

**PENGARUH VARIASI *BIO BASED ADHESIVE* TERHADAP
KEKUATAN *PEELING* DAN *SHEARING* KAYU PINUS PADA
*ADHESIVE JOINT***

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUHAMMAD FADLURAHMAN

NIM. 145060200111027

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI *BIO BASED ADHESIVE* TERHADAP
KEKUATAN *PEELING* DAN *SHEARING* KAYU PINUS PADA
*ADHESIVE JOINT***

**SKRIPSI
TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MUHAMMAD FADLURAHMAN
NIM. 145060200111027**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 26 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

**Khairul Anam, ST., M.Sc.
NIP. 201310 861127 1 001**

Dosen Pembimbing II

**Moch. Syamsul Ma'arif, ST., MT.
NIP. 19710726 200012 1 001**



**Mengetahui
Ketua Program Studi S1
Dr. Eng. Mega Nir Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001**



JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH VARIASI *BIO BASED ADHESIVE* TERHADAP KEKUATAN *PEELING*
DAN *SHEARING* KAYU PINUS PADA *ADHESIVE JOINT*

Nama Mahasiswa : Muhammad Fadlurahman
NIM : 145060200111027
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Teknik Manufaktur

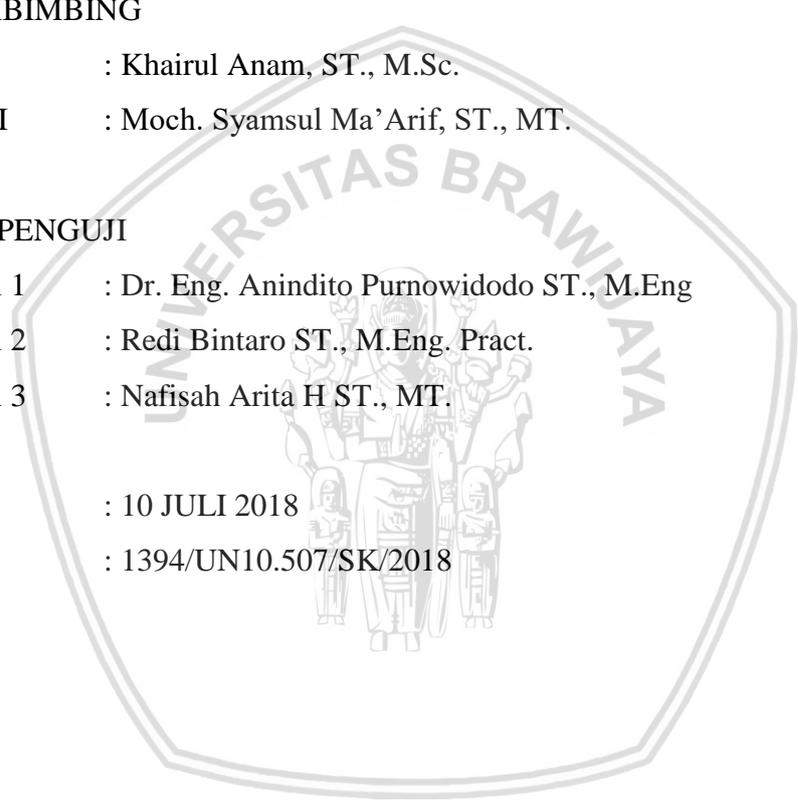
KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Khairul Anam, ST., M.Sc.
Pembimbing II : Moch. Syamsul Ma'Arif, ST., MT.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Anindito Purnowidodo ST., M.Eng
Dosen Penguji 2 : Redi Bintaro ST., M.Eng. Pract.
Dosen Penguji 3 : Nafisah Arita H ST., MT.

Tanggal Ujian : 10 JULI 2018
SK Penguji : 1394/UN10.507/SK/2018



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak pernah terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 10 Juli 2018

Mahasiswa,



Muhammad Fadlurahman
NIM. 145060200111027





Ketika kamu bekerja keras, lalu memberikan hasil kerja keras itu untuk membahagiakan keluarga dan sahabat, maka kamu adalah manusia paling bahagia.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik. Laporan skripsi ini berjudul **“PENGARUH VARIASI *BIO BASED ADHESIVE* TERHADAP KEKUATAN *PEELING* DAN *SHEARING* KAYU PINUS PADA *ADHESIVE JOINT*”**.

Laporan ini disusun sebagai bentuk dokumentasi dan hasil akhir dari proses perkuliahan yang telah dilaksanakan. Laporan ini juga diajukan sebagai syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dalam kurikulum program studi Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Dalam melaksanakan proses penelitian dan penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa tidak akan dapat menyelesaikan semuanya dengan baik tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada banyak pihak di antaranya:

1. Bapak Khairul Anam, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi bimbingan serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Moch. Syamsul Ma'arif, ST., MT selaku dosen pembimbing II yang telah memberi saran dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng, selaku Dosen Penguji yang sudah memberikan masukan dan sarannya dalam perbaikan penulisan skripsi.
4. Bapak Redi Bintaro, ST., M.Eng. Pract, dan Ibu Nafisah Arina Hidayati, ST., MT, selaku Dosen Penguji yang sudah memberikan masukan dan saran dalam penulisan akhir skripsi ini.
5. Kepada Bapak Cayo Sugianto dan Ibu Ambar Prabandari sebagai orang tua penulis, Mbah Kakung Suparman dan Mbah Putri Supantinah sebagai Kakek dan Nenek penulis serta Ilham Arrosyid dan Lailatul Rahmah sebagai Adik kandung penulis yang telah menjadi motivasi, memberikan doa, dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Keluarga Bapak Budi Laksana dan Ibu Shinta sebagai Om dan Tante penulis, Dhitya Billa dan Shindy sebagai adik sepupu, Om Wahyu, Toni, Firman, Jimmy

- yang sudah memberikan dukungan dengan fasilitas tinggal dan nasehat dari awal kuliah hingga menyelesaikan tugas akhir.
7. Seluruh dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberi ilmu selama perkuliahan.
 8. Feyzarnoor Indra A P, Resza Tania Putri, dan Mufid Muzakki selaku patner skripsi yang senantiasa memberikan diskusi teori tentang skripsi ini.
 9. Keluarga Besar Laboratorium Riset (Tim Aerokreasi, Appatte 62, TGK Brawijaya), Himpunan Mahasiswa Mesin, dan Rantauan Mahasiswa Jogja di Malang terimakasih atas dukungan, kerjasama dan doanya.
 10. Ust. Abdul Malik, FKIMM, Al – Hadid FT UB, dan REMASDEP yang sudah memberikan motivasi rohani dan jasmani.
 11. Yunita Rizki Anisa Putri yang sudah menjadi motivator untuk membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
 12. Keluarga Besar SANBAV CORP UB dan teman BOLANG MALAYSIA (Pak Prof Rudy Soenoko, Mas Aziz, Mas Efendi, Mas Nardo, Mbak Shofi, Mbak Ais, Ardi, Bagas, Nadia dan Astrid) terimakasih atas bantuannya.
 13. Sahabat dari awal yang selalu menemani Djambronk Class (Sugab, Edam, Cak Nay, Sesepeuh Djambronk, Alif, El, Edeg), Senior mesin 2012, 2013 dan adik adik mesin 2015, 2016, Teman teman MAF14 (Tekad ini Satukan Kami, Sampek Mati Tak Belani) Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
 14. Teman teman Wacana Club (Roqi, Muna, Dhian, Putri, Dina, Nisaa, Aknes, Asti) yang secara langsung ataupun tidak langsung memberikan dukungan dan masukan untuk penulis.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan bagi perkembangan keilmuan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Malang, 26 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
RINGKASAN.....	x
SUMMARY.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 <i>Bonding Material</i>	6
2.3 Kayu Pinus	9
2.4 <i>Adhesive</i>	10
2.5 <i>Natural Adhesive</i>	11
2.5.1 Pohon Nangka	11
2.5.2 Pohon Sukun.....	13
2.5.3 Pohon Karet.....	15
2.6 Epoxy.....	18
2.6.1 Pengertian Epoxy	18
2.6.2 Aplikasi Epoxy	19
2.7 Metode <i>Peeling</i> dan <i>Shearing</i>	20
2.7.1 <i>Peeling Test</i>	20
2.7.2 <i>Shearing Test</i>	21

2.8 Kekuatan <i>Peel</i> dan <i>Shearing</i>	22
2.9 Kurva Hubungan antara <i>Load</i> dan <i>Displacement</i>	22
2.10 Kegagalan pada <i>Adhesive Bonding</i>	23
2.10.1 <i>Cohesive Fracture</i>	24
2.10.2 <i>Adhesive Fracture</i>	24
2.10.3 <i>Adherent Fracture</i>	24
2.10.4 Kegagalan yang Lain.....	25
2.11 Hipotesis.....	25

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian.....	27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.3 Variabel Penelitian	27
3.3.1 Variabel Bebas	27
3.3.2 Variabel Terikat.....	27
3.3.3 Variabel Terkontrol	28
3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian	28
3.4.1 Bahan yang Digunakan	28
3.4.2 Alat yang Digunakan.....	30
3.5 Prosedur Penelitian.....	34
3.6 Tahapan dan Rencana Penelitian.....	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian.....	39
4.1.1 Data Hasil Pengujian <i>Shearing</i>	39
4.1.2 Data Hasil Pengujian <i>Peeling</i>	40
4.2 Pembahasan.....	41
4.2.1 Analisis Pengaruh Jenis <i>Bio based Adhesive</i> terhadap Kekuatan <i>Shearing Adhesive Joint</i>	41
4.2.2 Analisis Pengaruh Jenis <i>Bio based Adhesive</i> terhadap Kekuatan <i>Peeling Adhesive Joint</i>	46
4.2.3 Kekuatan <i>Peeling</i> dan <i>Shearing</i> pada <i>Adhesive Joint</i>	51



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....53
5.2 Saran.....53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi Kimia Karet Alam	18
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian <i>Shearing</i>	39
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian <i>Peeling</i>	40

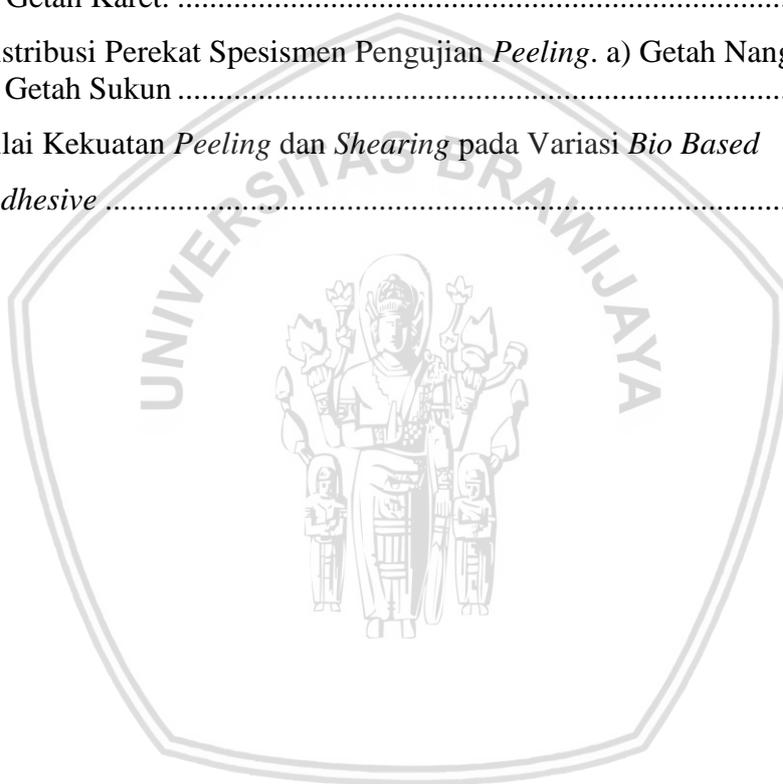


DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Kekasaran Permukaan Material <i>Direct Bonding</i>	6
Gambar 2.2	<i>Surface Activated Bonding</i>	8
Gambar 2.3	Kayu Pinus	9
Gambar 2.4	Bentuk Pohon dan Buah Nangka	12
Gambar 2.5	Struktur Kimia Getah Pohon Sukun.....	13
Gambar 2.6	Bentuk Sukun dan Buah Sukun.....	14
Gambar 2.7	Struktur Kimia Getah Pohon Sukun.....	14
Gambar 2.8	Penyadapan Getah Karet pada Pohon Karet	16
Gambar 2.9	Struktur Karet Alam Poliisoprena	17
Gambar 2.10	Spesimen <i>T-Peel</i>	20
Gambar 2.11	Spesimen <i>Shearing Test</i>	21
Gambar 2.12	Kurva Hubungan antara <i>Load</i> dan <i>Displacement</i>	23
Gambar 2.13	<i>Cohesive Fracture</i>	24
Gambar 2.14	<i>Adhesive Fracture</i>	24
Gambar 2.15	<i>Adherent Fracture</i>	25
Gambar 2.16	Kemungkinan Kegagalan Lain pada <i>Adhesive</i>	25
Gambar 3.1	Dimensi Spesimen <i>Shearing Test</i>	28
Gambar 3.2	Dimensi Spesimen <i>Peeling Test</i>	29
Gambar 3.3	Penyadapan Getah Nangka	29
Gambar 3.4	Penyadapan Getah Sukun	30
Gambar 3.5	Penyadapan Getah Karet.....	30
Gambar 3.6	Lem Epoxy Avian.....	30
Gambar 3.7	Jangka Sorong.....	31
Gambar 3.8	Timbangan Digital	31
Gambar 3.9	Beker <i>Glass</i>	31
Gambar 3.10	<i>Sanding Paper Grit</i>	32
Gambar 3.11	Instalasi <i>Universal Tester</i>	32
Gambar 4.1	Grafik <i>Load-Displacement</i> Pengujian <i>Shearing</i> a) <i>Adhesive Epoxy</i> . b) Getah Karet. c) Getah Nangka. d) Getah Sukun.....	41



Gambar 4.2 Grafik <i>Stress-Strain</i> Pengujian <i>Shearing</i> a) <i>Adhesive Epoxy</i> . b) Getah Karet. c) Getah Nangka. d) Getah Sukun	43
Gambar 4.3 Distribusi Perekat Spesimen Pengujian <i>Shearing</i> . a) <i>Adhesive Epoxy</i> . b) Getah Karet.	44
Gambar 4.4 Distribusi Perekat Spesimen Pengujian <i>Shearing</i> . a) Getah Nangka. b) Getah Sukun	46
Gambar 4.5 Grafik <i>Load-Displacement</i> Pengujian <i>Peeling</i> . a) <i>Adhesive Epoxy</i> . b) Getah Karet. c) Getah Nangka. d) Getah Sukun	47
Gambar 4.6 Grafik <i>Stress-Strain</i> Pengujian <i>Peeling</i> . a) <i>Adhesive Epoxy</i> . b) Getah Karet. c) Getah Nangka. d) Getah Sukun	48
Gambar 4.7 Distribusi Perekat Spesimen Pengujian <i>Peeling</i> . a) <i>Adhesive Epoxy</i> . b) Getah Karet.	50
Gambar 4.8 Distribusi Perekat Spesimen Pengujian <i>Peeling</i> . a) Getah Nangka. b) Getah Sukun	51
Gambar 4.9 Nilai Kekuatan <i>Peeling</i> dan <i>Shearing</i> pada Variasi <i>Bio Based Adhesive</i>	52



DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran	Judul
Lampiran 1	Data Hasil Pengujian Geser (<i>Shearing Test</i>)
Lampiran 2	Data Hasil Pengujian <i>Peeling</i> (<i>Peeling Test</i>)



RINGKASAN

Muhammad Fadlurahman, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Pengaruh Variasi Bio Based Adhesive terhadap Kekuatan Peeling dan Shearing Kayu Pinus pada Adhesive Joint*, Dosen Pembimbing : Khairul Anam dan Moch. Syamsul Ma'arif

Teknik penyambungan telah banyak dilakukan untuk menyambung atau menyatukan dua material baik logam logam maupun non logam. Salah satu teknik penyambungan dua material ialah *adhesive joint*. *Adhesive joint* merupakan teknik penyambungan dengan menggunakan temperatur rendah yang dimana dibutuhkan perekat polimer. Perekat sendiri terdiri dari berbahan alam dan sintetis. Penggunaan bahan-bahan sintetis sangat mencemari lingkungan, ketersediannya semakin terbatas dan semakin mahal. Pada penelitian ini dilakukakn investigasi mengenai pengaruh variasi *bio based adhesive* terhadap kekuatan *peeling* dan *shearing* kayu pinus pada *adhesive joint*. Metode yang dilakukan adalah metode eksperimental dan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan *peeling* dan *shearing* adalah pengujian *peeling* dan *shearing*. Variasi *bio based adhesive* yang diujikan adalah getah pohon karet, nangka dan sukun. Nantinya *adhesive joint* berbahan *bio based adhesive* ini akan dibandingkan dengan *adhesive* sintetis adalah epoxy. Pengujian *peeling* dan *shearing* menggunakan ketebalan *adhesive* $\pm 0,1$ mm dan kecepatan pembebanan yang terkontrol sebesar 1 mm/min. Pada kekuatan *peeling* dan *shearing* hasil tertinggi didapat *bio based adhesive* berbahan getah pohon karet, lalu getah pohon nangka dan sukun. Jika dibandingkan dengan *adhesive* sintetis, epoxy, memiliki kekuatan paling tinggi dibandingkan *bio based adhesive* pada penelitian ini. Namun *bio based adhesive* memiliki keunggulan lama sambungan yang lama dan ketersediannya yang melimpah dibandingkan *adhesive* sintetis. Pengaruh *bio based adhesive* pada *adhesive joint* dikarenakan *adhesive joint* memiliki kemampuan ikat antar permukaan melalui karakteristik seperti kandungan polimer dan viskositas masing-masing getah. Patahan yang terjadi pada spesimen adalah patahan campuran, dimana terjadi patah *adherent*, *adhesive*, dan juga *cohesive* yang membuktikan bahwa kekuatan *adhesive* dan *adhesive* serta *adhesive* dan *adherent* sama kuat.

Kata Kunci : *Adhesive joint, Bio Based Adhesive, Peeling Strength, Shearing Strength*

SUMMARY

Muhammad Fadlurahman, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2018, *Effect of Variations of Bio-Based Adhesive Peeling and Shearing Strength terhadap pine wood in Adhesive Joint*, Supervisor: Khairul Anam and Moch. Syamsul Ma'arif

Joining technique has been widely applied to connect or integrate two materials both metals and non-metals. One of the joining technique to integrate two materials is adhesive joint. Adhesive joint is a type of joining techniques that uses low temperature where adhesive polymer is needed. Adhesive itself is classified into natural and synthetic material. The utilization of synthetic material itself is very harmful to the environment, the availability is becoming more limited and is becoming more expensive. The study is done to investigate the effect of variation of bio-based adhesive to the peeling and shearing strength of the pine wood on the adhesive joint. The method used in the study is the experimental methods and the type of testing conducted to determine the peeling and shearing strength is peeling and shearing test. The tested bio-based adhesive variations are rubber tree sap, jackfruit and breadfruit. Subsequently, the adhesive made from bio-based adhesive joint will be compared with the synthetic adhesive counterpart, that is epoxy. The peeling and shearing test uses ± 0.1 mm of adhesive thickness and a controlled loading speed of 1 mm / min. The highest peeling and shearing strength obtained in sequence is bio-based adhesive made from the sap of rubber trees followed by jackfruit and breadfruit tree sap. Compared with synthetic adhesive counterpart, the epoxy still has the highest strength. However, bio-based adhesive has an advantage of a durable connection time and has an abundance in quantity over synthetic adhesive. Effect of bio-based adhesive on the adhesive joint because the adhesive joint has bonding capability between material's surfaces through characteristics such as polymer content and viscosity of each sap. Fracture occurring in the specimen is a mix fracture, where adherent, adhesive and cohesive fractures occur, indicating that the strength of adhesive and adhesive and adhesive and adherent is equally strong.

Keywords : Adhesive joint, Bio-Based Adhesive, Peeling Strength, Shearing Strength

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri material, penggabungan dua buah lapisan atau lebih, diperlukan untuk mendapatkan ketebalan material yang diinginkan ketika adanya keterbatasan bahan baku. *Joining* adalah proses produksi berupa penggabungan dua buah material atau lebih untuk mendapatkan suatu produk yang diinginkan. Proses penggabungan ini dapat berupa pengelasan, mematri, soldering, pengelingan, perekatan dengan *adhesive*, penyambungan dengan baut dan lain-lain. (Edward. M. Patrie, 2007) Pemilihan metode yang sesuai dapat menghemat waktu maupun biaya produksi. Setiap metode *joining* memiliki keunggulan masing masing baik dari segi waktu maupun biaya produksi. Selain itu faktor keramahan terhadap lingkungan juga menjadi salah satu pertimbangan dalam faktor produksi. Oleh sebab itu diperlukan metode penyambungan dengan biaya yang relatif murah, cepat serta ramah lingkungan untuk mewujudkan tantangan tersebut.

Perekatan (*adhesion*) didefinisikan sebagai suatu keadaan atau kondisi ikatan dimana dua permukaan menjadi satu karena adanya gaya-gaya pengikat antar permukaan. Gaya-gaya ini merupakan gaya ikatan yang dikenal dalam teori molekul dapat berupa gaya valensi atau gaya ikatan ion dan gaya saling mencengkeram antara perekat dengan bahan direkat atau *interlocking forces* (Prayitno, 1996). Bahan perekat sendiri terbagi menjadi perekat berbahan alam dan sintetis. Perekat berbahan sintetis memiliki keuntungan tahan lama dalam kemasan dan daya rekat yang sangat kuat. Dibalik keuntungan penggunaan *adhesive* sintetis, kelemahannya terletak pada sifat bahan penyusunnya yang berupa polimer sintetis. Polimer sintetis umumnya tidak dapat terurai di dalam tanah. Polietilena dan polipropilena dapat tersisa setelah beberapa tahun dibuang (Petrie E. M., 2007). Maka dari itu anjuran FAO (*Food and Agriculture Organization*) kepada dunia industri dengan dikeluarkannya “*International Year of Natural Fibres 2009 (IYNF 2009)*” oleh FAO pada tanggal 20 Desember 2006. FAO menganjurkan agar mulai tahun 2009 dunia industri sudah menggunakan bahan baku yang ramah lingkungan dan mudah terdegradasi, khususnya material alami.

Beberapa investigasi sudah banyak dilakukan dalam 30 tahun terakhir untuk mengetahui pengaruh dari *bio based adhesive* terhadap kekuatan mekanik pada *adhesive joint*. Eksani (2017) melakukan penelitian mengenai getah pohon kudo (*Lannea coromandelica*) sebagai

perekat di industri kerajinan. Sifat-sifat fisis perekat dari getah blendok atau getah pohon Kudo (*Lannea coromandelica*) yang meliputi viskositas dan pH memenuhi persyaratan SNI 06-6049-1999 perekat PVAc. Sedangkan sifat-sifat mekanisnya yang meliputi kuat rekat dan delaminasi, sebanding dengan perekat sintetis yang biasa digunakan di industri kerajinan. Luqman Musa (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh *hybrid tackifiers* terhadap viskositas, kekuatan *peel*, dan geser pada getah karet alam dan *epoxy* berbasis getah karet alam. Penelitian tersebut menghasilkan viskositas dan kekuatan geser dari tiga bahan tersebut mengalami penurunan dengan penambahan konsentrasi gum rosin. Dengan penambahan konsentrasi gum rosin menyebabkan penurunan viskositas untuk kesemua bahan akibat adanya proses *plasticizing*. Kekuatan geser dan *peel* menurun seiring dengan penambahan gum rosin. Pada penelitian ini dapat diurutkan dari tertinggi ialah *adhesive* SMR Grade L dengan konsentrasi 60phr, kemudian ENR 25 dan ENR 50 pada konsentrasi 40 phr getah karet.

Dari penelitian sebelumnya dapat diketahui bahan *bio based adhesive* memiliki peluang untuk dijadikan perekat. Dimana penelitian dari Luqman Musa (2015) dengan semakin penambahan konsentrasi bahan-bahan kimia yang semakin tinggi pada *bio adhesive* maka akan menurunkan kekuatan rekatannya. Sedangkan *bio based adhesive* langsung pakai menghasilkan kekuatan yang telah memenuhi standar industri. Oleh karena itu pemanfaatan *bio adhesive* murni perlu dikembangkan lebih lanjut terutama sebagai perekat barang-barang yang mudah dibentuk seperti *furniture indoor*.

Berdasarkan latar belakang di atas maka pengaruh jenis-jenis *bio based adhesive* terhadap kekuatan mekanik *adhesive joint*. Tujuan dari penelitian ini untuk membandingkan jenis *bio based adhesive* yang paling baik untuk mengoptimalkan *adhesive joint*. *Bio based adhesive* yang dibandingkan adalah getah pohon nangka, pohon karet dan getah pohon sukun yang direkatkan pada material kayu. Pengujian yang dilakukan yaitu *peeling test* dan *shearing test*. Diharapkan dalam penelitian ini dapat sebagai bahan dasar alternatif perekat sintetis dan perekat yang memenuhi kebutuhan pasar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh *adhesive* terhadap kekuatan *peeling* pada sambungan *adhesive* kayu pinus dengan memvariasikan jenis *bio-based adhesive*?

2. Bagaimana pengaruh *adhesive* terhadap kekuatan *shearing* pada sambungan *adhesive* Kayu pinus dengan memvariasikan jenis *bio-based adhesive*?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak melebar dan lebih teratur maka perlu diberikan batasan masalah. Batasan masalah penelitian ini yaitu:

1. Tidak membahas komposisi kimia masing-masing *bio based adhesive*.
2. Kayu pinus yang digunakan diasumsikan tidak dimakan rayap dan dalam kondisi kering.
3. Pemberian lem dianggap terdistribusi merata.
4. Temperatur dan kelembapan selama proses pembuatan spesimen dan pengujian dianggap konstan atau sesuai dengan kondisi laboratorium.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh *adhesive* terhadap kekuatan *peeling* sambungan *adhesive* pada kayu pinus dengan memvariasikan jenis *bio-based adhesive*.
2. Untuk mengetahui pengaruh *adhesive* terhadap kekuatan *shearing* sambungan *adhesive* pada kayu pinus dengan memvariasikan jenis *bio-based adhesive*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan terobosan baru untuk membuat suatu sambungan benda yang baik, selain hanya menggunakan perekat kimia, las, paku keeling, dan lain-lain.
2. Memberikan informasi pemanfaatan maksimal pada sumber daya alam yang sering dijumpai.
3. Sebagai salah satu metode penyambungan baru dalam penyambungan dua material dan relatif mudah dilakukan.
4. Dapat menjadi referensi dan sumber literatur pengembangan penelitian dibidang industri selanjutnya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Eksani (2017) melakukan penelitian mengenai getah pohon kudo sebagai perekat di industri kerajinan. Sifat-sifat fisis perekat dari getah *blendok* atau getah pohon Kudo (*Lannea coromandelica*) yang meliputi viskositas dan pH memenuhi persyaratan SNI 06-6049-1999 perekat PVAc. Sedangkan sifat-sifat mekanisnya yang meliputi kuat rekat dan delaminasi, sebanding dengan perekat sintetis yang biasa digunakan di industri kerajinan. Dimana getah pohon kudo memiliki sifat fisis dan sifat mekanis (kekuatan tekan dan delaminasi) yang telah dijelaskan maka perekat dari getah *blendok* atau getah pohon Kudo (*Lannea coromandelica*) dapat digunakan sebagai alternatif perekat untuk pembuatan barang kerajinan.

Raharjo dan Ariawan (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi *adhesive* terhadap kekuatan bending komposit cantula dengan *core honeycomb* kardus tipe *c-flute*. *Adhesive* yang digunakan adalah 157 BQTN EX, LP 1Q EX, FW21 EXL dan Versamid 140. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian bending. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa variasi penggunaan *adhesive* berpengaruh pada kekuatan bendingnya. *Adhesive* berperan sebagai pembangun ikatan yang baik antara *skin* dan *core*, sehingga distribusi beban yang diterima oleh *core* dapat berjalan sempurna. Transfer beban yang sempurna akan diikuti dengan meningkatnya performa komposit secara keseluruhan.

Luqman Musa (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh *hybrid tackifiers* terhadap viskositas, kekuatan *peel*, dan geser pada getah karet alam dan *epoxy* berbasis dasar getah karet alam. Bahan *adhesive* yang digunakan Standard Malaysia Rubber (SMR L Grade), *Epoxidized Natural Rubber* (ENR) 25, dan ENR 50. Penelitian tersebut menghasilkan viskositas dan kekuatan geser dari 3 bahan tersebut mengalami penurunan dengan penambahan konsentrasi gum rosin. Dikarenakan efek proses *plasticizing* menurunkan kekuatan perekat untuk menahan gaya geser. Sementara untuk kekuatan *peel* tertinggi ialah *adhesive* SMR Grade L dengan konsentrasi 60phr, sedangkan ENR 25 dan ENR 50 memiliki kekuatan *peel* pada konsentarsi 40 phr getah karet.

Herminiwati (2008) meneliti tentang lem komponen karet untuk sepatu kulit yang dibuat dengan proses vulkanisasi. Bahan yang digunakan tackifier coumaron resin dengan konsentrasi 5, 10, dan 15 phr. Pengujian dilakukan dengan *peeling test* dan viskositas.

Hasil dari penelitian ini bahwa lem dengan pengaruh coumaron resin dengan konsentrasi 10 phr memiliki kekuatan peel tertinggi sebesar 1553 g/cm dan viskositas lem sebesar 2250 cp.

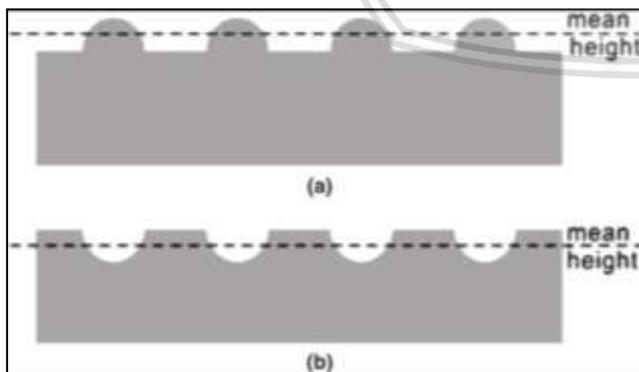
Susilowati (2013) meneliti tentang pemanfaatan lignin dari limbah kulit buah kakao menjadi perekat. Pengujian dilakukan dengan cara eksperimental. Bahan yang digunakan adalah LPF (*Lignin Phenol Formaldehid*), LRF (*Lignin Resorsinol Formaldehid*), dan perekat komersial sebagai pembandingan. Hasil uji daya rekat pada perekat komersial adalah $3,65 \text{ kg/cm}^2$, pada LRF $3,42 \text{ kg/cm}^2$, dan pada LPF $0,15 \text{ kg/cm}^2$. Hal ini mengindikasikan bahwa perekat dari bahan lignin limbah kakao dapat dimanfaatkan menjadi perekat.

2.2 Bonding Material

Bonding material merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menyambungkan dua buah material yang umum digunakan pada proses manufaktur. Metode *wafer bonding* merupakan bonding material yang paling banyak digunakan. Saat ini ada enam metode *wafer bonding* yang ada, yaitu : *direct bonding*, *surface activated bonding*), *glass frit bonding*, *eutectic bonding*, *thermocompression bonding*, dan *adhesive bonding*.

a. Direct Bonding

Direct bonding adalah salah satu jenis penyambungan material secara langsung tanpa menggunakan lapisan perantara. Prosesnya berdasarkan ikatan kimia diantara kedua permukaan material. *Direct bonding* memerlukan beberapa syarat, diantaranya permukaan yang bersih, rata dan halus.



Gambar 2.1 Kekasaran Permukaan Material *Direct Bonding*
Sumber : Hamayouni (2014, p.238)

Hal yang perlu diperhatikan untuk menghasilkan sambungan yang maksimal pada metode *direct bonding* adalah geometri, sifat mekanik, sifat fisik, sifat kimia, dan konduktivitas termal.

b. Thermocompression Bonding

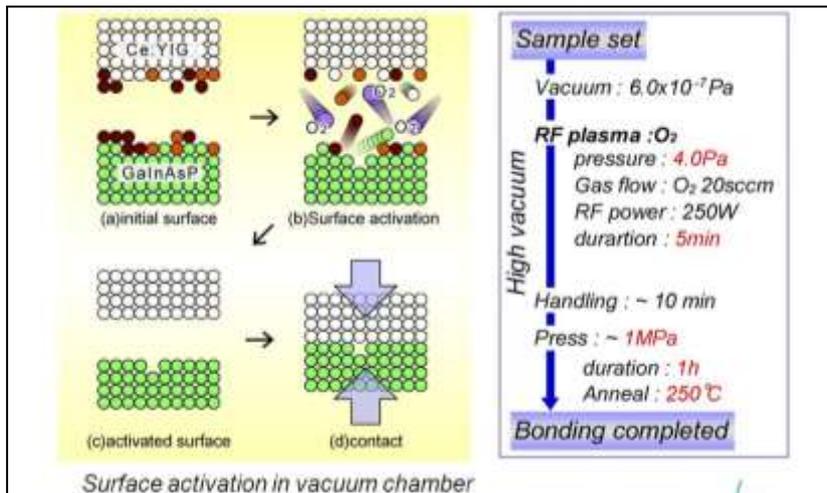
Thermocompression bonding adalah metode penyambungan logam dengan logam menggunakan energi panas dan tekanan dari suatu alat, dalam keadaan solid. Dua logam tersebut mengalami kontak dan diberi panas serta tekanan secara simultan, sehingga terjadi difusi atom.

Dalam *thermocompression bonding*, ada dua faktor yang mempengaruhi hasil dari sambungan, yaitu tekanan penyambungan dan temperatur penyambungan. Tekanan penyambungan mempengaruhi kekuatan sambungan, dimana semakin tinggi tekanan penyambungan akan meningkatkan kekuatan sambungan. Temperatur juga mempengaruhi kekuatan sambungan, dimana semakin tinggi temperatur maka akan semakin tinggi kekuatan sambungan. Namun pada setiap material memiliki batas optimal tekanan dan temperatur penyambungan, apabila terlalu tinggi temperatur ataupun tekanan maka dapat merusak material dan kualitas sambungan semakin menurun.

c. Surface Activated Bonding

Surface activated bonding merupakan metode penyambungan dengan teknologi pembersihan atom dan permukaan yang telah teraktivasi. Sambungan ini juga tanpa menggunakan lapisan tambahan dan dalam temperatur kamar. Sambungan ini memerlukan permukaan yang bersih secara atomik, yaitu keadaan dimana atom penyusun material bebas dari kontaminasi dari atom lain seperti oksida.

Untuk mengaktivasi serta membersihkan permukaan secara atom, digunakan *fast atom bombardment*, yaitu menembakkan sinar energi tinggi ke permukaan untuk menghasilkan ion. *Fast atom bombardment* dilakukan di ruang *ultra-high vacuum*. Permukaan yang telah bersih dari kontaminasi dan oksida akan memiliki permukaan yang aktif dan mudah bereaksi sehingga harus tetap dijaga kebersihannya hingga proses penyambungan selesai. Proses *surface activated bonding* dapat digunakan dalam penyambungan silicon, tembaga dan aluminium.



Gambar 2.2 Surface Activated Bonding
Sumber : Hamayouni (2014, p.241)

d. Glass Frit Bonding

Glass frit bonding adalah metode penyambungan dua buah material menggunakan lapisan perantara dari bahan kaca. Proses ini memanfaatkan titik leleh kaca yang rendah. Proses ini digunakan secara luas dalam pembuatan *Micro Electro Mechanical System* (MEMS).

Metode *glass frit bonding* memanfaatkan titik leleh kaca yang rendah. Selain itu viskositas kaca akan menurun ketika temperaturnya dinaikkan. Aliran *viscous glass* akan mengisi dan meniadakan permukaan yang tidak datar serta menyesuaikan permukaan yang kasar selama proses deposit.

Keunggulan dari metode *glass frit bonding* adalah tegangan rendah akibat suhu pemanasan yang rendah, tidak ada potensi listrik, dapat digunakan pada permukaan yang tipis, dapat digunakan pada permukaan yang kasar, dan memiliki keandalan serta kestabilan dalam penguncian.

e. Eutectic Bonding

Eutectic bonding merupakan salah satu metode penyambungan dengan menggunakan lapisan logam paduan tambahan diantara material yang akan disambungkan. Logam paduan yang dijadikan lapisan perantara akan menghasilkan *eutectic system* yaitu keadaan dimana seluruh logam penyusun paduan dengan rasio tertentu akan melebur. Cara kerja dari eutectic bonding adalah dengan memanaskan paduan pada temperatur dan komposisi tertentu hingga meleleh.

f. *Adhesive Bonding*

Adhesive bonding adalah metode penyambungan dengan menggunakan lapisan perantara untuk menyambungkan dua buah material. *Adhesive* secara komersial didapatkan dalam jenis organik dan anorganik. *Adhesive bonding* tidak memerlukan perlakuan pembersihan dan perataan permukaan yang berlebihan dan dapat dilakukan dalam suhu kamar. Selain itu *adhesive bonding* memiliki kelebihan dapat dilakukan dalam temperatur rendah, dan tanpa memerlukan arus dan tegangan listrik.

2.3 Kayu Pinus

Pohon pinus merupakan tanaman pohon yang sering dijumpai di daerah dataran tinggi berhawa sejuk. Pohon ini mempunyai daun lebat dan berbentuk seperti jarum. Bila dilihat secara sekilas, pohon ini berbentuk kerucut dengan batang pohon yang berkulit kasar dan mempunyai sistem perakaran yang dalam dan kuat. Pinus diketahui dapat tumbuh dimana saja, akan tetapi lahan tumbuh yang paling baik adalah pada ketinggian antara 400-1500 meter di atas permukaan laut.

Kayu pinus ini juga bisa disebut kayu jati belanda. Kayu ini disebut Jati Belanda atau Jati Londo (jawa) karena kayu ini adalah kayu bekas peti-peti pengemas barang-barang impor yang sebagian besar diangkut kapal laut yang kebanyakan di import dari Negara Eropa. Dan kemudian orang Indonesia lebih akrab disebut Jati Belanda atau Jati Londo (jawa) atau kayu bekas peti kemas atau kayu pallet.



Gambar 2.3 Kayu Pinus

Sumber : Yana Sumarna (2011)

Jenis kayu pinus adalah salah satu jenis kayu yang sangat diminati sebagai bahan dasar *furniture* atau dekorasi ruangan karena harganya yang relatif murah. Kayu ini adalah kayu bekas peti-peti pengemas barang-barang *import*, dimana pinus ini juga berkualitas *import*. Daya tarik lain dari kayu jati belanda ini adalah terletak pada alur serat atau urat kayu yang

menonjol, berwarna cerah (cenderung putih kekuning-kuningan) dan bertekstur halus sehingga terlihat lebih cantik jika di banding dengan tekstur kayu lainnya. Disamping itu, Kayu pinus memiliki berat lebih ringan berbeda dengan kayu jati jawa atau kayu lainnya yang jauh lebih keras dan lebih berat.

Karakteristik lain dari kayu pinus adalah cukup lunak sehingga mudah pengolahan atau membentuknya. Penggunaan kayu pinus dianjurkan apabila bermaksud menggunakannya untuk kebutuhan dekorasi, dan bahan untuk *furniture-furniture* rumah tangga. Terbukti dengan tingkat permintaan yang dari waktu ke waktu ternyata semakin meningkat. Dan penggunaan kayu pinus ini tidak dianjurkan untuk membuat barang-barang yang bersentuhan dengan air ataupun cairan lainnya secara langsung. Karena kayu jati jenis ini tidak terlalu rapat atau padat. Selain itu kayu pinus merupakan kayu bekas atau kayu limbah, maka penggunaan jenis kayu ini dapat memberikan nilai lebih untuk Bumi. Dengan menggunakan kayu pinus atau jati belanda, maka jenis kayu ini mendukung program *go green*.

Ditinjau dari sifat fisiknya, kayu jati belanda mempunyai berat jenis 0,48 , kadar air 136,91%, penyusutan radial 3,17, penyusutan tangential 4,77 , penyusutan volumetris 7,89 , modulus elastisitas $70,3 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$, modulus patah $626,01 \text{ kg/cm}^2$, keteguhan tekan $274,84 \text{ kg/cm}^2$, keteguhan tarik $20,65 \text{ kg/cm}^2$ dan kekerasan $254,72 \text{ kg/cm}^2$. Untuk permeabilitas cukup berpori. (Madison dan Wisconsin, 2010)

Sifat kimia kayu jati belanda memiliki kadar selulosa 47,5%, lignin 29,9%, pentosan 14,4%, abu 1,4%, dan silika 0,4%, serta nilai kalor 5,081 kal/gram. Keawetan kayu sesuai hasil uji terhadap *Cryptotermes cynocephalus*, jamur, dan rayap tergolong kelas II. Artinya kayu tersebut dapat terserang rayap dalam kapasitas rendah dengan kondisi kayu yang dipengaruhi oleh umur pohon, semakin tua semakin sulit terserang rayap. Keawetan kayu dapat diusahakan dengan peleburan Carbolineum dan NaF. (Yana Sumarna, 2011)

2.4 Adhesive

Adhesive adalah material yang diaplikasikan pada permukaan adheren untuk menggabungkan kedua adheren tersebut secara permanen oleh ikatan *adhesive* (Ebnesajjad,2008). *Adhesive* merujuk pada kondisi dimana dua benda yang terpisah digabungkan menjadi satu oleh kontak antar muka sehingga gaya dapat diteruskan pada kedua benda. Kekuatan mekanis sambungan tidak hanya ditentukan oleh gaya antarmuka, namun juga oleh sifat mekanik dari antarmuka benda.

Perekatan sendiri adalah keadaan dimana dua permukaan saling berpegangan melalui tenaga antar permukaan, yang mungkin gaya valensi, gerakan saling mengunci (*interlocking action*), atau keduanya. Gaya valensi adalah gaya ketertarikan yang dihasilkan oleh interaksi dari atom-atom, ion-ion dan molekul-molekul yang terdapat di dalam dan pada permukaan dari baik perekat maupun yang direkat. Gerakan saling mengunci juga disebut pengikatan mekanik, artinya permukaan saling berpegangan oleh suatu perekat yang telah menembus permukaan yang berpori ketika masih cair, kemudian menjangkar sendiri selama dalam pemadatan. (Lempang, 2016)

Pengunci mekanik adalah suatu mekanisme utama dimana perekat menempel pada struktur yang berpori, seperti kayu. Untuk merekatkan dua buah kayu dengan kekuatan maksimum, cairan perekat harus basah dan menyebar merata untuk membuat kontak yang mendalam pada kedua permukaan. Molekul dari bahan perekat harus berdifusi di atas dan ke dalam setiap permukaan agar kontak dengan struktur molekul kayu, sehingga gaya antar molekul pada ikatan antar perekat dengan kayu menjadi efektif. Proses perekatan baru menjadi sempurna setelah perekat berubah dari bentuk cair ke padat. (Lempang, 2016)

Macam-macam *adhesive* menurut bahan dasarnya, dibagi menjadi 2 :

a. *Natural Adhesive*

Perekat alami terbuat dari sumber organik seperti pati sayuran (dekstrin), resin alami, atau hewan (misalnya kase protein susu dan perekat hewan). Ini sering disebut sebagai *bioadhesives*. (Jouan,2018)

b. *Synthetic Adhesive*

Perekat sintetis didasarkan pada elastomer, termoplastik, emulsi, dan termoset. Contoh-contoh perekat termoset adalah: polimer epoksi, poliuretana, sianoakrilat dan akrilik. Perekat sintetis pertama yang diproduksi secara komersial adalah Karlsons Klister pada tahun 1920-an. (Schultz,2011)

2.5 *Natural Adhesive*

2.5.1 **Pohon Nangka**

Menurut Ruhmana (1997), kedudukan taksonomi tanaman Nangka adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub-divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>

Ordo : *Morales*
 Famili : *Moraceae*
 Genus : *Artocarpus*
 Spesies : *Artocarpus heterophyllus* Lamk.



Gambar 2.4 Bentuk Pohon dan Buah Nangka
 Sumber : Wicaksono (2013, p.3)

Nangka adalah nama sejenis pohon, sekaligus buahnya. Pohon Nangka termasuk ke dalam suku *Moraceae*. Nama ilmiah dari Nangka yaitu *Artocarpus heterophyllus*. Daging buah yang sesungguhnya adalah perkembangan dari tenda bunga, berwarna kuning keemasan apabila masak, berbau harum manis yang keras, berdaging terkadang berisi cairan (nektar) yang manis. Biji berbentuk bulat lonjong sampai jorong agak gepeng, panjang 2-4 cm, berturut-turut tertutup oleh kulit biji yang tipis coklat seperti kulit, endokarp yang terlihat keras keputihan, dan eksokarp yang lunak. Keping bijinya tidak setangkup. Nangka tumbuh dengan baik di iklim tropis sampai lintang 250 utara maupun selatan. Tanaman ini menyukai wilayah dengan curah hujan lebih dari 1500 mm/tahun di mana musim keringnya tidak terlalu keras. Nangka kurang toleran terhadap udara dingin, kekeringan dan penggenangan.

Seluruh bagian tumbuhan mengeluarkan getah putih pekat apabila dilukai. Getah Nangka mengandung polimer. Polimer bersifat kenyal yang merupakan ciri khas dari getah. Polimer yang terkandung dalam getah Nangka adalah poliisoprena dan polisakarida. Poliisoprena merupakan karet alam sedangkan polisakarida merupakan polimer yang tersusun dari molekul gula yang terangkai menjadi rantai yang panjang serta dapat bercabang-cabang (Inas, 2016).



Gambar 2.6 Bentuk Pohon dan Buah Sukun
Sumber : Syamsuhidayat (2015)

Sukun merupakan suatu jenis tumbuhan yang tumbuh di daerah tropik. Tanaman ini tumbuh baik di daerah basah, tetapi juga dapat tumbuh di daerah yang sangat kering asalkan ada air tanah dan aerasi tanah yang cukup (Gambar 2.5). Di musim kering, di saat tanaman lain tidak dapat atau merosot produksinya, justru sukun dapat tumbuh dan berbuah dengan lebat (Ramadhani, 2009).

Tanaman sukun memiliki khasiat terapeutik pada beberapa bagian diantaranya; bagian bunga dapat digunakan sebagai obat sakit gigi, kulit kayu dapat digunakan untuk mencairkan darah bagi wanita setelah melahirkan, sedangkan pada bagian daun dapat digunakan untuk mengobati penyakit kulit, jantung, ginjal maupun digunakan sebagai obat radang (Sulistyaningsih, 2009).

Daun sukun memiliki kandungan kimia antara lain saponin, polifenol, tanin, asam hidrosianat, asetilkolin, riboflavin sedangkan kulit batangnya mengandung flavonoida. Daun sukun yang telah kuning mengandung fenol, kuersetin dan kamferol (Depkes RI, 1979).



Gambar 2.7 Struktur Kimia Getah Pohon Sukun
Sumbe : Sulistyaningsih, 2009

Ikatan C-C di dalam rantai polimer sukun dapat berubah sudut ikatannya karena pengaruh fisik dari luar. Molekul-molekul yang panjang di alam pada umumnya tidak lurus tetapi melingkar seperti spiral. Hal ini memberikan sifat fleksibel, dapat ditarik (pada batas-batas tertentu) atau ditekan dan sifat lentur (Mark, J.E. and Burak Erman. 2005).

Perekat Sukun hasil penelitian mempunyai pH 8, sesuai dengan persyaratan SNI 06-6049-1999 yang berkisar 3-8. Nilai pH yang rendah akan memperpanjang umur simpan dari perekat tersebut karena bakteri tidak dapat hidup dalam suasana asam (Sulistyanto, dkk, 2015) namun, pH yang terlalu rendah akan memperlambat proses curing (pengerasan perekat) dan akan merusak kayu atau bahan yang direkatkan (Ruhendi, 2008).

Menurut Ruhendi (2000) dalam Widiyanto (2011) viskositas perekat mempengaruhi kemampuan penetrasi perekat dan pembasahan oleh perekat. Semakin kecil viskositas perekat maka semakin besar pula kemampuan perekat untuk mengalir, berpindah dan mengadakan penetrasi serta pembasahan. Hasil penelitian ini viskositas getah pohon sukun telah memenuhi SNI yaitu 1,5 poise dengan persyaratan nilai viskositas perekat menurut SNI 06-6049-1999 adalah minimal 1 poise.

2.5.3 Pohon Karet

Tanaman karet termasuk dalam famili Euphorbiacea, disebut dengan nama lain rambung, getah, gota, kejai ataupun havea. Klasifikasi tanaman karet adalah sebagai berikut:

Devisio	: <i>Spermatophyta</i>
Subdevisio	: <i>Angiospermae</i>
Klas	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Euphorbiales</i>
Famili	: <i>Euphorbiaceae</i>
Genus	: <i>Havea</i>
Spesies	: <i>Havea brasiliensis</i>



Gambar 2.8 Penyadapan Getah Karet pada Pohon Karet
Sumber : Purwanta (2008)

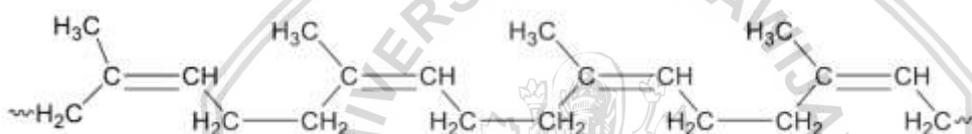
Tanaman karet (*Hevea Brasiliensis*) merupakan tanaman perkebunan yang bernilai ekonomis tinggi. Tanaman tahunan ini dapat disadap getah karetnya pertama kali pada umur tahun ke-5. Dari getah tanaman karet (lateks) tersebut bisa diolah menjadi lembaran karet (*sheet*), bongkahan (*kotak*), atau karet remah (*crumb rubber*) yang merupakan bahan baku industri karet. Kayu tanaman karet, bila kebun karetnya hendak diremajakan, juga dapat digunakan untuk bahan bangunan, misalnya untuk membuat rumah, *furniture* dan lain-lain (Purwanta, 2008).

Karet merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Latin, khususnya Brasil. Sebelum dipopulerkan sebagai tanaman budidaya yang dikedirikan secara besar-besaran, penduduk asli Amerika Selatan, Afrika, dan Asia sebenarnya telah memanfaatkan beberapa jenis tanaman penghasil getah. Karet masuk ke Indonesia pada tahun 1864, mula-mula karet ditanam di kebun Raya Bogor sebagai tanaman koleksi. Dari tanaman koleksi karet selanjutnya dikembangkan ke beberapa daerah sebagai tanaman perkebunan komersial (Setiawan dan Andoko, 2005).

Prospek industri karet masih terbuka luas sejalan dengan bergesernya konsumsi karet dunia dari Eropa dan Amerika ke Asia. Untuk itu, industri karet harus mampu memproduksi maksimal apalagi pasokan karet domestik semakin besar pascapembatasan ekspor. Indonesia memiliki areal karet paling luas di dunia, yaitu 3,4 juta ha dengan produksi karet per tahun 2,7 juta ton. Meski begitu, produktivitasnya hanya 1,0 ton/ha, lebih rendah daripada Malaysia (1,3 ton/ha) dan Thailand (1,9 ton/ha). Produksi karet di Indonesia, Thailand, dan Malaysia berkontribusi 85% dari total produksi dunia. Namun, Indonesia memiliki kesempatan paling besar untuk memimpin industri karet dunia. Harga karet dunia saat ini masih mengalami tekanan akibat turunnya permintaan. Oleh karena itu, tiga negara utama

produsen karet alam bersepakat menahan penurunan harga dengan mengurangi ekspor sejak Agustus lalu. Artinya pasokan karet di dalam negeri akan semakin melimpah (Kemenperin, 2012).

Karet alam termasuk ke dalam kelompok elastomer yang berpotensi besar dalam dunia perindustrian. Struktur molekulnya berupa jaringan (*network*) dengan berat molekul tinggi dan dengan tingkat kristalisasi yang relatif tinggi, sehingga mampu menyalurkan gaya-gaya bahkan melawannya jika dikenai beban statis maupun dinamis. Hal ini menyebabkan karet alam memiliki kuat tarik (*tensile strength*), daya pantul tinggi (*rebound resilience*), kelenturan (*flexing*), daya cengkeram yang baik, kalor timbul yang rendah (*heat build up*), elastisitas tinggi, daya lekat, daya redam, dan kestabilan suhu yang relatif baik (*bursting*). Sifat-sifat unggul ini menyebabkan karet alam banyak digunakan untuk barang-barang industri terutama ban.



Gambar 2.9 Struktur Karet Alam Poliisoprena
Sumber : Mark, J.E. and Burak Erman. 2005

Lateks mempunyai bentuk ruang cis-1,4-poliisoprena seperti yang ditunjukkan pada Gambar diatas. Bentuk ruang cis ini membuat adanya sifat elastis pada lateks karenan susunan ruangnya yang teratur. Dengan demikian perekat berbasis Lateks Karet Alam (LKA) ini mempunyai daya lengket yang baik (Istihanah Nurul Eksani, 2017)

Menurut Widiyanto (2011) viskositas menunjukkan kemampuan perekat untuk mengalir dari suatu permukaan ke permukaan yang lain pada kayu yang direkat untuk dapat membentuk suatu lapisan yang kontinu, menyebar merata pada seluruh permukaan. Viskositas getah pohon karet telah memenuhi SNI yaitu 3 poise dengan persyaratan nilai viskositas perekat menurut SNI 06-6049-1999 adalah minimal 1 poise.

Lateks yang diperoleh dari hasil sadapan mempunyai pH 6,5. Supaya tidak terjadi pengumpalan, pH yang mendekati netral tersebut harus diturunkan sampai 4,7. Pada kemasaman ini tercapai titik isoelektris atau keseimbangan muatan listrik pada permukaan partikel partikel karet, sehingga partikel partikel karet tersebut dapat menggumpal menjadi satu. Nilai pH yang rendah akan memperpanjang umur simpan dari perekat tersebut karena bakteri tidak dapat hidup dalam suasana asam. Penurunan pH ini terjadi dengan membubuhi asam semut 1% atau asam cuka 2% ke dalam lateks yang telah diencerkan (Luqman, 1985).

Karet alam dikenal sebagai elastomer yang memiliki sifat lunak tetapi cukup kenyal sehingga akan kembali ke bentuknya semula setelah diubah-ubah bentuk. Perlakuan secara kimia terhadap karet alam menggambarkan jenis proses yang digunakan untuk memperbaiki sifat polimer.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Karet Alam

Bahan	Kadar (%)
Hidrokarbon karet	93,7
Fosfolipid, lemak	2,4
Glikolipid	1,0
Protein	2,2
Karbohidrat	0,4
Bahan-bahan organik	0,2
Lain-lain	0,1

Sumber : Tanaka (1998)

Akan tetapi, karet alam juga memiliki kelemahan. Karet alam merupakan hidrokarbon tidak polar dengan kandungan ikatan tidak jenuh yang tinggi di dalam molekulnya. Struktur karet alam tersebut menyebabkan keelektronegatifannya rendah, sehingga polaritasnya juga rendah. Kondisi demikian mengakibatkan karet mudah teroksidasi, tidak tahan panas, ozon, degradasi pada suhu tinggi, dan pemuaihan di dalam oli atau pelarut organik. Berbagai kelemahan tersebut telah membatasi bidang penggunaan karet alam, terutama untuk pembuatan barang jadi karet teknik yang harus tahan lingkungan ekstrim. Hal ini menyebabkan penggunaan karet alam banyak digantikan oleh karet sintetik.

2.6 Epoxy

2.6.1 Pengertian Epoxy

Epoxy adalah suatu kopolimer, yaitu terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai resin dan pengeras. Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. *Epoxy* resin paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara *epiklorohidrin* dan *bisphenol-A*, meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari *monomer*

polyamine, misalnya *Triethylenetetramine (Teta)*. Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen.

Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida, sehingga polimer yang dihasilkan sangat silang, dan dengan demikian kaku dan kuat. Proses polimerisasi disebut *curing*, dan dapat dikontrol melalui suhu, pilihan senyawa resin dan pengeras, dan rasio kata senyawanya; proses dapat mengambil menit untuk jam. Beberapa formulasi manfaat dari pemanasan selama masa penyembuhan, sedangkan yang lainnya hanya memerlukan waktu, dan suhu ambien. (Clayton A., 1987)

2.6.2 Aplikasi Epoxy

Beberapa aplikasi resin *epoxy* dalam berbagai bidang, diantaranya:

1. Perekat

Khusus *epoxy* cukup kuat untuk menahan kekuatan antara sirip papan selancar dan sirip *mount*. *Epoxy* ini tahan air. Perekat *Epoxy* adalah bagian utama dari kelas perekat disebut perekat struktural atau perekat rekayasa (yang meliputi poliuretan, akrilik, *cyanoacrylate*, dan kimia lainnya). Perekat ini kinerja tinggi digunakan dalam konstruksi pesawat terbang, mobil, sepeda, perahu, klub golf, ski, *Snowboards*, dan aplikasi lain di mana obligasi kekuatan tinggi diperlukan. *Epoxy* perekat dapat dikembangkan untuk memenuhi hampir aplikasi apapun. Mereka dapat digunakan sebagai perekat untuk kayu, logam, kaca, batu, dan beberapa plastik. Mereka dapat dibuat fleksibel atau kaku, transparan atau buram / berwarna, pengaturan cepat atau pengaturan lambat. Perekat *epoxy* lebih baik dalam ketahanan panas dan kimia dari perekat umum lainnya. *Epoxies* biasa digunakan dalam optik, serat optik, Optoelektronik, dan kedokteran gigi.

2. Seni

Epoxy resin, dicampur dengan pigmen, digunakan sebagai media lukisan, dengan menuangkan lapisan di atas satu sama lain untuk membentuk suatu gambaran yang lengkap.

3. Energi Angin aplikasi

Epoxy resin yang digunakan dalam pembuatan bilah rotor turbin angin. resin ini tertanam pada bahan inti, seperti kayu balsa atau foam, dan media penguat, seperti kain, serat gelas atau serat karbon. Proses ini disebut VARTM, yakni *Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding*. Karena sifat yang sangat baik, *epoxy* adalah resin yang paling disukai untuk komposit.

4. Risiko kesehatan

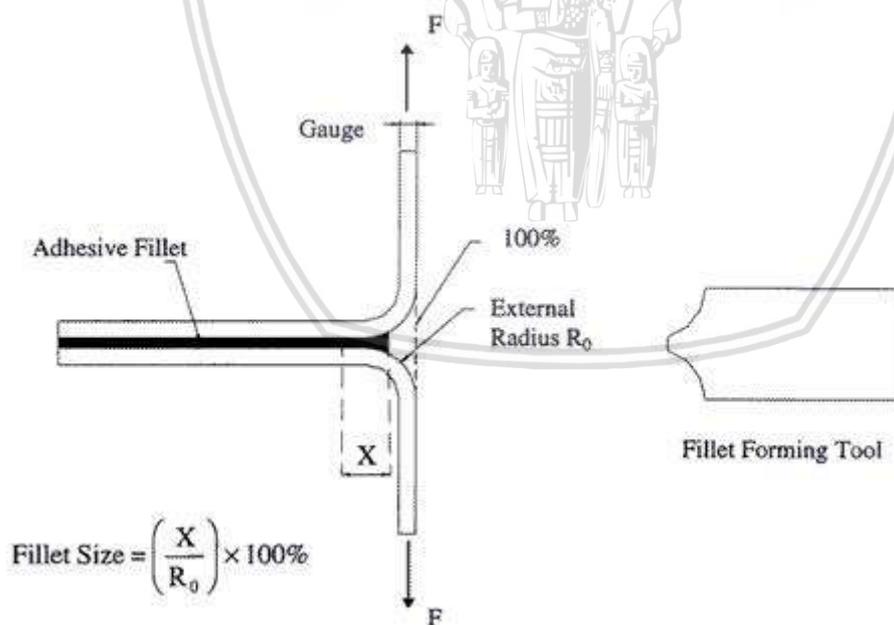
Risiko utama yang terkait dengan penggunaan *epoxy* adalah sensitisasi ke penguas yang dari waktu ke waktu, dapat menimbulkan reaksi alergi.

2.7 Metode *Peeling* dan *Shearing*

Kekuatan *adhesive* dapat diuji dengan banyak pengujian, dimana bisa digunakan untuk mengatur kekuatan adalah pengujian dengan metode *shearing* dan *peeling*. Pengujian ini bersifat merusak *adhesive* yang sudah digunakan sebagai penyambungan.

2.7.1 *Peeling* Test

Peeling merupakan suatu metode untuk menguji fleksibilitas dari *adhesive*. Bentuk spesimen yang digunakan pada *peeling* ini beda dengan pengujian tarik meskipun caranya hampir sama. *Universal tester* dapat digunakan untuk berbagai jenis metode *peeling* ini yang artinya didapatkan grafik kekuatan dari *adhesive*. *Peeling* memiliki banyak jenis, tergantung dengan bentuk spesimen dan arah pengujian dari spesimen. Metode *peeling* yang paling terkenal adalah *T-peel*. Gambar 2.7 menunjukkan pengujian *peeling* yang disebut *T-peel*.



Gambar 2.10 Spesimen *T-Peel*

Sumber : Edward. M. Patrie (2007 : 152)

Dari bermacam *peeling* test yang sering digunakan adalah *T-peel* karena cara pengujiannya dan spesimen yang digunakan lebih mudah. *T-peel* sangat cocok digunakan untuk menguji sambungan dari kayu. Cara pembuatan spesimen dan pengujiannya, spesimen

T-peel harus dibentuk menjadi 90^0 , kemudian dibutuhkan 2 spesimen untuk dilakukan penyambungan seperti gambar 2.7. Kemudian untuk pengujiannya dapat menggunakan *universal tester*, bagian yang ditarik adalah bagian yang horisontal seperti terlihat pada gambar 2.7. Kekuatan sambungan *peeling test* dapat diperoleh dari rumus :

$$\sigma_t = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

σ_t = Kekuatan Sambungan (MPa)

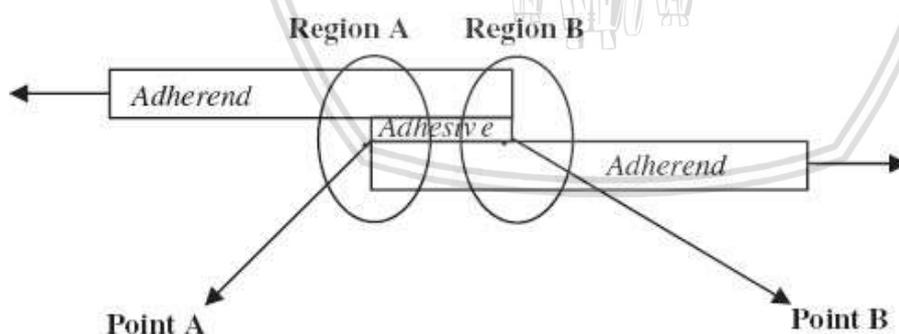
P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang *Adhesive* (mm^2)

Sumber : George Dieter (1988,7)

2.7.2 *Shearing Test*

Pengujian lain untuk mengetahui kekuatan dari *adhesive* adalah dengan menggunakan pengujian *shearing* pada sambungan tersebut. Pengujian *shearing* ini biasa disebut dengan metode *shearing*. Metode *shearing* ini sangat cocok untuk menguji material berjenis logam, non logam, plastik dan Polimer Matrix Composite. Dari pengujian ini nantinya didapat kekuatan *yield shearing* dari *adhesive*. Gambar 2.8 menunjukkan spesimen yang digunakan untuk metode *shearing*.



Gambar 2.11 Spesimen *Shearing Test*
Sumber : Edward. M. Patrie (2007 : 152)

Gambar 2.8 menunjukkan pengujian *shearing* yang disebut *single-lap*. Cara pembuatan spesimen dengan cara memotong dua spesimen yang dibutuhkan. Dua spesimen ini kemudian disambungkan dengan *adhesive*. Pada gambar 2.8 *adhesive* terlihat bagian hitam yang terletak diantara dua spesimen. Kemudian dilakukan pengujian dengan cara menarik bagian ujung spesimen yang sudah disambungkan sesuai arah pada gambar diatas.

Pengujian dilakukan dengan *universal tester*. Setelah dilakukan pengujian nantinya akan keluar hasil kekuatan *shearing* dari *adhesive* untuk dikonversikan menjadi kurva. Kekuatan sambungan *shearing* test dapat diperoleh dari rumus :

$$\tau = \frac{F}{A} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

τ = Kekuatan Sambungan (MPa)

F = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang *Adhesive* (mm²)

Sumber : George Dieter (1988,7)

2.8 Kekuatan *Peel* dan Kekuatan *Shearing*

Adhesive memiliki bermacam kekuatan mekanik yang terdapat dalam suatu sambungan. Kekuatan yang dapat diukur diantaranya adalah kekuatan *peel* dan *shearing*. Pengertian dari kedua kekuatan ini hampir sama yang membedakan adalah arah dan posisi *adhesive*.

a. Kekuatan *Peel*

Kekuatan *peel* merupakan kemampuan maksimal suatu material untuk menahan beban *peel* (sobekan) dari luar, biasanya ada pada *adhesive*. Kekuatan *peel* dapat ditentukan dengan persamaan 2.1

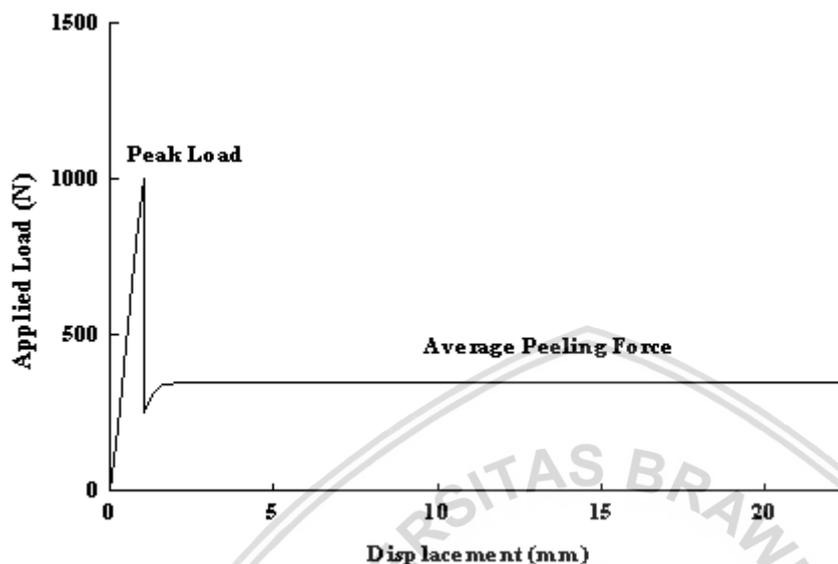
b. Kekuatan *Shearing*

Kekuatan *shearing* adalah kemampuan suatu material untuk menerima gaya *shearing* maksimum yang bekerja pada material sebelum material mengalami patah. Contoh dari kekuatan *shearing* ini adalah *single shear*. *Single shear* adalah suatu beban yang diberikan pada suatu bagian saja yang menyebabkan material yang menerimanya menjadi terbagi dua. Kekuatan *shearing* dapat ditentukan pada persamaan 2.2.

2.9 Kurva Hubungan antara *Load* dan *Displacement*

Apabila spesimen *peeling* atau *shearing* diberi beban, spesimen akan menunjukkan suatu hubungan antar *load* dan *displacement*. Hubungan ini direpresentasikan menjadi grafik hubungan antara *load* dan *displacement* (Gambar 2.9). Dari grafik dapat diketahui bahwa grafik memiliki kecenderungan meningkat kemudian turun dan konstan. Ketika grafik mengalami perpindahan (*displacement*), spesimen mengalami tarikan hingga pada suatu titik

displacement lapisan *adhesive* mengalami retak, dan setelah itu terjadi distribusi retak yang kemudian menyebabkan spesimen *adhesive* mengelupas. Besarnya gaya rata-rata selama pengelupasan disebut *average peeling force* atau *average shearing force*.



Gambar 2.12 Kurva Hubungan antara *Load* dan *Displacement*

Sumber : Edward. M. Patrie (2007 : 108)

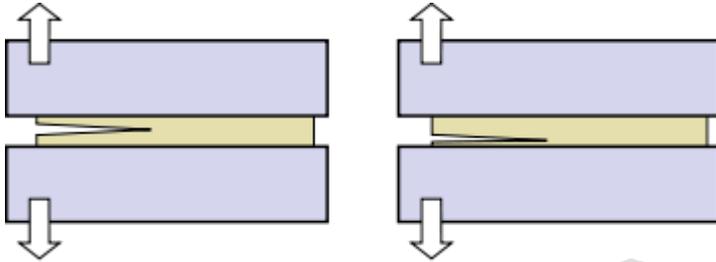
Gaya pengelupasan rata-rata yang bekerja pada sambungan *adhesive* per luas penampang merupakan kekuatan dari *adhesive* dan gaya maksimal yang menyebabkan *adhesive* retak per luas penampang *adhesive* merupakan kekuatan *peel* atau kekuatan *shearing* dari *adhesive*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan 2.1 untuk *peeling* dan 2.2 untuk *shearing*.

2.10 Kegagalan pada *Adhesive Bonding*

Perekat merupakan suatu zat yang mengikat satu sama lain sehingga dapat menolak pemisahan. Istilah perekat ini lebih dikenal untuk zat seperti lem, semen, getah dan pasta. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan kegagalan dua permukaan yang disambungkan. Sinar matahari dan panas dapat melemahkan perekat. Adanya pelarut juga dapat mengurangi kekuatan perekat, serta adanya tekanan fisik dapat menyebabkan pemisahan permukaan. Ketika mengalami pemuatan, di-*bonding* dapat terjadi di lokasi yang berbeda di dalam sendi perekat. Jenis *fracture* utama adalah sebagai berikut.

2.10.1 Cohesive Fracture

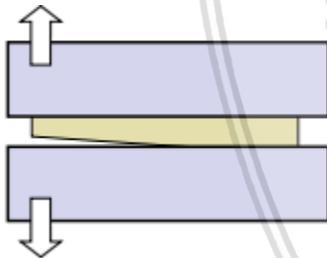
Patah kohesive terjadi ketika retak merambat pada perekat. Retak dapat merambat di pusat lapisan atau di dekat antarmuka spesimen. Patah kohesif terjadi akibat gaya tarik menarik antar lem dengan adherent lebih kuat daripada gaya tarik menarik pada perekat itu sendiri. Pada gambar 2.13 menunjukkan pemodelan *cohesive fracture*.



Gambar 2.13 *Cohesive Fracture*
Sumber : Edward. M. Patrie (2007 : 40)

2.10.2 Adhesive Fracture

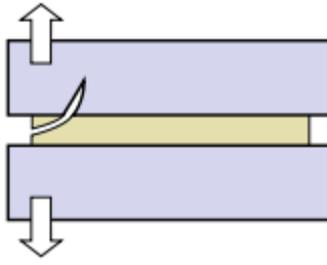
Patah adesive terjadi pada interface, patah *adhesive* disebabkan karena gaya tarik menarik antar partikel *adhesive* lebih kuat dibandingkan dengan gaya yang bekerja pada *interface*. Berikut pada gambar 2.14 menunjukkan terjadinya patah *adhesive*.



Gambar 2.14 *Adhesive Fracture*
Sumber : Edward. M. Patrie (2007 : 40)

2.10.3 Adherent Fracture

Adherent fracture terjadi pada material yang disambung. Terjadinya patah ini adalah karena ikatan partikel material tidak lebih kuat daripada ikatan *adhesive*. Sehingga ketika diberikan beban tarik maka material mengalami retak. Gambar 2.15 menunjukkan terjadinya patah *adherent*.

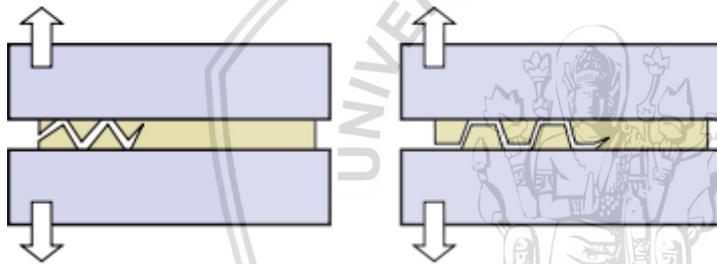


Gambar 2.15 *Adherent Fracture*

Sumber : Edward. M. Patrie (2007 : 40)

2.10.4 Kegagalan yang Lain

Patahan yang lain yaitu perambatan retaknya berbentuk zig zag atau melewati *interface* satu dengan yang lain. Terjadinya patahan ini adalah akibat ikatan antar partikel *adhesive* dan antar *interface* sama-sama kuat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Kemungkinan Kegagalan Lain pada *Adhesive*

Sumber : Edward. M. Patrie (2007 : 40)

2.11 Hipotesis

Berdasarkan dasar teori serta penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka hipotesis yang dapat diperoleh yaitu dengan perbedaan karakteristik *bio-based adhesive* akan mempengaruhi kekuatan *peeling* dan *shearing* kayu pinus dengan *adhesive joint*. Dimana *adhesive joint* dipengaruhi oleh *adhesive* dan *adherent* nya. Pada penelitian ini digunakan *adherent* yang sama dengan perlakuan permukaan yang sama. Sedangkan *adhesive* yang digunakan menggunakan variasi jenis *adhesive* yang berbeda-beda sehingga memiliki karakteristik yang berbeda-beda pula seperti viskositas atau kandungan polimer *adhesive* sesuai dengan dasar teori.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*), yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *bio-adhesive* dari getah nangka, getah karet, getah sukun dan *epoxy* sebagai bahan perekat tanpa dicampur zat apapun dengan sesama material kayu pinus yang direkatkan. Data-data dan informasi tambahan atau yang mendukung penelitian ini diperoleh melalui kajian dari buku, journal dan *internet*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama Maret-Mei 2018. Tempat yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah Laboratorium Fisika Modern, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang direncanakan untuk menentukan hasil sebuah proses atau variabel yang besarnya ditentukan sebelum dilakukan penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini adalah :

Bio Based Adhesive : Getah Nangka, Getah Sukun, Getah Karet dan Epoxy
Pengujian : *Peeling Test* dan *Shearing Test*

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas dan didapat setelah proses dilakukan. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah kekuatan *peeling* dan *shearing*.

3.3.3 Variabel Terkontrol

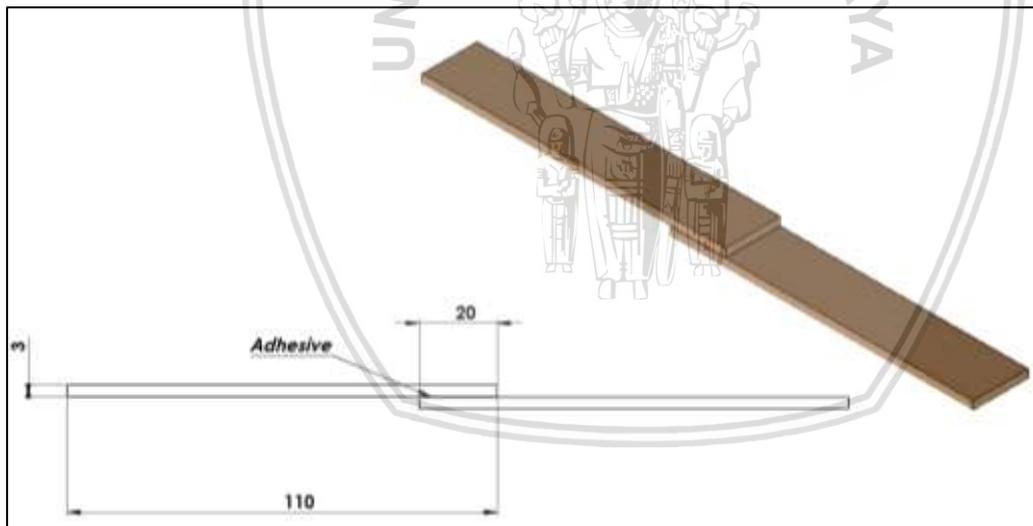
Variabel yang nilainya tidak akan berubah selama penelitian meskipun dengan variasi yang berbeda-beda. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah :

- Tebal Lem $\pm 0,1$ mm
- Kecepatan pembebanan pada pengujian *peeling* dan *shearing* adalah 1 mm/min
- Permukaan spesimen telah dibersihkan dan diampelas menggunakan *sanding sponge fine* yang sama dengan nomor 500.
- Bahan-bahan perekat alami didapatkan pada 1 buah pohon dari masing-masing jenis pohon.

3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.4.1 Bahan yang Digunakan

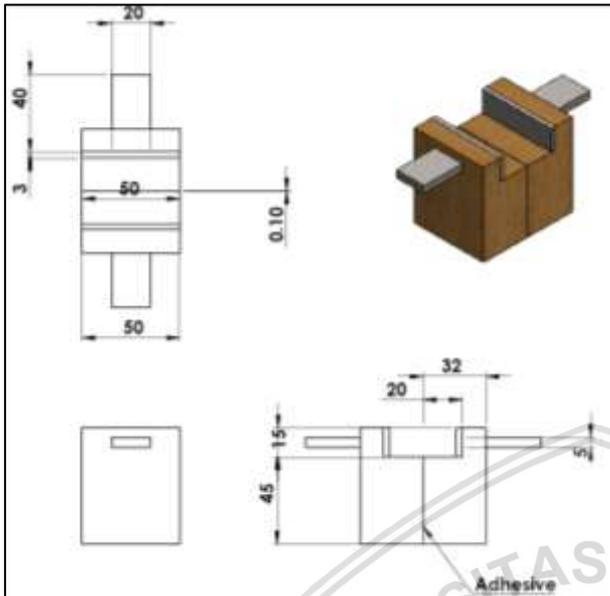
1. Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah Kayu Jati Belanda. Berikut gambar spesimen *peeling test* dan *shearing test* :
 - a. Spesimen *shearing test* :



Satuan : mm

Gambar 3.1 Dimensi Spesimen *Shearing Test*

b. Spesimen *peeling test* :



Satuan : mm

Gambar 3.2 Dimensi Spesimen *Peeling Test*

2. *Bio-Bassed Adhesive* yang digunakan pada penelitian sebagai berikut :

a. Getah Nangka

Jenis pohon Nangka yang diambil getahnya adalah *Artocarpus heterophyllus Lamk* dan terletak di Desa Selorejo, Malang.



Gambar 3.3 Penyadapan Getah Nangka

b. Getah Sukun

Jenis pohon Sukun yang diambil getahnya adalah *Artocarpus communis* dan terletak di Desa Dau, Malang.



Gambar 3.4 Penyadapan Getah Sukun

c. Getah Karet

Jenis pohon Karet yang diambil getahnya adalah *Havea brasiliensis* dan terletak di PTPN XII, Malang.



Gambar 3.5 Penyadapan Getah Karet

d. Lem Epoxy



Gambar 3.6 Lem Epoxy Avian

3.4.2 Alat yang Digunakan

a. Jangka Sorong

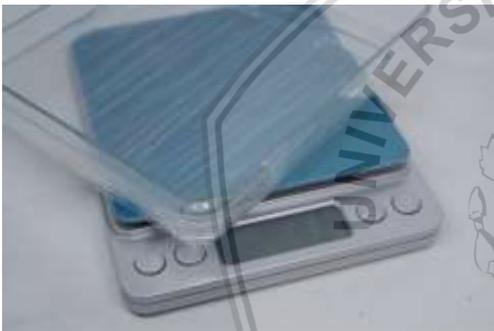
Digunakan untuk mengukur dimensi spesimen.



Gambar 3.7 Jangka Sorong

b. Timbangan Digital

Digunakan untuk mengukur berat spesimen.



Gambar 3.8 Timbangan Digital

c. Gelas Ukur

Digunakan untuk menempatkan getah alam spesimen.



Gambar 3.9 Beker Glass

d. *Sanding Paper Grit*

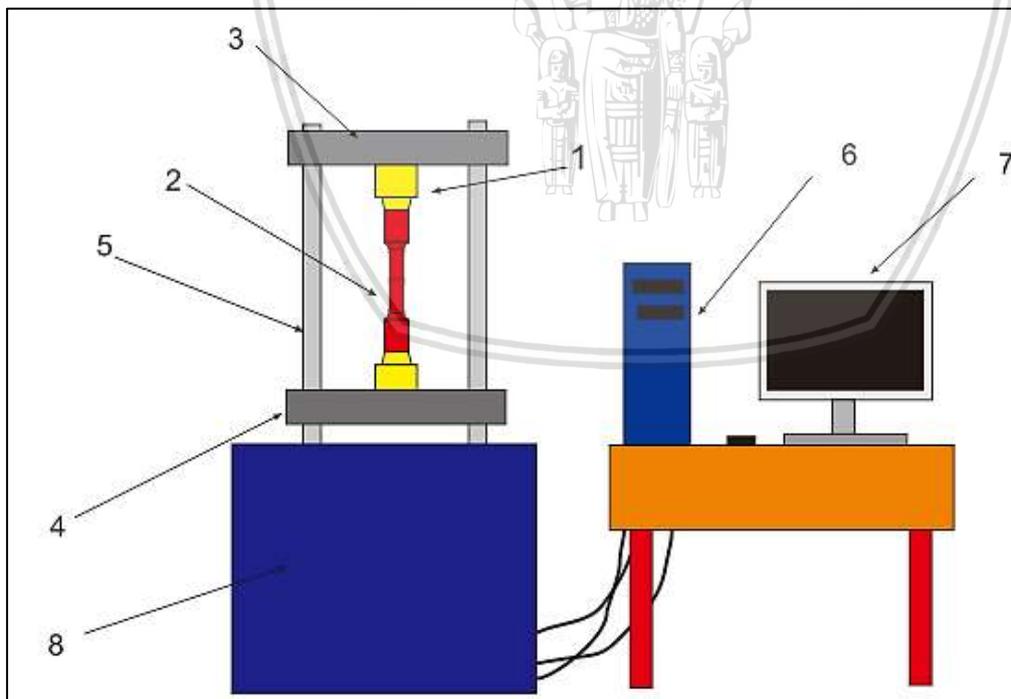
Digunakan untuk membersihkan spesimen dari kotor dan terak.



Gambar 3.10 Sanding Paper Grit

e. Instalasi *Universal Tester* (*Peeling* dan *Shearing*)

Instalasi pengujian dalam pengujian *peeling* dan *shearing* ini menggunakan *Universal Testing Machine set* dengan spesimen dari bahan kayu pinus. Spesimen direkatkan dengan *bio adhesive*, kemudian di pasang pada pencengkram mesin uji *universal*. Setelah terpasang sempurna, pembebanan diatur dengan komputer seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Instalasi *Universal Tester*

Penjelasan gambar :

1. Pencengkram (*Grip*)

Pencengkram digunakan untuk mencengkram spesimen, sehingga spesimen tidak bergerak saat pengujian dijalankan.

2. Spesimen

Spesimen yang digunakan adalah kayu pinus.

3. *Upper beam*

Bagian yang digerakkan oleh *ball screw*, sehingga terjadi gaya tarik keatas pada spesimen.

4. *Lower beam*

Bagian yang bisa diatur ketinggiannya, berfungsi sebagai bagian statis dimana *grip* bawah dipasang. Bagian ini tidak bergerak saat dilakukan pembebanan.

5. *Ball Screw*

Ball Screw berfungsi sebagai media penggerak *beam*, sehingga dalam gerakan *beam* didapatkan gaya tarik yang bertambah secara kontinyu.

6. *CPU*

CPU digunakan untuk mengendalikan, mendapatkan dan memproses data dari mesin uji tarik sehingga dapat ditampilkan pada monitor.

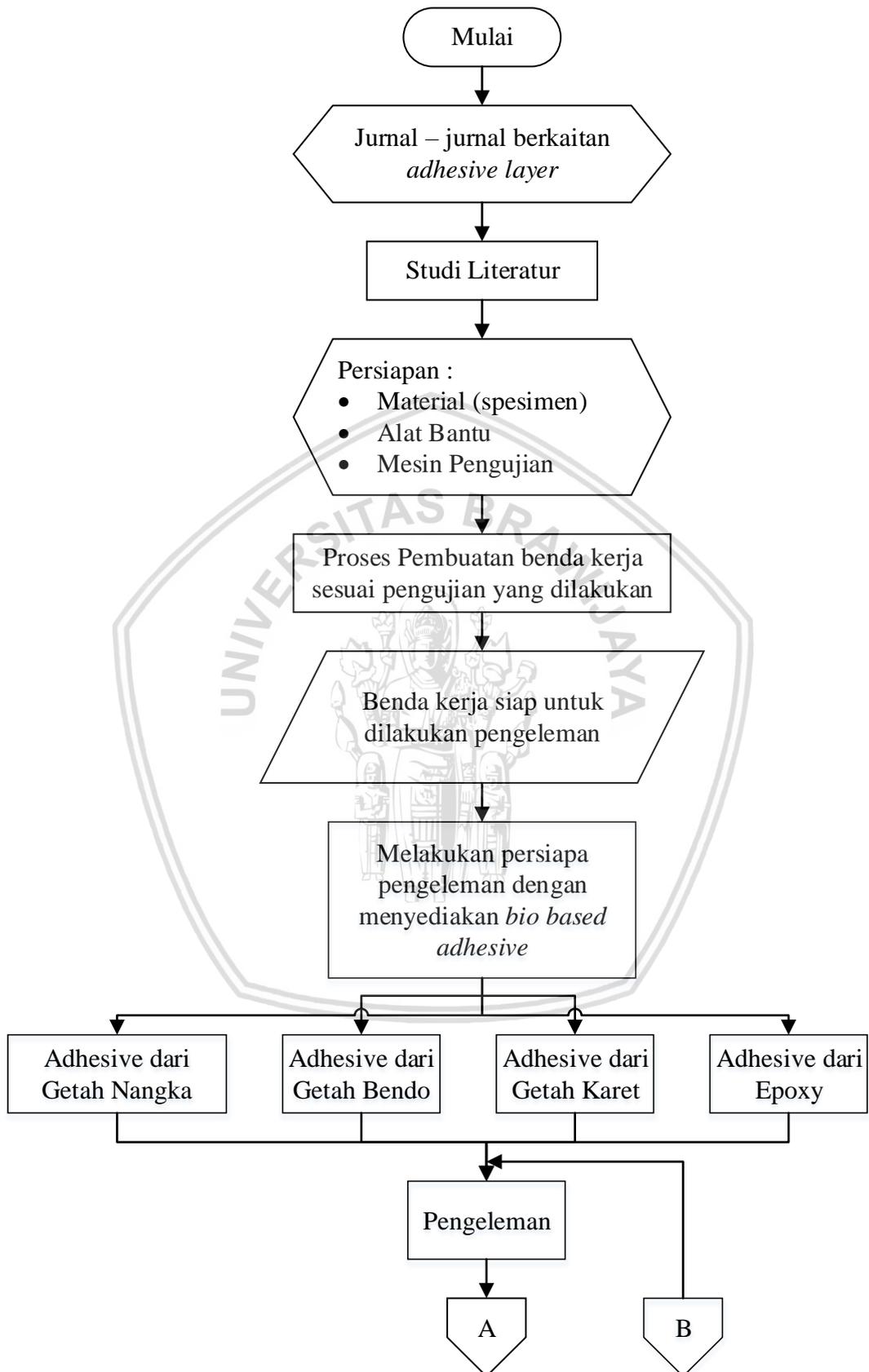
7. *Monitor*

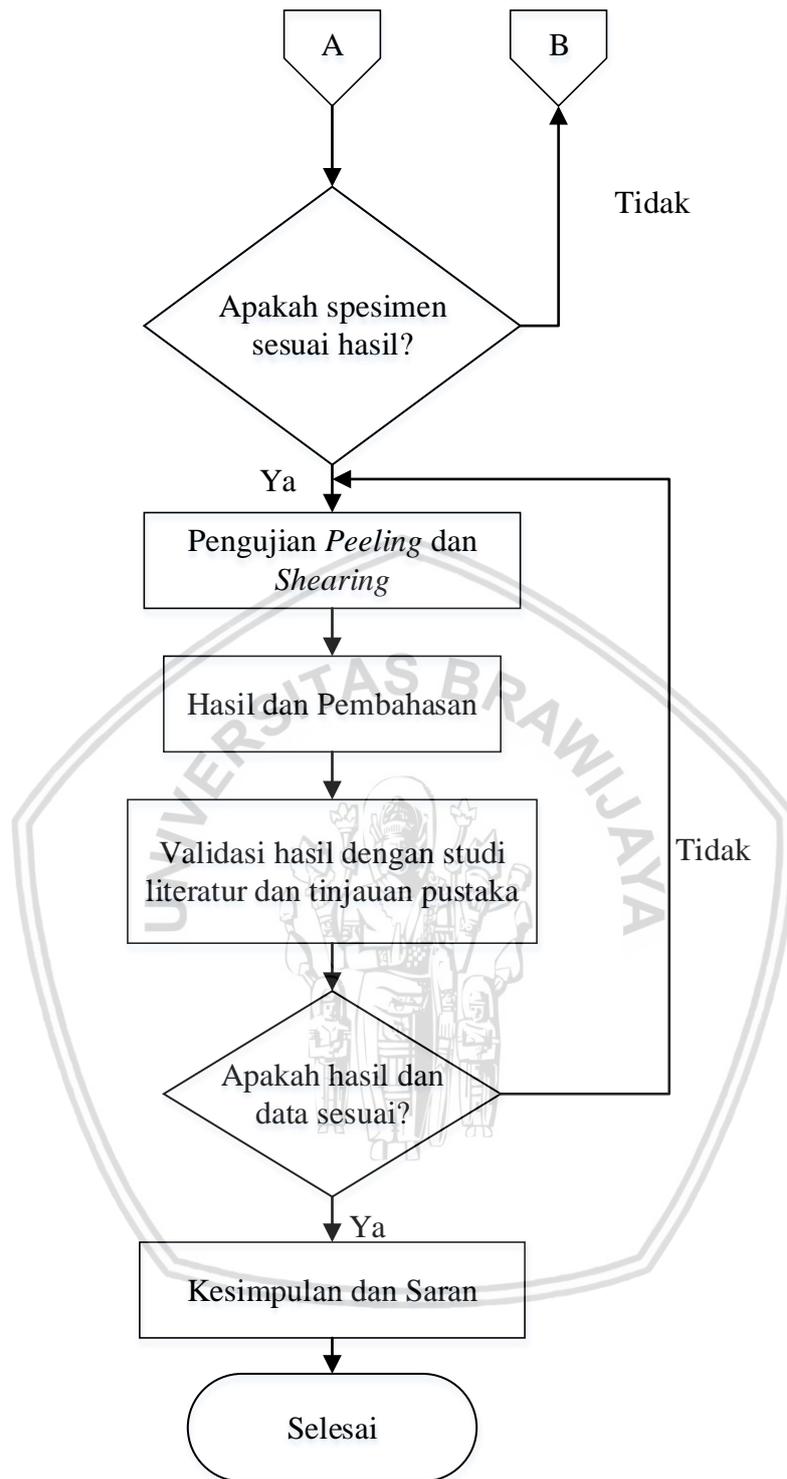
Monitor digunakan untuk menampilkan data hasil dari pengujian tarik yang telah diproses oleh *CPU*.

8. Sistem Transmisi

Sistem transmisi berfungsi untuk mentransmisikan daya dari *servo* motor kepada *ball screw* sehingga terjadi gaya tarik pada *beam*.

3.5 Prosedur Penelitian





3.6 Tahapan dan Rencana Penelitian

Tahapan yang dilakukan meliputi :

a. Proses Pembuatan Benda Kerja

Pada tahap ini membuat 24 pasang benda kerja dengan ukuran yang sama sesuai dengan pengujian dan jenis *bio based adhesive* yang divariasikan (terdapat 4 variasi *bio based adhesive*). Setiap variasi *bio based adhesive* membutuhkan 12 pasang benda kerja dimana 3 pasang benda kerja dilakukan pengujian *peeling* dan 3 pasang benda kerja dilakukan pengujian *shearing*. Setelah disiapkan sesuai dengan ukuran kemudian permukaan spesimen yang akan disambungkan dengan *adhesive* digosok dengan amplas.

b. Pencarian *Bio Base Adhesive* yang dapat Digunakan

Pada tahap ini melakukan pencarian *bio base adhesive* yang akan digunakan, dimana menggunakan *bio base adhesive* dari getah pohon yang banyak tumbuh di wilayah Indonesia terutama di wilayah Malang dan sekitarnya. Setiap pohon dilakukan penyadapan pada bagian batang pohon kemudian getah yang keluar langsung ditampung dalam keadaan getah berbentuk cair (sebelum terjadi pengerasan pada getahnya).

c. Pengaplikasian *Bio Based Adhesive* pada Benda Kerja

Pada saat bersamaan dengan tahap penyadapan dan penampungan getah dilakukan tahap pengaplikasian getah yang masih cair di atas permukaan benda kerja yang sudah diampelas. Dimana tahap-tahap pengaplikasiannya sebagai berikut:

1. Buat batas dengan menggunakan selotip setebal 0,1 mm dengan tujuan agar pengaplikasian *bio based adhesive* selalu konstan setebal 0,1mm.
2. Aplikasikan getah yang masih cair di bagian yg sudah diampelas sesuai dengan batas sampai rata.
3. Hilangkan pembatas dan tempelkan pasangan benda kerja.
4. Kemudian diberikan penekanan terus menerus dengan menggunakan karet yang diikatkan di daerah yang ditempel.

Semua variasi *bio based adhesive* menggunakan tahap-tahap pengaplikasian yang sama.

d. Pengujian *Peeling* dan *Shearing*

Pengujian ini menggunakan *universal test machine* pada laboratorium Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

e. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian dilakukan pengolahan data dan dilakukan validasi dengan menggunakan studi literatur yang sudah ada jika tidak benar maka harus dilakukan pengujian ulang.

f. Pembuatan Kesimpulan dan Saran

Setelah didapatkan hasil pada penelitian dilakukan pembuatan grafik dan pembahasan hasil. Kemudian menentukan kesimpulan hasil dan juga saran untuk penelitian sebelumnya.





BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

4.1.1 Data Hasil Pengujian *Shearing*

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian *Shearing*

Material Spesimen	Δl (mm)	F (kgf)	A(mm ²)	σ (MPa)
Getah Pohon Karet	1,95	27,85	400	0,68
Getah Pohon Nangka	2,06	13,35	400	0,32
Getah Pohon Sukun	0,49	7,13	400	0,17
Epoxy	4,94	115,74	400	2,83

$$\text{Load Maksimum (F)} = 273,115 \text{ N}$$

$$\text{Luas Adhesive layer (A)} = p \times l = 20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} = 400 \text{ mm}^2$$

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

$$\tau = \frac{273,115}{400}$$

$$\tau = 0,68 \text{ MPa}$$

Keterangan :

τ = Kekuatan Sambungan (MPa)

F = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang *Adhesive* (mm²)

Dari perhitungan pada sub bab 4.1.1 menunjukkan bahwa beban maksimum (F) berbanding lurus terhadap kekuatan *shearing* sehingga semakin besar beban maksimum yang mampu diterima *adhesive* maka semakin besar kekuatan *shearing adhesive* tersebut. Dalam pengujian *shearing* variasi *bio base adhesive* kekuatan *shearing* yang paling besar adalah getah karet sebesar 0,68 MPa. Getah nangka menempati urutan kedua untuk kekuatan *shearing* dan diikuti oleh getah sukun. Walaupun dapat diketahui epoxy merupakan

kekuatan *shearing* tertinggi sebesar 2,8 MPa. Hal ini yang menyebabkan jenis *bio base adhesive* memiliki pengaruh yang berbeda pada besar kekuatan *shearing* kemungkinan besar disebabkan oleh adanya sifat dari getah pohon antara lain viskositas dari getah dan lama pengeringan dari getah itu sendiri. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.

4.1.2 Data Hasil Pengujian *Peeling*

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian *Peeling*

Material Spesimen	Δl (mm)	F (kgf)	A(mm ²)	σ_t (MPa)
Getah Pohon Karet	3,44	34,73	2250	0,15
Getah Pohon Nangka	2,33	14,58	2250	0,06
Getah Pohon Sukun	1,46	8,71	2250	0,04
Epoxy	5,17	58,13	2250	0,25

$$\text{Load Maksimum (P)} = 340,5 \text{ N}$$

$$\text{Luas Adhesive layer (A)} = p \times l = 50 \text{ mm} \times 45 \text{ mm} = 2250 \text{ mm}^2$$

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

$$\sigma_t = \frac{340,5}{2250}$$

$$\sigma_t = 0,15 \text{ MPa}$$

Keterangan :

σ_t = Kekuatan Sambungan (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang *Adhesive* (mm²)

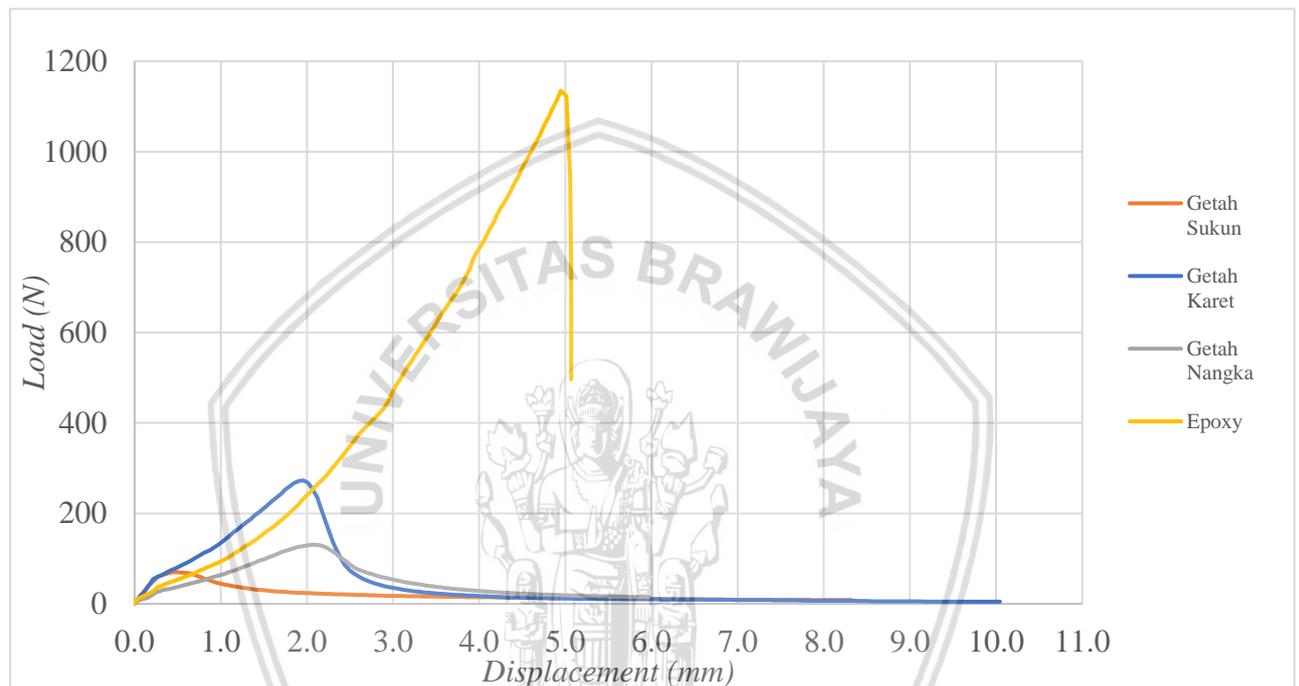
Dari perhitungan pada sub bab 4.1.1 menunjukkan bahwa beban maksimum (F) berbanding lurus terhadap kekuatan *shearing* sehingga semakin besar beban maksimum yang mampu diterima *adhesive* maka semakin besar kekuatan *peeling adhesive* tersebut. Dalam pengujian *peeling* variasi *bio base adhesive* kekuatan *peeling* yang paling besar adalah getah karet sebesar 0,15 MPa. Getah nangka menempati urutan kedua untuk kekuatan *peeling* dan diikuti oleh getah sukun. Walaupun dapat diketahui epoxy merupakan memiliki kekuatan *peeling* tertinggi sebesar 0,253 MPa. Hal ini yang menyebabkan jenis *bio base adhesive* memiliki pengaruh yang berbeda pada besar kekuatan *peeling* kemungkinan besar

disebabkan oleh adanya sifat dari getah pohon antara lain viskositas dari getah dan lama pengeringan dari getah itu sendiri. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Pengaruh Jenis *Bio based Adhesive* terhadap Kekuatan *Shearing Adhesive Joint*

a. Grafik Perbandingan *Load – Displacement* Pengujian *Shearing*



Gambar 4.1 Grafik *Load – Displacement* Pengujian *Shearing* a) *Adhesive Epoxy*. b) *Getah Karet*. c) *Getah Nangka*. d) *Getah Sukun*

Gambar 4.1 diatas menunjukkan grafik hubungan antara *load* terhadap *displacement* pada pengujian *shearing*. Dimana dari grafik dapat diketahui sumbu x menjelaskan *displacement* dan sumbu y menjelaskan *load*. Pada grafik dapat dilihat pada semua jenis *adhesive* baik yang *adhesive* sintetis maupun *bio based adhesive* memiliki kecenderungan yang sama yaitu *load* akan mengalami kenaikan seiring bertambahnya *displacement*. Bahkan kecenderungan lain dari grafik yaitu terjadi kenaikan *load* sampai titik tertentu, yang biasa dikenal sebutan *load* maksimum, kemudian terjadi penurunan dan konstan. Gaya pengelupasan rata – rata yang bekerja pada sambungan *adhesive* per luas penampang merupakan kekuatan dari *adhesive*.

Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa *displacement* mempengaruhi lama sambungan *adhesive joint* hingga patah. Dimana setelah terjadi *load* maksimum grafik mengalami penurunan *load* dengan bertambahnya *displacement*. Kemudian pada saat

penurunan *load* secara konstan *displacement* makin bertambah hingga spesimen tersebut patah. Sehingga pada grafik hubungan *load displacement* diatas dapat menggambarkan bagaimana kayu pinus dengan *adhesive joint* mengalami *adhesive fracture*, *adherent fracture*, dan *cohesive fracture* dari kegalan tersebut dapat mempengaruhi kekuatan shearing yang dihasilkan dari variasi spesimen yang dilakukan pengujian *shearing*. Lalu grafik tersebut juga menunjukkan berapa lama sambungan *adhesive joint* hingga patah. Dengan hasil pengujian sebagai berikut :

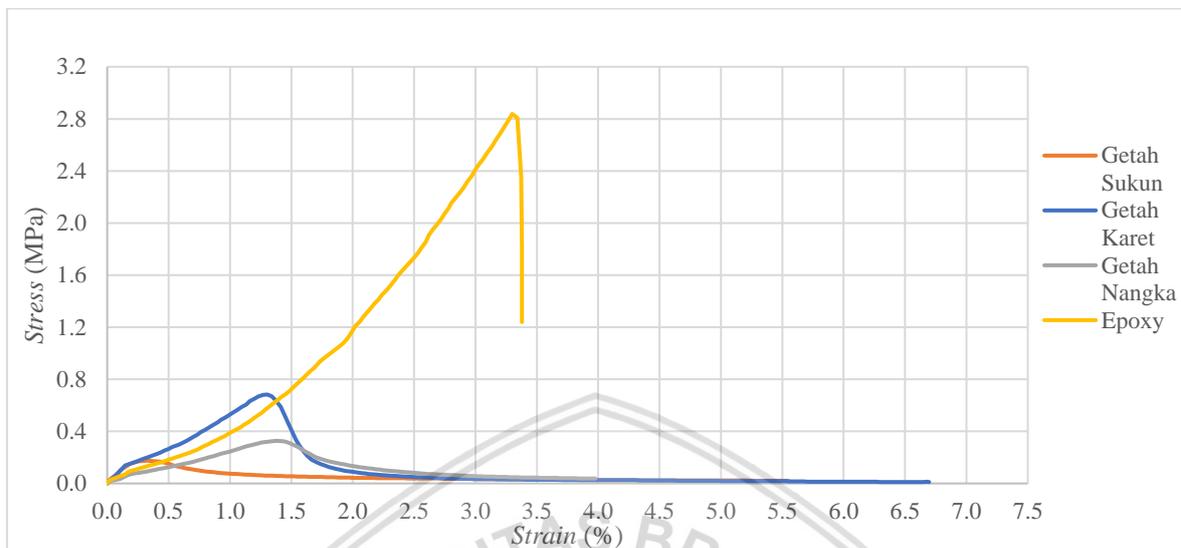
Load maksimum dengan nilai tertinggi *bio based adhesive* didapat oleh *adhesive* getah Karet sebesar 273,11 N dengan *displacement* 1,95 mm, *adhesive* getah Nangka sebesar 130,91 N dengan *displacement* 2,66 mm , dan terendah ialah *adhesive* getah Sukun sebesar 69,92 N dengan *displacement* 0,49 mm, ditunjukkan pada gambar 4.1. Sedangkan sintesis *adhesive* pada epoxy memiliki *load* maksimum sebesar 1135,02 N dengan *displacement* 4,94 mm.

Pengaruh besar nilai *displacement* terhadap lama sambungan *adhesive joint* hingga patah tertinggi *bio based adhesive* didapat oleh *adhesive* getah karet sebesar 10,05 mm, *adhesive* getah nangka 5,97 mm, dan *adhesive* getah sukun 8,32 mm. Sedangkan sintesis *adhesive* pada epoxy memiliki nilai sebesar 5,07 mm.

Perbedaan kekuatan shearing disebabkan karena getah pohon yang digunakan pada *adhesive joint* kayu Pinus memiliki karakteristik getah yang berbeda-beda seperti getah pohon karet mengandung lateks yang memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan getah pohon nangka mengandung poliisoprena dan getah pohon sukun mengandung tanin sehingga dari karakteristik tersebut dapat dimanfaatkan sebagai perekat alami yang dapat memperkuat ikatan antar permukaan kayu Pinus. Selain itu perbedaan sifat dari getah pohon juga dapat mempengaruhi kekuatan sambungan seperti viskositas dari getah dan lama pengeringan dari getah itu sendiri. Perbedaan karakteristik dan sifat dari getah pohon ini dimaksudkan agar dapat mengetahui bahwa perbedaan getah pohon memiliki nilai kekuatan *shearing* pada *adhesive joint* masing - masing dari Kayu Pinus.

Hubungan tegangan - regangan pada variasi spesimen kayu pinus menggunakan *adhesive joint*. Gambar 4.2 menunjukkan hubungan tegangan dengan regangan dari macam-macam variasi *bio adhesive* dengan *adhesive joint* diantaranya *adhesive epoxy*, *bio-based adhesive* getah pohon karet, getah pohon nangka dan getah pohon sukun. Dimana dari grafik dapat diketahui sumbu x menjelaskan regangan dan sumbu y menjelaskan tegangan. Pada grafik tegangan regangan juga menunjukkan bahwa kekuatan tertinggi dari jenis *bio based adhesive* ini dimiliki getah pohon karet . Hal

tersebut menunjukkan kekuatan rekat pada bio based adhesive tidak kalah jauh dengan adhesive berbahan sintetis seperti epoxy.



Gambar 4.2 Grafik *Stress - Strain* Pengujian *Shearing* a) *Adhesive Epoxy*.
b) Getah Karet. c) Getah Nangka. d) Getah Sukun

Kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon epoxy. Kekuatan *shearing* kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon karet yaitu sebesar 2,84 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 3,38%.

Kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon karet. Kekuatan *shearing* kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon karet yaitu sebesar 0,68 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 6,7%.

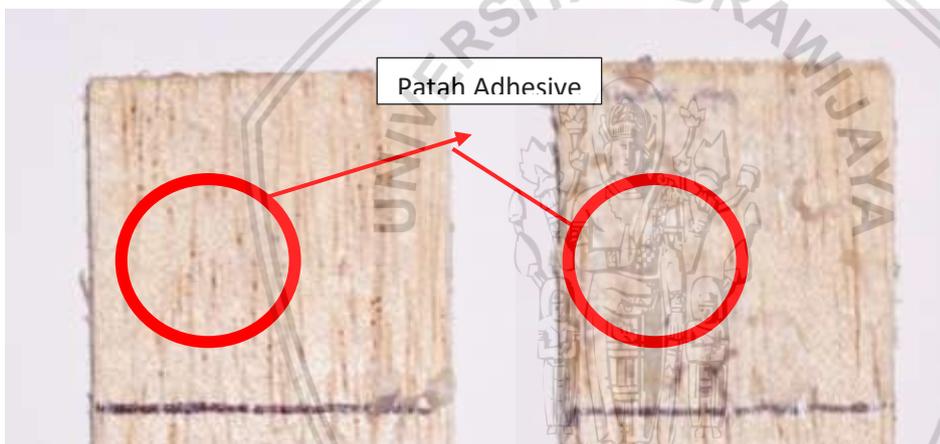
Kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon nangka. Kekuatan *shearing* kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon nangka yaitu sebesar 0,33 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 3,98 %.

Kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon sukun. Kekuatan *shearing* kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon sukun yaitu sebesar 0,17 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 5,55%.

b. Analisis Patahan Variasi *Bio base Adhesive* Kayu Pinus pada Pengujian *Shearing*



(a)



(b)

Gambar 4.3 Distribusi Perakatspesimen Pengujian *Shearing*. a) *Adhesive Epoxy*.
b) *Getah Karet*.

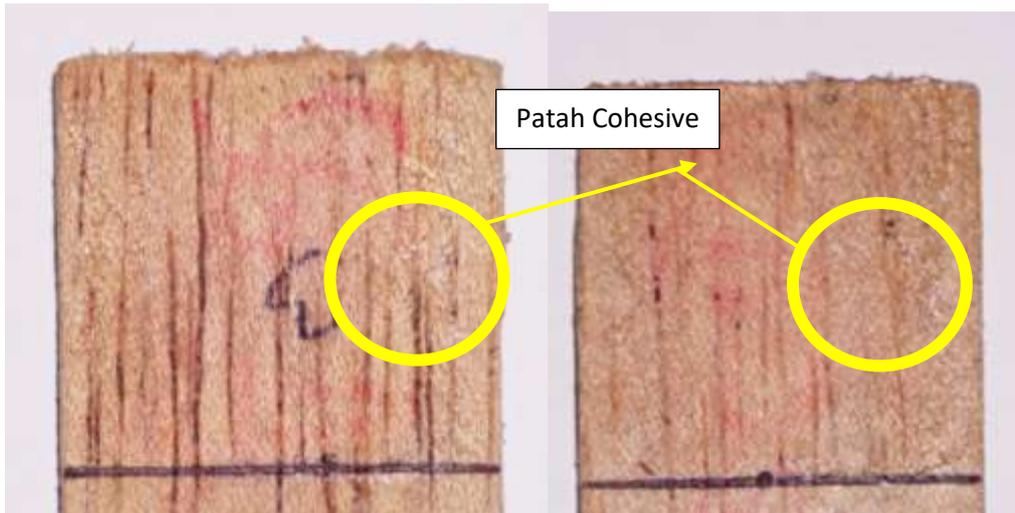
Dari gambar 4.3 dan 4.4 dapat dilihat bahwa *bio base adhesive* memiliki pengaruh dalam membentuk perekat karena menyebabkan dua material kayu pinus saling menempel. Hal ini sesuai dengan hipotesis yang tertulis pada tinjauan pustaka bahwa *bio based adhesive* akan memberikan pengaruh kekuatan *shearing* pada *adhesive joint*. Penyebab dari *bio base adhesive* dijadikan *adhesive joint* karena *adhesive joint* memiliki kemampuan ikat antar permukaan melalui karakteristik seperti kandungan polimer dan viskositas masing – masing getah.

Pada gambar 4.3 (a) menunjukkan terjadinya kegagalan sambungan *adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah kegagalan struktural atau disebut dengan

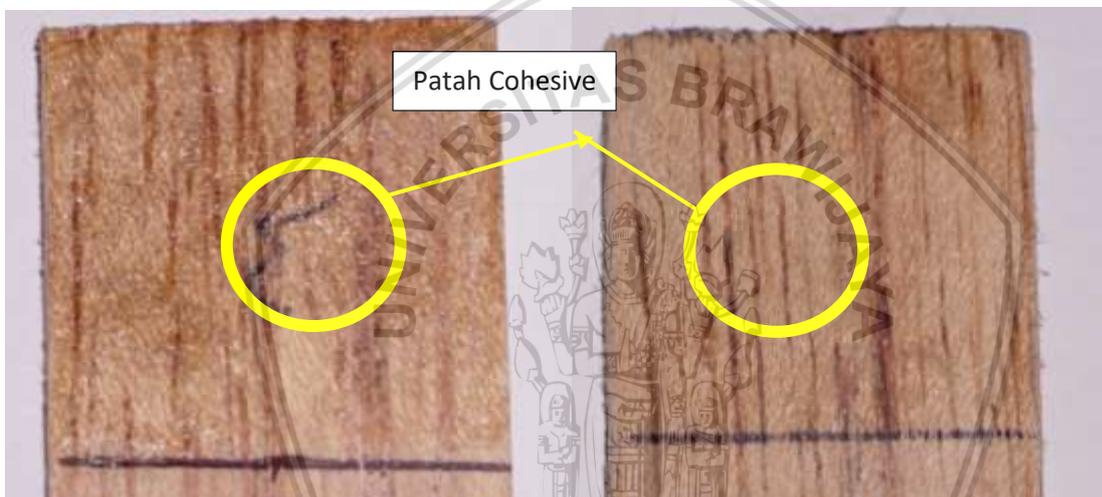
Adherent Fracture. Hal tersebut disebabkan karena ikatan *adhesive* dari epoxy memiliki kekuatan ikatan *adhesive* yang tinggi sehingga saat dilakukan pengujian *shearing* yang mengalami kegagalan adalah serat kayu pinus dan pada *adhesive* nya sedikit mengalami kegagalan yaitu *adhesive fracture*. Dari analisis tersebut dapat menunjukkan bahwa ikatan *adhesive* epoxy memiliki ikatan dan distribusi tegangan yang baik. Oleh karena itu pada kayu pinus dengan *adhesive* epoxy memiliki kekuatan *shearing* terbesar yaitu sebesar 2,8 MPa beserta lama sambungan *adhesive joint* yang cepat dengan ditunjukkan nilai displacement sebesar 5,07 mm.

Pada gambar 4.3 (b) menunjukkan terjadinya kegagalan sambungan *adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah kegagalan *Adhesive (adhesive fracture)*. Kegagalan *adhesive* adalah kegagalan yang terjadi pada permukaan spesimen yg diaplikasikan *adhesive*. Hal tersebut disebabkan karena ikatan *adhesive* dari getah pohon karet memiliki kekuatan ikatan yang tinggi sehingga saat dilakukan pengujian *shearing* yang mengalami kegagalan pada *adhesive*-nya. Dari analisis tersebut dapat menunjukkan bahwa ikatan *bio based adhesive* getah pohon karet memiliki ikatan dan distribusi tegangan yang baik. Oleh karena itu pada kayu pinus dengan *bio based adhesive* getah pohon karet memiliki kekuatan *shearing* sebesar 0,68 MPa beserta lama sambungan *adhesive joint* yang panjang dengan ditunjukkan nilai displacement sebesar 10,05 mm.

Sedangkan pada gambar 4.4 (a) dan (b) menunjukkan terjadinya kegagalan sambungan *adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah *Cohesive Fracture*. Patah kohesif terjadi akibat gaya tarik menarik antar lem dengan adherent lebih kuat daripada gaya tarik menarik pada perekat itu sendiri. Dari analisis tersebut dapat menunjukkan bahwa ikatan *bio based adhesive* getah pohon nangka dan sukun memiliki ikatan dan distribusi tegangan yang kurang baik. Oleh karena itu pada kayu pinus dengan *bio based adhesive* getah pohon nangka dan sukun memiliki kekuatan *shearing* masing – masing sebesar 0,33 MPa dan 0,17 MPa.



(a)



(b)

Gambar 4.4 Distribusi Perekat Spesimen Pengujian *Shearing*. a) Getah Nangka. b) Getah Sukun

4.2.2 Analisis Pengaruh Jenis *Bio based Adhesive* terhadap Kekuatan *Peeling Adhesive Joint*

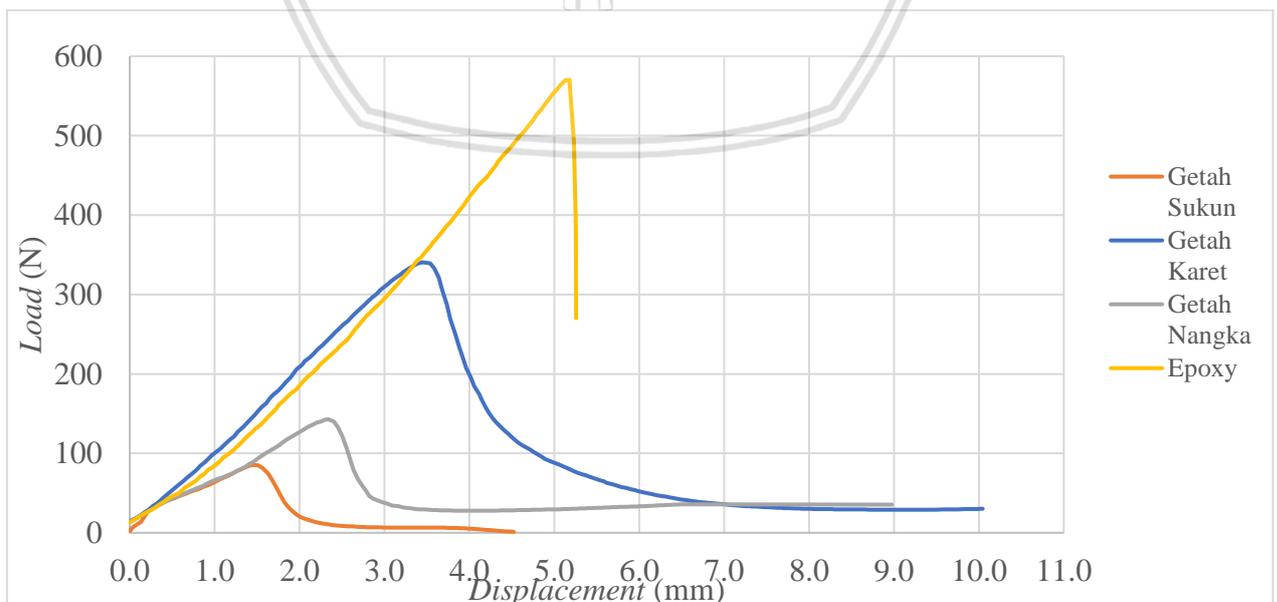
a. Grafik Perbandingan *Load – Displacement* Pengujian *Peeling*

Gambar 4.5 dibawah menunjukkan grafik hubungan antara *load* terhadap *displacement* pada pengujian *peeling*. Dari grafik dapat dilihat pada semua jenis *adhesive* baik yang *adhesive* sintesis maupun *bio based adhesive* memiliki kecenderungan yang sama yaitu *load* akan mengalami kenaikan seiring bertambahnya *displacement*. Bahkan kecenderungan lain dari grafik yaitu terjadi kenaikan *load* sampai titik tertentu, yang biasa dikenal sebutan *load* maksimum, kemudian terjadi penurunan dan konstan.

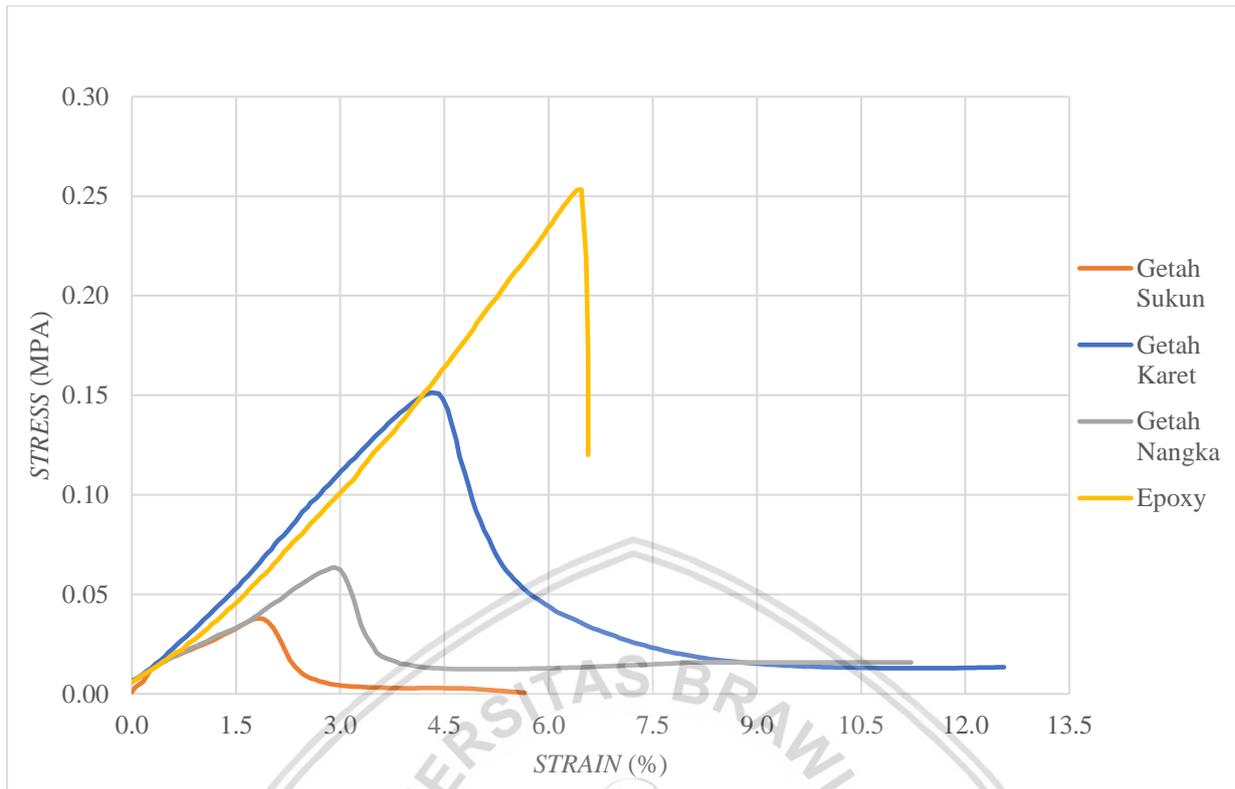
Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa *displacement* mempengaruhi lama sambungan *adhesive joint* hingga patah. Dimana setelah terjadi *load* maksimum grafik mengalami penurunan *load* dengan bertambahnya *displacement*. Kemudian pada saat penurunan *load* secara konstan *displacement* makin bertambah hingga spesimen tersebut patah. Sehingga pada grafik hubungan *load displacement* dibawah dapat menggambarkan bagaimana kayu pinus dengan *adhesive joint* mengalami *adhesive fracture*, *adherent fracture*, dan *cohesive fracture* dari kegagalan tersebut dapat mempengaruhi kekuatan *peeling* yang dihasilkan dari variasi spesimen yang dilakukan pengujian *peeling*. Lalu grafik tersebut juga menunjukkan berapa lama sambungan *adhesive joint* hingga patah. Dengan hasil pengujian sebagai berikut :

Load maksimum dengan nilai tertinggi didapat oleh *adhesive epoxy* sebesar 570,05 N. Dilanjutkan *adhesive* getah Karet sebesar 340,58 N *adhesive* getah Nangka sebesar 142,98 N dan terendah ialah *adhesive* getah Sukun sebesar 85,41 N ditunjukkan pada gambar 4.5. Perbedaan kekuatan ini disebabkan karena getah pohon yang digunakan pada *adhesive joint* kayu Pinus memiliki karakteristik getah yang berbeda-beda seperti yang sudah dijelaskan pada bab sub bab hasil data pengujian *shearing*.

Pengaruh besar nilai *displacement* terhadap lama sambungan *adhesive joint* hingga patah tertinggi *bio based adhesive* didapat oleh *adhesive* getah karet sebesar 10,05 mm, *adhesive* getah nangka 8,98 mm, dan *adhesive* getah sukun 4,52 mm. Sedangkan sintesis *adhesive* pada epoxy memiliki nilai sebesar 5,26 mm.



Gambar 4.5 Grafik *Load – Displacement* Pengujian *Peeling*. a) Epoxy. b) Getah Karet. c) Getah Nangka. d) Getah Sukun



Gambar 4.6 Grafik *Stress - Strain* Pengujian *Peeling*. a) Epoxy. b) Getah Karet. c) Getah Nangka. d) Getah Sukun

Hubungan tegangan - regangan pada variasi spesimen kayu pinus menggunakan *adhesive joint*. Gambar 4.6 menunjukkan hubungan tegangan dengan regangan dari macam-macam variasi bio adhesive dengan adhesive joint diantaranya adhesive epoxy, bio-based adhesive getah pohon karet, getah pohon nangka dan getah pohon sukun. Dimana dari grafik dapat diketahui sumbu x menjelaskan regangan dan sumbu y menjelaskan tegangan. Pada grafik tegangan regangan juga menunjukkan bahwa kekuatan tertinggi dari jenis bio based adhesive ini dimiliki getah pohon karet. Hal tersebut menunjukkan kekuatan rekat pada bio based adhesive tidak kalah jauh dengan adhesive berbahan sintesis seperti epoxy.

Kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon epoxy. Kekuatan *peeling* kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon karet yaitu sebesar 0,25 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 6,57%.

Kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon karet. Kekuatan *peeling* kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon karet yaitu sebesar 0,15 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 12,56%.

Kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon nangka. Kekuatan *peeling* kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon nangka yaitu sebesar 0,06 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 11,22 %.

Kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon sukun. Kekuatan *peeling* kayu pinus dengan bio-based adhesive getah pohon sukun yaitu sebesar 0,04 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 5,66%.

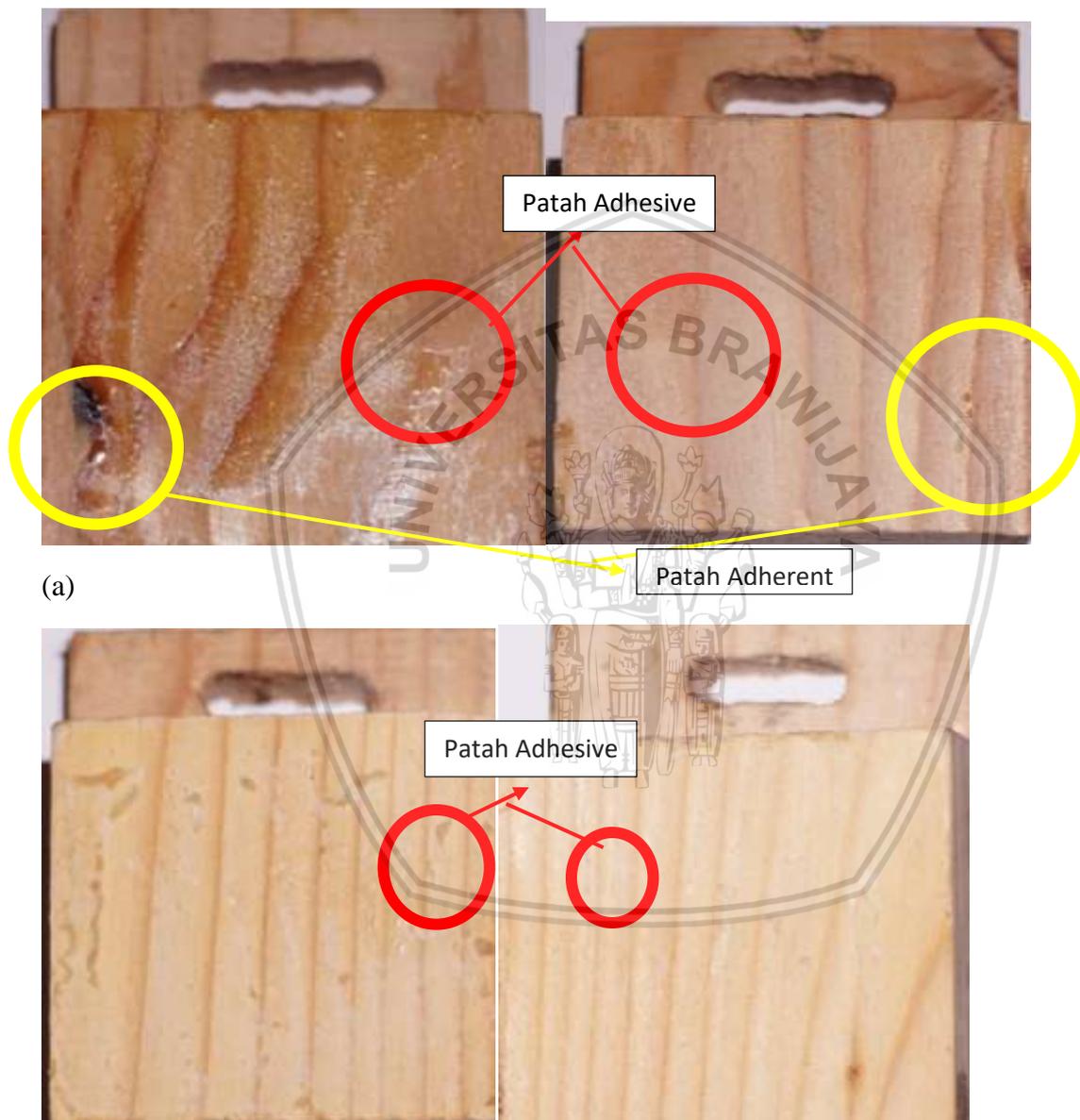
b. Analisis Patahan Variasi *Bio Base Adhesive* Kayu Pinus pada Pengujian *Peeling*

Dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa *bio base adhesive* memiliki pengaruh dalam membentuk perekat karena menyebabkan dua material kayu pinus saling menempel. Hal ini sesuai dengan hipotesis yang tertulis pada tinjauan pustaka bahwa *bio base adhesive* akan memberikan pengaruh kekuatan *peeling* pada *adhesive joint*. Penyebab dari *bio base adhesive* dijadikan *adhesive joint* karena *adhesive joint* memiliki kemampuan ikat antar permukaan melalui karakteristik seperti kandungan polimer dan viskositas masing – masing getah.

Pada gambar 4.7 (a) menunjukkan terjadinya kegagalan sambungan *Adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah kegagalan struktural atau disebut dengan *Adherent Fracture* dan kegagalan *adhesive* (terlihat pada lingkaran merah). Hal tersebut disebabkan karena ikatan *adhesive* dari epoxy memiliki kekuatan ikatan *adhesive* yang tinggi sehingga saat dilakukan pengujian *shearing* yang mengalami kegagalan adalah serat kayu pinus saja sedangkan pada *adhesive*-nya tidak mengalami kegagalan. Dari analisis tersebut dapat menunjukkan bahwa ikatan *adhesive* epoxy memiliki ikatan dan distribusi tegangan yang baik. Oleh karena itu pada kayu pinus dengan *adhesive* epoxy memiliki kekuatan *peeling* terbesar yaitu sebesar 0,253 MPa.

Pada gambar 4.7 (b) menunjukkan terjadinya kegagalan sambungan *Adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah kegagalan *adhesive* (*adhesive fracture*). Kegagalan *adhesive* adalah kegagalan yang terjadi pada permukaan spesimen yg diaplikasikan *adhesive*. Hal tersebut disebabkan karena ikatan *adhesive* dari getah pohon karet memiliki kekuatan ikatan yang tinggi sehingga saat dilakukan pengujian *peeling* yang mengalami kegagalan pada *adhesive*-nya. Dari analisis tersebut dapat menunjukkan bahwa ikatan *bio based adhesive* getah pohon karet memiliki ikatan dan distribusi tegangan yang baik. Oleh karena itu pada kayu pinus dengan *bio based adhesive* getah pohon karet memiliki kekuatan *peeling* sebesar 0,15 MPa.

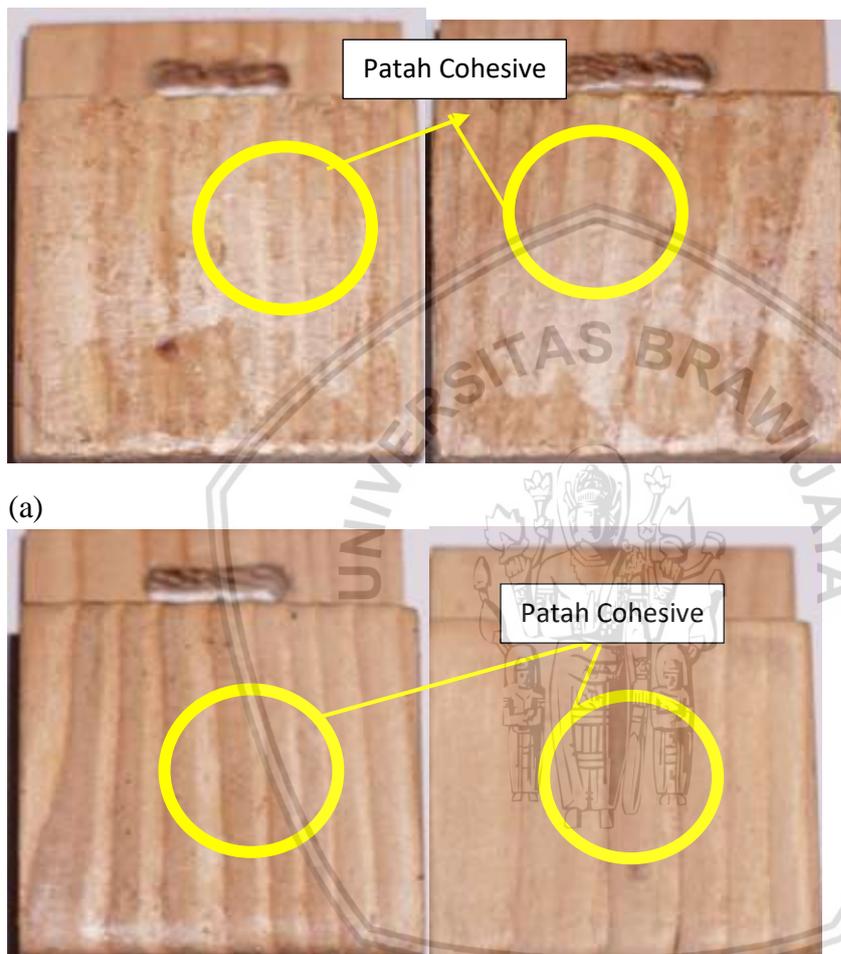
Dan *bio based adhesive* dengan getah pohon karet sangat baik digunakan sebagai pengganti *adhesive* berbahan kimia selain karena memiliki kemampuan ikat dan distribusi tegangan yang bagus, getah pohon karet banyak ditemukan di sekitar kita, pengaplikasian yang mudah tanpa melakukan perlakuan yang khusus dan getah pohon karet ramah lingkungan.



(a)
 (b)
 Gambar 4.7 Distribusi Perakut Spesimen Pengujian *Peeling*. a) *Adhesive* Epoxy.
 b) Getah Karet.

Sedangkan pada gambar 4.8(a) dan (b) menunjukkan terjadinya kegagalan sambungan *adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah *cohesive Fracture*. Patah kohesif terjadi akibat gaya tarik menarik antar lem dengan *adherent* lebih kuat daripada

gaya tarik menarik pada perekat itu sendiri. Dari analisis tersebut dapat menunjukkan bahwa ikatan *bio based adhesive* getah pohon nangka dan sukun memiliki ikatan dan distribusi tegangan yang kurang baik. Oleh karena itu pada kayu pinus dengan *bio based adhesive* getah pohon nangka dan sukun memiliki kekuatan *shearing* masing – masing sebesar 0,06 MPa dan 0,04 MPa.

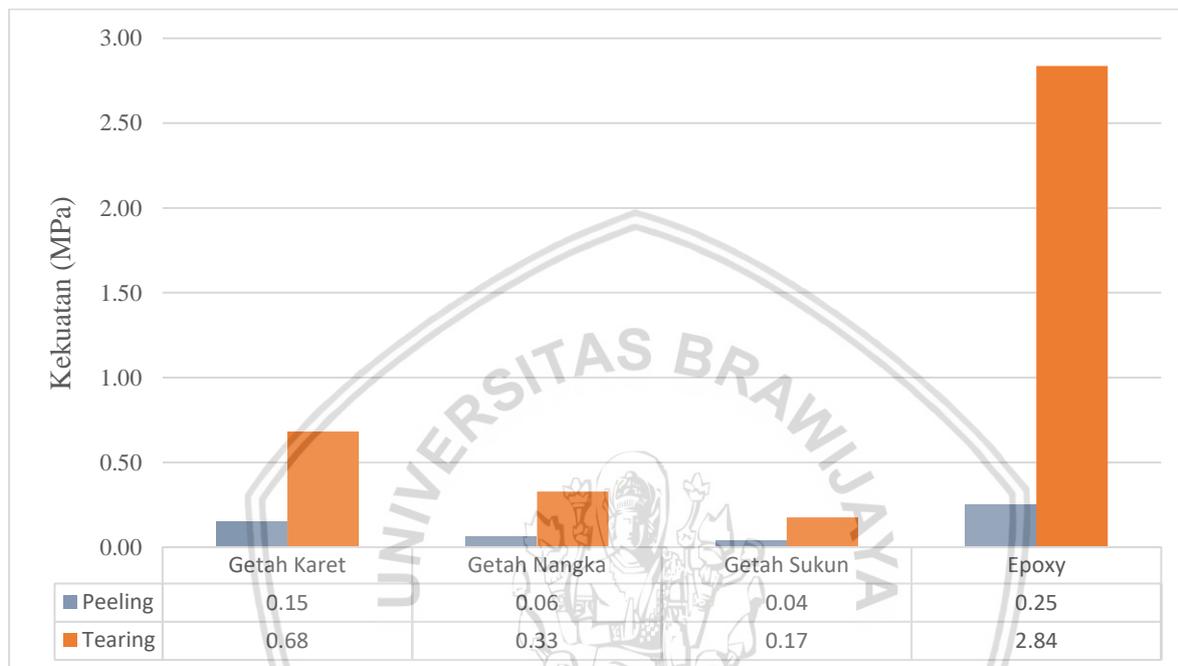


(a)
(b)
Gambar 4.8 Distribusi Perekat Spesimen Pengujian *Peeling*. a) Getah Nangka. b) Getah Sukun

4.2.3 Kekuatan *Peeling* dan *Shearing* pada *Adhesive Joint*

Grafik dibawah menunjukkan pengaruh jenis *bio base adhesive* terhadap kekuatan *Peeling* dan *Shearing* dari *adhesive joint*. Dari gambar 4.9 didapat nilai urutan kekuatan *Peeling adhesive* (grafik batang warna biru) dari yang terbesar menuju yang terkecil yaitu *adhesive* dengan epoxy, getah karet, getah nangka, dan getah sukun. Besar dari kekuatan *peeling* ini diambil dari *load* maksimal setiap variasi pada grafik *load – displacement*, untuk perhitungannya dapat dilihat pada sub bab 4.1. Sedangkan perbedaan kekuatan *peeling* dari

masing-masing *adhesive* disebabkan karena *adhesive* memiliki kemampuan ikat antar permukaan yang berbeda-beda. *Bio base adhesive* terutama pada getah karet ini memang tidak kalah jauh kekuatan *peeling* dari epoxy yang berbahan dasar sintesis karena *bio based adhesive* ini memiliki sisi kelebihan dengan kekuatan *peeling* sebesar 0,15 MPa, getah karet ini mudah didapatkan, tidak merusak lingkungan dan tanpa perlu keahlian khusus.



Gambar 4.9 Nilai Kekuatan *Peeling* dan *Shearing* pada Variasi *Bio Based Adhesive*

Sedangkan pengaruh jenis *bio base adhesive* terhadap kekuatan *shearing* dari *adhesive joint* (grafik batang warna *orange*). Dari gambar 4.9 didapat nilai urutan kekuatan *shearing adhesive* dari yang terbesar menuju yang terkecil yaitu *adhesive* dengan epoxy, getah karet, getah nangka, dan getah sukun. Besar dari kekuatan *shearing* ini diambil dari *load* maksimal setiap variasi pada grafik *load – displacement*, untuk perhitungannya dapat dilihat pada sub bab 4.2 pembahasan. Sedangkan perbedaan kekuatan *shearing* dari masing-masing *adhesive* disebabkan karena *adhesive* memiliki kemampuan ikat antar permukaan yang berbeda-beda.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengujian *peel* dan *shearing* pada sambungan *adhesive joint* dengan memvariasikan *bio based adhesive* didapatkan kesimpulan :

- a) Pemberian *bio based adhesive* pada *adhesive joint* dapat dijadikan bahan perekat alternatif. Getah pohon karet merupakan *bio based adhesive* yang memiliki kekuatan *peeling* dan *shearing* paling tinggi dibandingkan *bio based adhesive* lainnya. Sehingga getah pohon karet dapat disejajarkan dengan *adhesive* sintetis seperti epoxy.
- b) *Adhesive bio based adhesive* pada *adhesive joint* memiliki pengaruh lama sambungan *adhesive* hingga patah dengan ditunjukkan pada nilai *displacement* setelah melewati *load* maksimum. Getah pohon karet merupakan *adhesive* yang memiliki lama sambungan *adhesive joint* terlama dibandingkan *adhesive* pada penelitian ini.
- c) Pengaruh *bio based adhesive* pada *adhesive joint* dikarenakan *adhesive joint* memiliki kemampuan ikat antar permukaan melalui karakteristik seperti kandungan polimer dan viskositas masing-masing getah.
- d) Patah yang terjadi pada masing-masing spesimen didominasi oleh patah *adhesive*, *adherent* dan *cohesive fracture*.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

- a) Mevariasikan *bio based adhesive* dengan bahan kimia agar dapat memiliki nilai jual di pasaran beserta pengujian yang berstandar.
- b) Menggunakan variasi waktu lama pengeringan setelah pengeleman.
- c) Perlu diperhatikan saat penyadapan getah pohon agar tidak terjadi kesalahan pada pengeleman. Karena setiap pohon memiliki getah yang berbeda viskositasnya.
- d) Menggunakan pewarna alami pada masing-masing getah pohon sebelum perekatan agar dapat diidentifikasi pada penampang patahan.



DAFTAR PUSTAKA

- Adminbts. 2007. *Peluang Industri Berbahan Baku Kenaf*. Indonesia: Ditjen Perkebunan Republik
- Clayton A., 1987 *Handbook of Adhesive Technology 2nd Edition*, Marcel Dekker Inc., New York, 2003, hal. 828.
- Herminiwati, dkk. 2008. Lem Komponen Karet untuk Sepatu Kulit yang dibuat dengan proses Vulkanisasi. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. Yogyakarta
- Dieter, George,E. 1988. *Mechanical Metallurgy*. London.: McGraw – Hill
- Direktorat Gizi Depkes R.I 1979. *Survei Potensi Desa Propinsi Banten*. Jakarta: DEPKES.
- Ebnesajjad, Sina dkk. 2013. *Surface Treatment of Materials for Adhesive Bonding 2nd Edition*. London : Elsevier Inc.
- Eksani, Istihanah Nurul dkk. 2017. *Getah Pohon Kudo (Lannea coromandelica) Sebagai Alternatif Perekat Untuk Produk Kerajinan*. *Jurnal Dinamika Kerajinan Batik*. Balai Besar Kerajinan dan Batik, Indonesia
- Hamayouni, SM & Vasili, MR. 2014. *Bonding Technologies in Manufacturing Engineering*. The Department of Engineering at the National University of Singapore, Singapore
- Jouan, Alexandre. 2017. *A Critical Comparison Of Shear Tests For Adhesive Joints*. *International Journal of Adhesion and Adhesives*.
- Kemenperin.2012.*Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan,Cetakan Keempat*. Jakarta: Mutiara Sumber Wijaya.
- Lempang, Mody. (2016). *Pemanfaatan Lignin Sebagai Bahan Perekat Kayu*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Balai Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Makassar.
- Mark, J.E. and Burak Erman. 2005. *Science and Technology of Rubber 3rd Edition*. *Journal Science and Technology of Rubber*. Turkey
- Musa, Luqman. 2015. *Pengaruh Hybrid Tackifiers terhadap Viskositas, Kekuatan Peel, dan Geser pada Getah Karet Alam Dan Epoxy Berbahan Dasar Getah Karet Alam*. *Jurnal Trans Tech Publications*. Universitas Malaysia Perlis
- Madison, Wisconsin. 2010. *Wood handbook—Wood as an engineering material*. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 508 p.
- Patrie, Edward, M. 2007. *Handbook of Adhesive and Sealants*. New York : McGraw – Hill

- Prayitno, T.A., 1996. *Perekatan Kayu*. Bagian Penerbitan Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Purwanta.2008. *Senyawa Kimia Makro Molekul Beberapa Tumbuhan Artocarpus Hutan Tropika Sumatera Barat*. Disertasi ITB, Bandung
- Qurrota'aini, Inas Fadhillah (2016). *Pengaruh Pemakaian Tali Lem Getah Nangka Terhadap jumlah lalat terperangkap*. di laboratorium kampus 7 Poltekkes Semarang Tahun 2016.
- Raharjo dan Ariawan. 2011 . *Pengaruh Variasi Adhesive Terhadap Kekuatan Bending Komposit Cantula Dengan Core Honeycomb Kardus Tipe C-Flute*
- Ramadhani. 2009. Lembaga Biologi Nasional, Bogor : LIPI
- Ruhmana. 1997. *Budidaya Nangka*.Yogyakarta : Kanisius
- Ruhendi, S. (2008). *Kualitas Papan Partikel Kenaf Menggunakan Perekat Likuida dengan fortifikasi Melamin Formaldehid*. Ilmu Dan Teknologi Hasil Hutan, 1(1), 34–44
- Schultz et al. 2011. *Biological Adhesive System: Form Nature to Technical and Medical*
- Setiawan dan Andoko. 2005. *Lem Kompon Karet Untuk Sepatu Kulit Yang Dibuat Dengan Proses Vulkanisasi*. Majalah Kulit, Karet dan Plastik, (24) 1, Yogyakarta.
- Sucipto, Tito. 2009 .*Metode Likuifikasi kayu*, Karya Tulis Ilmiah Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara
- Sulistyaningsih. 2009. *Berkebun 21 Jenis Tanaman Buah*. Jakarta; Penerba Swadaya.
- Sulistyanto, E. P., Darmanto, Y. S., & Amalia, U. 2015. *Karakteristik Perekat Alam dari Tiga Jenis Pohon yang Berbeda*. Ilmu Dan Kehutanan Tropis, 7(1), 23–32.
- Sumarna, Yana dkk. 2011. *Budidaya Kayu Pinus*. Jurnal Dinamika Kerajinan Kayu. Balai Besar Kerajinan, Indonesia
- Susilowati, dkk. (2013) *Pemanfaatan Lignin Dari Limbah Kulit Buah Kakao Menjadi Perekat*. Jurnal Jurusan Teknik Kimia UPN Veteran, Surabaya, Jawa Timur.
- Syamsuhidayat dan Hutapea. 1991. *Inventaris Tanaman Obat Indonesia*, Edisi Kedua. Jakarta : Departemen Kesehatan RI.
- Tanaka. 1998. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Jakarta ; Penebar Swadaya
- Wicaksono. 2013. *Penambahan Getah Kulit Batang Nangka (Artocarpus Heterophyllus) Pada Plester Untuk Penurun Demam*. Semarang. UNNES
- Widiyanto, A. 2011. Kualitas papan partikel kayu karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) dan bambu tali (*Gigantochloa apus* Kurz) dengan perekat likuida kayu. *J. Penelitian Hasil Hutan*, 29(4):301-311.
- Widowati. 2004. [Http://www.farmasiku.com](http://www.farmasiku.com), diakses tanggal 1 April 20018