jahit operasi komersial yang telah ada, yaitu sebesar 5,2 N (sesuai SNI 16-3346-1994 “Benang Operasi Terserap Sekali Pakai” dan USP 29-NF 24). Makin kuat *tensile strength* suatu benang, makin besar pula dayanya dalam merapatkan luka. Adapun yang memiliki daya serap yang paling tinggi adalah sampel variasi komposisi 50:50:0 (%V) yaitu tanpa getah dikarenakan pada suhu 60 °C kuat tarik PVA-GA semakin naik dan berkurangnya kandungan air. Jadi struktur molekul

pada PVA-GA semakin rapat dan homogen yang menyebabkan kuat tarik semakin besar. Adapun pada sampel komposisi 50:25:25 (%V) dan 25:25:50 (%V) mengalami penurunan nilai uji tarik, disebabkan pada saat pembuatan benang jahit operasi masih berlendir dan masih banyak kandungan air di dalamnya yang menyebabkan regangan pada sampel terlalu besar dan nilai uji tarik menurun. Semakin kuat *tensile strength* suatu benang, makin besar pula dayanya dalam merapatkan luka. Akan tetapi, hasil uji tarik bukanlah satu-satunya karakterisasi yang harus diperhatikan dalam pembuatan benang jahit operasi. Melainkan harus dilihat dari hasil pengujian yang lainnya.

Sampel padatan benang jahit operasi yang didapatkan diidentifikasi sifat kelarutannya dengan menggunakan larutan NaCl 0,9% karena hampir sama dengan cairan tubuh manusia, yang diasumsikan sama dengan waktu yang dibutuhkan benang jahit operasi yang *absorbable* untuk larut dalam jaringan tubuh manusia maupun hewan (Adhitioso, 2012).

Penelitian Adhitioso, et.al (2012) benang jahit operasi dari PVA-GA dan getah batang pisang dalam waktu 10 hari sampel larut sempurna di dalam larutan PBS. Adapun hasil uji kelarutan yang didapatkan pada penelitian menunjukkan bahwa rata-rata setiap sampel membutuhkan waktu 5-14 hari larut sempurna di dalam larutan NaCl 0,9%. Akan tetapi berbeda dengan sampel 10:85:5 (%V) yaitu sampel benang jahit operasi tanpa getah dalam 1 hari sudah larut sempurna. Pada pengujian kekutan tarik sampel tanpa getah memiliki nilai bagus dibanding sampel lainnya, akan tetapi dalam uji kelarutan menunjukkan hasil yang tidak terlalu signifikan. Hal ini karena pada umumnya, luka akan menyatu setelah 7 hari

dan benang jahit operasi tanpa getah membutuhkan waktu yang cepat untuk larut di dalam larutan NaCl 0,9% karena PVA dan GA memiliki sifat yang hampir sama antara lain larut dalam air, memiliki kemampuan membentuk serat yang baik, biokompatibel, memiliki ketahanan kimia, dan *biodegradable* (Adhitioso, 2012).

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, getah jarak dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan konsentrasi yang paling menghambat adalah kandungan 50% V getah jarak pagar dengan rata-rata diameter 11,4 mm, kemudian kandungan 25% V getah jarak pagar dengan rata-rata 10,667 mm, kandungan 20% V getah jarak pagar dengan rata-rata diameter 10 mm, kandungan 15% V getah jarak pagar dengan rata-rata diameter 6,7 mm, kandungan 10% V getah jarak pagar dengan rata-rata diameter 4,5 mm, kandungan 5% V getah jarak pagar dengan rata-rata diameter 2,61667 dan yang paling kecil kekuatannya untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* adalah sampel benang jahit operasi tanpa menggunakan getah jarak pagar.

Tabel 4.4 terlihat bahwa semakin besar kandungan atau konsentrasi getah jarak pagar pada sampel maka semakin besar pula kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri karena getah jarak pagar mengandung flavonoid yang dapat berfungsi sebagai antifungi, antiseptik dan antiradang. Saponin dapat memacu pertumbuhan kolagen dalam proses penyembuhan dan juga memiliki efek menghilangkan rasa sakit dan merangsang pembentukan sel-sel baru, getah jarak juga mengandung *tannin* (18%) yang berfungsi sebagai obat kumur dan gusi berdarah serta obat luka. *Jatrophine* (mengandung alkaloid), yang

diketahui bermanfaat dalam hal analgesik. Getah jarak bersifat antimikroba sehingga dapat mengusir bakteri dan virus seperti jenis *Staphylococcus*, *Streptococcus*, dan *Escherichia coli* (Kaswan, 2012).

4.3 Integrasi Penelitian dengan al-Quran

Allah menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang indah, hijau dan banyak memberi manfaat serta kenikmatan kepada manusia. Banyak ayat al-Qur'an yang mengajak manusia untuk berfikir dan menyelidiki tumbuh-tumbuhan agar mendapat manfaat yang lebih banyak. Allah berfirman dalam surat an-Nahl ayat 11:

يُنَبِّتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanaman-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam-macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang memikirkan” (Q.S. an-Nahl: Ayat 11)

Ayat ini menyebutkan beberapa tanaman yang ditumbuhkan Allah dari yang paling cepat layu, yang paling panjang usianya dan yang paling banyak manfaatnya seperti zaitun, kurma dan anggur (Shihab, 2002). Kaum yang memikirkan akan tanda-tanda kekuasaan-Nya tentu akan dapat mengambil pelajaran dan manfaat terhadap segala ciptaan-Nya. Sebagaimana memanfaatkan tanaman jarak pagar sebagai tanaman obat.

Manusia sebagai makhluk yang berakal mempunyai tugas, kewajiban dan tanggung jawab terhadap alam sekitarnya. Hal ini dijelaskan dalam firman Allah surat az-Zumar ayat 9:

... قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولُو الْأَلْبَابِ

“...Katakanlah: "Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui?" Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.” (QS. az-Zumar [39]: 9)

Allah Swt. berfirman “Apakah orang yang beribadat di waktu-waktu malam dengan sujud dan berdiri”. Maksudnya, apakah orang yang tengah khusyu’ di tengah malam sambil bersujud dan berdiri karena Allah dalam suasana ketaatan kepada-Nya, seperti orang yang menyerikatkan-Nya dan menjadikan saingan bagi-Nya? Mereka tidak sama disisi Allah. Hal ini sebagaimana firman-Nya, “Mereka tidak sama...”(ali-Imron: 113) “Sedang ia takut kepada akhirat dan mengharapkan rahmat Tuhannya” Yaitu, dalam suasana ibadahnya itu dia takut dan mengharap. Ibadah itu harus disertai rasa takut dan harap. Dan dalam keseluruhan hidup rasa takut itulah yang ditekankan. Itulah sebabnya Allah berfirman “Sedang ia takut kepada akhirat dan mengharapkan rahmat Tuhannya”. Bila dalam keadaan bermunajat kepada Allah maka hendaklah rasa berharap itu yang ditekankan (Ibnu Katsir, Jilid 4). Hal ini juga dijelaskan di dalam Q.S az-Zumar: 21 bahwa Allah memberitahukan asal air yang terdapat di bumi adalah dari langit. Sa’id bin Jubair berkata, asal air itu dari salju. Maksudnya, salju bertumpuk di atas-atas gunung. Diam di tempatnya maka memancarlah mata air dari bawahnya. Kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air tanaman-tanaman yang yang bermacam-macam coraknya, ras, aroma, bentuk dan manfaatnya dan kembali kering dan hancur.

Al-Qur’an memerintahkan kepada manusia untuk memanfaatkan kekayaan alam dengan cara tidak boleh melakukan pemborosan dan dilarang merusak

sumber alam dan lingkungan hidup. Kekayaan alam ini sebagai sumber kehidupan bagi kesejahteraan manusia.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Gugus yang terbentuk pada sampel menggunakan getah jarak pagar dan tanpa jarak pagar antara lain gugus karbonil (C=O), gugus alkana (C-C) dan gugus hidroksil (O-H).
2. Nilai uji tarik tertinggi pada variasi komposisi 50:50:0 (%V) yaitu 16,43 N, adapun nilai uji tarik terendah pada variasi komposisi 50:25:25 (%V) yaitu 5,567 N.
3. Rata-rata setiap sampel membutuhkan waktu 5-14 hari larut sempurna di dalam larutan NaCl 0,9%. Akan tetapi berbeda dengan sampel 10:85:5 (%V) yaitu sampel benang jahit operasi tanpa getah dalam 1 hari sudah larut sempurna.
4. Variasi komposisi yang paling efektif menghambat pertumbuhan bakteri adalah 25:25:50 (%V) yaitu 11,4 mm, adapun variasi komposisi 50:50:0 (%V) kurang efektif menghambat pertumbuhan bakteri yaitu sebesar 1,55 mm.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya yakni:

1. Polimer yang digunakan sebaiknya asam *poliglikolat* (PGA), asam *poliglaktik* (PLA), *polidioksanon* (PDS), atau *poliglekapron* karena memiliki sifat fisik dan kimia yang lebih baik dari pada polivinil alkohol.

2. Benang dibuat menggunakan mesin *extruder* dengan metode *wet spinning* agar bentuk lebih sempurna dan dapat menyesuaikan dengan ukuran standard.
3. Perlu adanya inovasi mesin pembuat benang.



DAFTAR PUSTAKA

- Adhitioso, Satrio. 2012. *Paduan Gel Getah Batang Pisang Dengan PGA (Polyglycolic Acid) Sebagai Bahan Baku Benang Jahit Operasi Yang Absorbable*. Surabaya: Universitas Airlangga
- Anjani, Meylia. 2009. *Karakteristik Benang Kitosan Yang Terbuat Dari Kitin Iradiasi dan Tanpa Iradiasi*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- Bryant, R.A. (2007). *Acute and Chronic Wounds Nursing Management*, Second Edition. Missouri, St. Louis: Mosby Inc.
- Dudley H.A.F., J.R.T. Eckersley, dan S. Paterson-Brown. 2000. *Pedoman Tindakan Medik dan Bedah*. Jakarta: EGC.
- Fifi, Ekaning. 2007. *Pencirian Poliblen Polikaprolakton, Poliasamglikolat, dan Poliasamlaktat Dengan Difraksi Sinar X Dan Spektrofotometer Inframerah*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Ilhamsyah, 2010. *Isolasi dan Karakterisasi β -Glukan Dari Tubuh Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Dengan Metode Spektroskopi UV-VIS dan FTIR*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah
- Kaswan. 2013. *Pengaruh Getah Tumbuhan Jarak (*Jatropha curcas L.*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus* Hasil Isolasi Pasca Pencabutan Gigi*. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Komarasari, Risa Nur.dkk. 2011. *Penentuan Keberadaan Zat Aditif Pada Plastik Kemasan melalui perlakuan pemanasan pada spektrofotometer IR*. Bandung :Universitas Pendidikan Indonesia. Hal: 8-12
- Kurniadi, Yudi. *Pembuatan dan Pencirian POLI (ASAM GLIKOLAT) Dengan Metode Solid State Polymerization*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Mahmud. 2007. *Pemanfaatan Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*) Sebagai Obat*. ISSN. Vol.2, No.9, Hal:33-34
- Mudzakir. 2016. *Metode Spektroskopi Inframerah Untuk Analisis Material*. Bandung: UPI
- Nasrullah, Faiz. 2014. *Pengembangan Komposit Pva-Alginat-Daun Binahong Sebagai Wound Dressing Antibakteri*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim

- Nurjannah, Siti. 2015. *JOS (Jatropha Operation Suture): Inovasi Benang Jahit Operasi Berbahan Gel Jatropha Multifida*. Malang: Universitas Brawijaya
- Perwitasari F.L.R,dkk. 2012. *Jurnal Karakterisasi Invitro dan Invivo komposit Alginat-Polivinil Alkohol-ZnO Nano Sebagai Wound Dressing Antibakteri*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Potter dan Perry. 2006. *Buku Ajar Fundamental Keperawatan*. Jakarta: EGC
- Shalumon, KT. Et al. 2010. *Sodium Alginat/ Polyvinyl Alcohol/ Nano ZnO Composite Nanofibers for Antibacterial Wound Dressings*. *Elevesier: Internasional Journal of Biological Macromolecules* 49 (2011) 247-254.
- Suryatini, Kadek. 2011. *Analisis Keragaman Genetik Jarak Pagar (Jatropha Curcas L.) Dengan Metode Inter Simple Sequence Repeats (ISSR)*. Denpasar: Universitas Udayana
- Susila A. B., 2014. *Pengaruh Getah Jarak Pagar Terhadap Bakteri Staphylococcus aureus*. Makassar: Universitas Hasanuddin

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat dan Bahan Benang Jahit Operasi



Aquades



AlumuniumFoil



Gelas Ukur



Neraca analitik



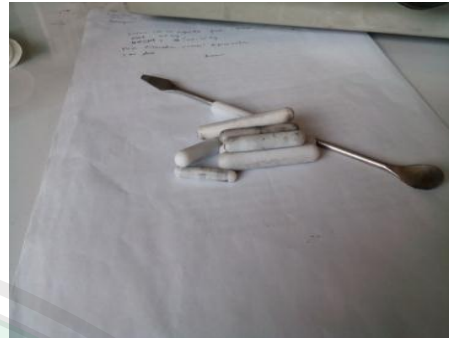
Magnetic Stirrer



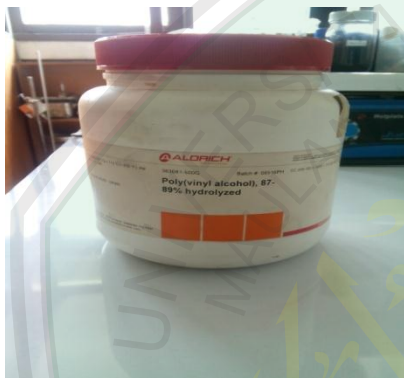
Spatula



Oven



Bar Stirrer



PVA



Petridish



Termometer

Lampiran 2 Gambar Sampel Uji Tarik dan Benang Jahit Operasi Menggunakan
Getah Jarak Pagar



Sampel 5%



Sampel 10%



Hasil Uji Tarik Menggunakan Getah Jarak Pagar (warna kuning) dan Tidak
Menggunakan Getah Jarak Pagar (warna putih)



BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nurfaizlah
NIM : 12640035
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Paduan Getah Jarak Pagar dan PVA-GA Sebagai Bahan Baku Benang Jahit Operasi Absorbable
Pembimbing I : Erna Hastuti, M.Si
Pembimbing II : Drs. Abdul Basid, M.Si

No	Tanggal	HAI/	Tanda Tangan
1	15 Januari 2016	Konsultasi Bab I, II dan III	
2	12 Mei 2016	Konsultasi Agama Bab I	
3	21 Mei 2016	Konsultasi Agama Bab I dan Acc	
4	1 Juni 2016	Konsultasi Bab I, II, III dan Acc	
5	3 Juni 2016	Konsultasi Data	
6	6 Juni 2016	Konsultasi Data dan Acc	
7	29 Juni 2016	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	
8	06 Juni 2016	Konsultasi Bab IV dan V	
9	30 Juni 2016	Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
10	30 Juni 2016	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, Juni 2016
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009