

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Harekrishna (2009) melakukan penelitian mengenai biji bunga *Mesua ferrea* L. (bunga berasal dari Srilangka) yang dimana bijinya mengandung *oil-based hyperbranched polyurethane/ clay nanocomposites*. Nanokomposit ini dapat digunakan sebagai perekat yang sangat baik. Formasi dari nanokomposit secara signifikan meningkatkan karakteristik kinerja seperti kekuatan perekat, sifat mekanik, dan termostabilitas, tanpa mempengaruhi ketahanan benturan dan fleksibilitas. Kekuatan perekat nanokomposit diuji dengan menggunakan material yang berbeda-beda yaitu kayu lapis, aluminium, dan lembaran plastik (*polypropylene*) untuk mengevaluasi kinerja dan pengaruh sifat permukaan pada *shear test*. Dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan *adhesive* untuk material kayu adalah yang tertinggi. Dari penelitian tersebut dapat menunjukkan potensi bahan-bahan alami sebagai biomaterial canggih.

Sumarto (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.

Suseno (2014) melakukan penelitian mengenai ekstraksi tanin dari kulit kayu merbau sebagai perekat bambu. Perekat tersebut digunakan untuk membuat papan komposit tiga lapis yang lapisan belakang dan inti terdiri dari kayu sengon (*Falcataria moluccana*), dan jabon (*Anthocephalus chinensis*), sementara lapisan mukanya terbuat dari salah satu jenis bambu, yaitu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*), mayan (*Gigantochloa robusta* Kurz.), dan bitung (*Dendrocalamus asper* Schult. F.). Dimana ekstraksi tanin tersebut memiliki sifat mekanis yang cocok untuk dijadikan perekat alam. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan jika

ekstraksi tanin dari kulit kayu merbau dapat digunakan sebagai perekat alami untuk produk pelekat laminasi bambu.

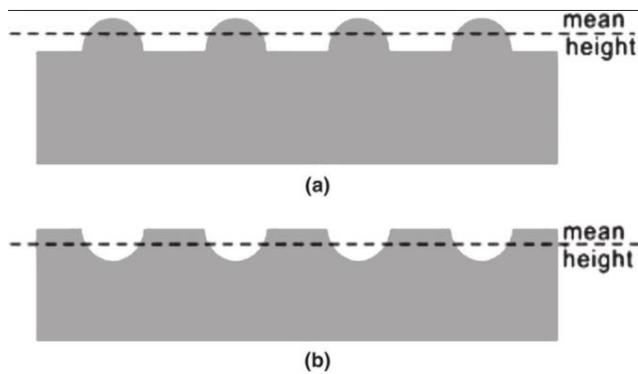
Lempang (2016) melakukan penelitian tentang penggunaan lignin sebagai perekat kayu. Lignin diperoleh dari hasil sampingan proses pembuburan kayu. Karena jumlahnya besar, alami dan merupakan produk yang dapat diperbaharui, lignin mempunyai potensi besar untuk penggunaan beberapa industri. Akan tetapi lignin mempunyai keterbatasan pemanfaatan secara komersial disebabkan oleh sifat kimia dan fisiknya yang rumit dan karakteristiknya yang sangat bervariasi. Oleh karena itu lignin merupakan polimer alam yang menarik untuk modifikasi kimia. Hasil modifikasi ini telah menghasilkan beberapa jenis produk perekat kayu antara lain resin lignin fenol formaldehida (L-PF) dan resin resol yang dimana lignin dapat digunakan sebagai bahan *bio-based adhesive*.

2.2 Bonding Material

Bonding material adalah suatu metode penyambungan material yang banyak digunakan pada proses manufaktur sekarang ini. *Bonding material* yang paling sering digunakan adalah *wafer bonding*. *Wafer bonding* digunakan untuk proses kemasan *microelectron mechanical system (MEMS)*. Teknik *wafer bonding* dibagi menjadi enam metode, yaitu *direct bonding*, *surface activated bonding (SAB)*, *glass frit bonding*, *eutectic bonding*, *thermocompression bonding*, dan *adhesive bonding*.

a. Direct Bonding

Direct bonding merupakan jenis penyambungan material secara langsung tanpa menggunakan perantara untuk penyambungan. *Direct bonding* harus memiliki permukaan material yang saling melengkapi untuk melakukan kontak dan penyambungan ini dilakukan secara spontan. Permukaan yang digunakan untuk metode *direct bonding* harus datar, halus dan bersih.



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

Untuk menghasilkan *bonding* biasanya sambungan yang maksimal pada metode *direct bonding* yang sangat perlu diperhatikan adalah geometrik, sifat mekanik, sifat fisik, sifat kimia, dan konduktivitas termal.

b. *Thermocompression Bonding*

Thermocompression bonding bisa digunakan untuk sambungan material berjenis metal dengan metal. *Thermocompression bonding* tidak membutuhkan permukaan yang halus. Tiga jenis fitur yang mempengaruhi kualitas dari *thermocompression bonding* adalah:

- Sifat dari permukaan.
 Sifat dari permukaan ini meliputi kekasaran permukaan dan sifat kimia permukaan.
- Lingkungan dari sambungan.
 Lingkungan dari sambungan ini meliputi besar tekanan yang diterima sambungan, temperatur, dan lama penyambungan.
- Instrumentasi dan kontrol.

Proses dari *thermocompression bonding* adalah dengan memberikan tekanan pada material yang akan disambungkan ditambah dengan perlakuan panas. Dari banyak investigasi yang ada material yang baik digunakan untuk *thermocompression bonding* adalah Cu. Al menempati urutan kedua untuk material yang digunakan *thermocompression bonding*.

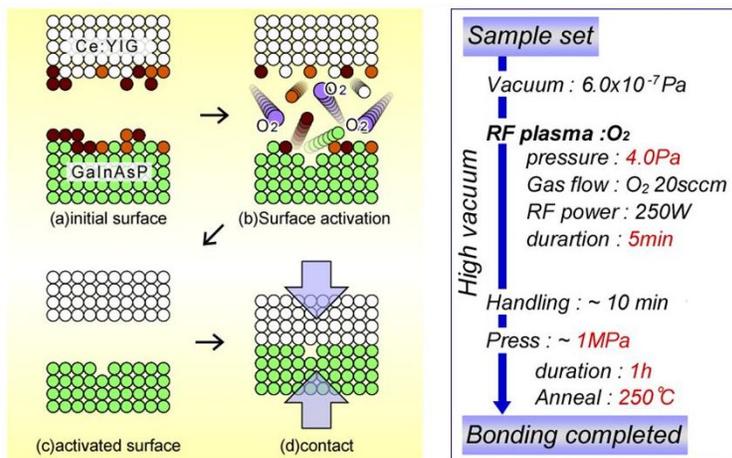
Untuk hasil yang maksimal pada *thermocompression bonding* dari banyak investigasi yang dilakukan didapat semakin besar tekanan yang diberikan pada sambungan akan semakin meningkatkan kekuatan dari sambungan. Yang kedua semakin besar temperatur yang digunakan maka semakin meningkat pula kekuatan dari sambungan. Tapi untuk temperatur memiliki batas

temperatur untuk setiap material. Jadi seandainya material itu melewati batas temperatur yang ada malah akan menyebabkan kekuatan sambungan menurun.

c. *Surface Activated Bonding* (SAB)

Berbeda dengan *thermocompression bonding* yang menggunakan temperature tinggi, SAB merupakan metode penyambungan material yang dapat menggunakan suhu kamar dalam prosesnya. SAB mampu untuk menyambungkan berbagai material berbeda tanpa perekat apapun. Dua permukaan yang disambungkan harus dalam keadaan bersih atomik, dibersihkan dengan pancaran tumbukan ion. Diantara teknik penyambungan lainnya, SAB menyediakan permukaan aktif yang memiliki energi sambungan tingkat tinggi. Teknik SAB menghasilkan permukaan yang bersih dan sifat kimia sambungan yang tidak sempurna, yang aktif dan dapat bereaksi dengan atom yang lain untuk membentuk sambungan.

Untuk membersihkan lapisan yang kotor dan menyerap molekul, dan membawa kedalam suhu kamar, dua permukaan diaktifkan menggunakan argon untuk dilakukan fast atom *beam bombardment*. Setelah permukaan diaktivasi, harus tetap dijaga bersih sampe proses penyambungan selesai. Ruang hampa udara yang tinggi berguna untuk pengaktifan saat proses penyambungan. Teknik SAB juga dapat digunakan untuk menyambungkan bermacam material contohnya silikon dengan silikon, silikon dengan keramik, metal dengan metal dan lain-lain.



Surface activation in vacuum chamber

Gambar 2.2 Surface Activated Bonding

Sumber : SM Hamayouni (2014, p.241)

d. *Glass Frit Bonding*

Glass frit bonding merupakan suatu teknik penyambungan dengan menggunakan lapisan kaca. Proses ini dilakukan dibawah suhu 450° . Hampir semua material yang digunakan pada MEMS dapat disambungkan dengan metode ini. Titik leleh kaca yang rendah dapat menyambungkan dua material atau lebih. Dari metode *wafer* yang lainnya, metode ini sangat cocok digunakan untuk pengemasan MEMS.

Metode penyambungan ini mengacu pada titik leleh kaca yang rendah sebagai lapisan intermediet. Dalam metode ini material harus dalam keadaan yang cukup lunak untuk dilakukan penyambungan dengan metode wafer, tetapi tidak terlalu lunak sehingga dapat mengalir ke permukaan wafer.

e. *Eutectic Bonding*

Metal eutectic bonding merupakan suatu teknik penyambungan yang populer dan merupakan teknik andalan dalam industri semi konduktor untuk membuat sambungan yang kuat dan segel kedap udara. *Eutectic bonding* tidak membutuhkan ruang yang sangat hampa udara (*vacuum*) atau perlakuan *annealing* setelah penyambungan. Material yang bisa menggunakan *eutectic bonding* adalah Al-Si (suhu 600°), Au-Si (Pada suhu 380° - 400° C), Au-Sn (pada suhu 300°), Au-In (pada suhu 275°) dan lain-lain.

f. *Adhesive Bonding*

Adhesive bonding adalah teknik penyambungan dengan menggunakan temperatur rendah yang dimana dibutuhkan perekat polimer yang digunakan untuk menyambungkan bermacam pola. *Adhesive bonding* tidak memerlukan perlakuan secara istimewa seperti pembersihan yang berlebihan dan *planarization*. Sifat yang paling penting yang dimiliki *adhesive bonding* terdiri dari sifat elektrik konstan, stabilitas termalnya yang baik, *Modulus Young* yang rendah, dan cocok untuk menyambungkan dua material yang berbeda.

Adhesive bonding memiliki kelebihan diantara yang lain, sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan di temperatur yang rendah (tergantung dari material polimer yang digunakan, antara temperatur kamar - 350° C),
2. Memiliki kemampuan untuk membuat sambungan lebih dari 2 material,
3. Teknik ini baik digunakan sebagai pelengkap pada komponen semi konduktor.

Bisa diaplikasikan pada bermacam-macam material dan harganya yang murah merupakan karakteristik penting dari *adhesive bonding* dibanding dengan teknik *bonding*

lainnya. Kestabilan temperatur yang terbatas adalah fokus utama dari *adhesive bonding*. Rendahnya keakuratan dari sambungan perekat membatasi aplikasi dari metode *adhesive bonding*. Dengan demikian, teknik *bonding* ini bisa diaplikasikan dimana akurasi sambungan yang rendah diperlukan, atau hibrida dari *adhesive bonding* dan metode penyambunganlainnya dapat meningkatkan kekuatan dari sambungan.

Polimer perekat digunakan pada permukaan dari material yang akan disambungkan. Material disambungkan satu sama lain dibawah tekanan yang ditentukan untuk menekan permukaan material yang disambungkan. Kemudian perekat akan berubah dari air menjadi padat. Penggunaan *adhesive bonding* ini juga bisa dengan ditambahkan perlakuan panas sampai pada suhu 350°C (SM Homayouni : 242).

2.3 Kayu Balsa

Balsa (*Ocroma Garnivora*) merupakan jenis kayu yang mempunyai pertumbuhan tercepat di dunia, dalam usia 7 tahun kayu ini dapat tumbuh hingga mencapai tinggi 27 meter dengan diameter pohon 45 cm dan mempunyai daun yang lebat serta lebar. Balsa dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis dengan curah hujan rata-rata 90 inch / tahun. Balsa banyak ditemui di Equador dan Brazil dimana pohon ini dibudidayakan secara luas.

Kayu Balsa sangat banyak dimanfaatkan masyarakat karena kayu balsa sangat mudah dikerjakan karena bersifat ringan dengan serat yang halus seperti diketam, dipotong, diampelas, sangat mudah dilakukan pada kayu balsa. Kualitas balsa ditentukan oleh tingkat densitasnya. Semakin kecil tingkat densitasnya semakin bagus kualitas balsa tersebut dan biasanya semakin mahal pula harganya. Kayu balsa biasanya dipasarkan dalam bentuk lembaran (*sheet*) atau balok-balok kecil, tergantung peruntukan balsa tersebut. (Atmoko : 2014)

Menurut Hariyanto (2006) Kayu balsa dengan ketebalan 12 mm memiliki kekuatan sebanding dengan baja setebal 3mm. Untuk menghasilkan kekuatan yang sebanding kayu balsa dibuat dengan teknik *sandwich composite* dengan menggunakan teknik *adhesive*, sehingga kayu balsa dengan tebal 12 mm mempunyai kekuatan sama dengan baja 3 mm. Dengan teknik *balsa core composite* ini kayu balsa dapat digunakan dalam hal industri perkapalan (*Boat Builder*), Kendaraan Berat Ringan (*Low Weight Vehicle*), *aerospace industry*.

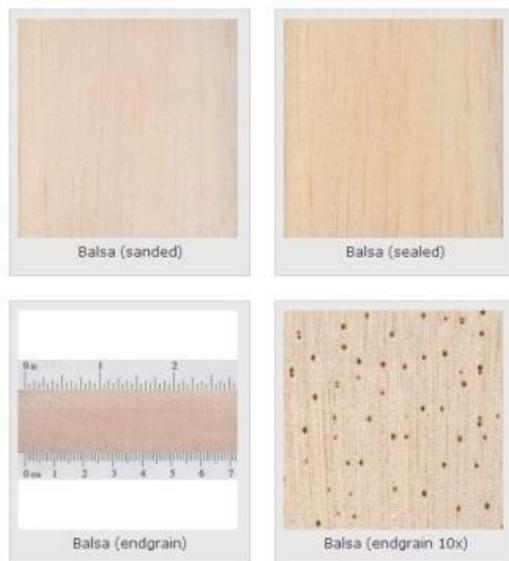
Kayu balsa merupakan kayu dengan struktur pori-pori yang besar, yang dimana saat keadaan kering kayu balsa memiliki berat yang sangat ringan. Keuntungan dari kayu berpori-

pori besar juga kayu tersebut sangat cocok untuk diaplikasikan dengan menggunakan perekat yang terbuat dari *natural adhesive*. Dimana *natural adhesive* sendiri sangat cocok diaplikasikan pada substrat yang berpori lebar, karena substrat yang berpori lebar dapat mendifusikan dan menguapkan residu air dari *natural adhesive* itu sendiri (Anonim, 2009b).

Density	163 ± 10 kg/m ³
Compressive Strength [×] low density medium density high density	4.7 MPa 12.1 MPa 19.5 MPa
Tensile Strength [×] low density medium density high density	7.6 MPa 19.9 MPa 32.2 MPa
Elastic Modulus - Compression Elastic Modulus - Tension	460 ± 71 MPa 1280 ± 450 MPa

[×] Low Density = 75 kg/m³ (0.0027 lb/in³); Medium Density = 150 kg/m³ (0.0054 lb/in³); High Density = 225 kg/m³ (0.0081 lb/in³)

Gambar 2.3 Hasil Uji Sifat Mekanik Kayu Balsa
Sumber : Doyle (1962, p.24)



Gambar 2.4 Mikroskopik Sifat Fisik Kayu Balsa
Sumber : Wood-Database (2014)

2.4 Adhesive

2.4.1 Pengertian 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 pematatan. (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)

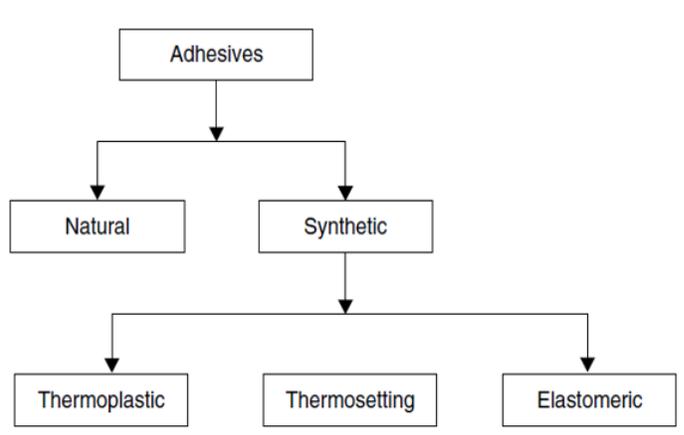
2.4.2 Fungsi Adhesive

Pada umumnya, *adhesive* bertujuan untuk menggabungkan beberapa bagian objek menjadi satu. Hal ini disebabkan kemampuan *adhesive* untuk mentransmisikan tegangan dari 1 bagian ke bagian yang lainnya secara merata dibandingkan menggunakan ikatan mekanik. Pada ikatan mekanik, kekuatan pada struktur terbatas pada area dimana objek bersentuhan dengan pengikat (*Machine Design*, 1976). Permukaan objek yang halus juga dapat dicapai dengan penggunaan *adhesive* dibandingkan dengan penggunaan pengikat mekanik yang membutuhkan

perubahan permukaan dan bentuk objek yang akan di satukan. Umumnya penyatuan material yang ringan menggunakan *adhesive* dibandingkan penggunaan pengikat konvensional dikarenakan distribusi tegangan yang lebih merata sehingga kekuatan objek yang di satukan dapat bergantung pada kekuatan dan kekakuan *adherends*.

2.4.3 Klasifikasi *Adhesive*

Pengklasifikasian *adhesive* dapat dilihat berdasarkan fungsi, sumber, bentuk fisik, cara pengaplikasian, komposisi kimia, dan lain-lain. Namun bila dilihat secara garis besar, *adhesive* terdiri dari natural dan sintetis.. Klasifikasi *adhesive* secara garis besar dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bagan klasifikasi adhesif secara garis besar.
Sumber: Ebnesajjad (2008,p.49)

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. (Wayback:2011). Keuntungan adhesive alami dibanding adhesive sintetis adalah kandungan racun pada adhesive, dimana adhesive sintetis lebih banyak mengandung racun yang berbahaya karena banyak menggunakan bahan kimia.

b. *Synthetic Adhesive*

Perekat sintetis didasarkan pada elastomer, termoplastik, emulsi, dan termoset. Contoh-contoh perekat termoset adalah: polimer epoksi, poliuretana, sianokrilat dan akrilik.

Perekat sintetis pertama yang diproduksi secara komersial adalah Karlsons Klister pada tahun 1920-an. (Schultz:2011)

Tabel 2.1 Kelompok Adhesive

<i>Origin and Basic Type</i>	<i>Adhesive Material</i>
<i>Natural</i>	<i>Animal</i> <i>Albumen, animal glue (inc, fish), casein, shellac, beeswax</i>
	<i>Vegetable</i> <i>Natural resins (gum arabic, colophony), oils and waxes (carnauba wax, linseed oil), carbohydrates</i>
	<i>Mineral</i> <i>Inorganic material</i>
<i>Synthetic</i>	<i>Elastomers</i> <i>Natural rubber (chlorinated rubber, cyclized rubber), Synthetic rubbers and derivatives, Reclaim rubber</i>
	<i>Thermoplastic</i> <i>Cellulose derivatives, vinyl polymers and copolymers, polyesters, polyacrylates, polyethers, polysulphones</i>
	<i>Thermosetting</i> <i>Animo plastics, epoxides and modifications, phenolic resins and modifications, polyesters, polyaromatics, furans</i>

Sumber : Shields, J. Adhesive Bonding, The Design Council

2.4.4 Adhesive Berbasis Air (*Water Based Adhesives*)

Adhesive ini terbuat dari material yang dapat larut atau terlarut di dalam air. Ada 2 jenis dari *adhesive* berbasis air yaitu larutan (*Solvent*) dan lateks (Yaroeh, 1983). Larutan terbentuk dari material yang hanya dapat larut dengan air atau air alkali (air basa). Sedangkan lateks adalah material polimerik yang tersebar di dalam media yang cair. Emulsi adalah penyebaran yang stabil dari 2 jenis cairan yang tidak tercampur dan tertahan dalam kondisi suspensi oleh bantuan zat yang disebut pengemulsi (*emulsifiers*). Dalam industri *adhesive*, penggunaan kata lateks dan emulsi dapat bertukar. Ada 3 jenis lateks yaitu: natural, sintetis, dan artifisial. Lateks natural merujuk pada material yang umumnya didapat dari pohon karet. Lateks sintetis adalah polimer

yang tersebar di dalam media cair akibat emulsi polimerisasi. Sedangkan lateks artifisial adalah lateks yang terbuat dengan cara melarutkan polimer padatan.

Bagian padat pada *adhesive* lateks berkisar 40-50% dibandingkan dengan *adhesive* berbasis pelarut yang hanya 20-30%. Kekurangan pada *adhesive* lateks adalah waktu kering cukup lama hingga terbentuk lekatan atau kekuatan rekat. Sedangkan kelebihan *adhesive* lateks adalah memiliki mampu-sapu (*brushability*) yang baik dan umumnya hanya membutuhkan tekanan yang kecil untuk menyemprot *adhesive* lateks dibandingkan *adhesive* berbasis pelarut. Selain itu *adhesive* lateks dapat dengan mudah dibersihkan dengan air.

4.2.5 Metode Perlekatan *Adhesive* Lateks

Proses perlekatan dengan *adhesive* lateks dapat dilakukan dengan cara disapu dengan kuas, disemprot, dialirkan, dan pelapisan gulung (*roll coat*). Beberapa teknik berikut merupakan teknik yang umum digunakan (Yaroch, 1983):

- Perlekatan Basah (*Wet Bonding*)

Teknik ini hanya bisa digunakan apabila salah satu *adherend* memiliki permukaan berpori atau *adhesive* yang digunakan bebas dari zat yang menguap. Jika *adherend* yang digunakan tidak berpori dan terdapat zat yang menguap pada *adhesive*, udara dapat terjebak di dalam *adhesive* yang mengering sehingga dapat menyebabkan kegagalan perlekatan. Pengaplikasian *adhesive* hanya dilakukan pada salah satu permukaan *adherend*. Proses perlekatan dilakukan saat *adhesive* masih dalam keadaan basah atau lengket, kemudian diberi tekanan (*pressure*) hingga *adherend* melekat. Untuk mengurangi waktu penjagaan tekanan setelah direkatkan, terkadang *adhesive* dibiarkan agak kering sebelum kedua objek di rekatkan. Waktu di saat adhesif kering sesaat sebelum objek direkatkan disebut “waktu perlekatan terbuka (*open assembly time*)”.

- Perlekatan waktu terbuka (*Open Time Bonding*)

Pada perlekatan waktu terbuka, *adhesive* diaplikasikan kepada kedua permukaan *adherend* yang akan di rekatkan. Kedua *adherend* kemudian dibiarkan terpisah dan didiamkan hingga waktu rekat yang dibutuhkan tercapai. Teknik ini membutuhkan salah satu permukaan *adherend* yang berpori.

- **Reaktivasi Pelarut (*Solvent Reactivation*)**
Pada metode ini, *adhesive* hanya diaplikasikan pada salah satu *adherend* lalu dibiarkan hingga kering. Untuk proses perekatan, *adhesive* kembali di reaktivasikan daya rekatnya dengan cara diberi pelarut. Kemudian kedua objek direkatkan dan diberi tekanan. Metode ini cocok untuk merekatkan objek yang kecil.
- **Reaktivasi Panas (*Heat Reactivation*)**
Pada metode reaktivasi panas, adhesif termoplastik diaplikasikan pada salah satu atau kedua *adherend* dan dapat dibiarkan hingga mengering. Untuk proses perekatan, bagian tersebut dipanaskan hingga *adhesive* tersebut lunak dan lengket. Proses perekatan dilakukan pada saat *adhesive* masih panas. Metode ini umumnya dilakukan pada *adherend* yang tidak berpori dan tahan panas. Temperatur untuk perekatan umumnya berkisar 121-170C.
- **Perekatan Bidang Kontak (*Contact Bonding*) dan *Pressure Sensitive***
Perekatan ini dapat digunakan apabila *adhesive* masih memiliki daya rekat setelah kering. Perbedaan kedua metode ini adalah pada *Pressure Sensitive*, adhesif hanya diaplikasikan pada satu objek. Sedangkan pada Perekatan Bidang Kontak, *adhesive* diaplikasikan pada kedua objek yang akan di rekatkan. Pada prosesnya, *adhesive* dibiarkan hingga kering sempurna, kemudian kedua objek di satukan dan diberi tekanan hingga merekat.

2.5 Bahan *Bio-Based Adhesive*

2.5.1 Pohon Nangka

Tanaman nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) merupakan salah satu jenis tanaman buah tropis yang multifungsi dan dapat ditanam di daerah tropis dengan ketinggian kurang dari 1.000 meter di atas permukaan laut yang berasal dari India Selatan. Menurut Sunarjono (2008), ada dua macam nangka, yakni:

- a. *Artocarpus heterophyllus* Lamk atau *Artocarpus integer* (Thumb) Merr yang biasa disebut nangka (Gambar 2.6).
- b. *Artocarpus champeden* (Lour) Stokes atau *Artocarpus integrifolia* Lf. yang biasa disebut cempedak.

Cempedak mempunyai bulu kasar pada daunnya serta beraroma harum spesifik dan tajam, sedangkan nangka tidak.

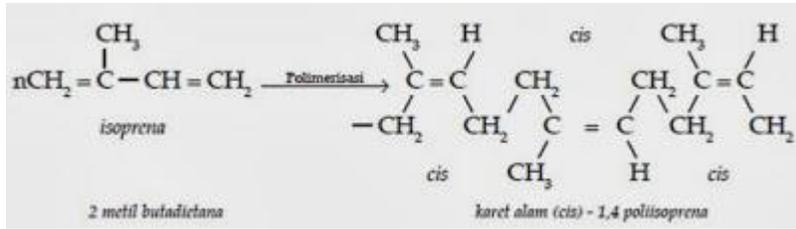
Kedudukan taksonomi tanaman nangka menurut Rukmana (1997), adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub-divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Morales
Famili : Moraceae
Genus : *Artocarpus*
Spesies : *Artocarpus heterophyllus* Lamk.



Gambar 2.6 Bentuk Pohon dan Buah Nangka
Sumber : wicaksono (2013)

Getah pohon nangka berwarna putih, sangat lekat, dan terdapat hampir di seluruh bagian tanaman, termasuk kulit batang dan buah. Menurut Trinidayati (2009) melakukan penelitian tentang kandungan getah pada pohon dan buah nangka yang menunjukkan polimer yang terkandung dalam getah nangka adalah poliisoprena dan polisakarida. Dimana poliisoprena merupakan *adhesive* alami/lateks. Dalam pengaplikasiannya di lingkungan masyarakat getah pohon dan buah nangka dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan perekat untuk menangkap burung karena getah pohon nangka memiliki kemampuan ikat yang bagus.



Gambar 2.7 Susunan Ikatan Kimia Poliisoprena
Sumber : Rija (2013)

Menurut Luther (2016) melakukan penelitian tentang getah pohon nangka menunjukkan bahwa getah pohon nangka mengandung pH 6,23. Dimana pH getah pohon nangka sesuai dengan standart SNI 06-6049-1999 dengan pH 3 – 8. Dimana pH dari perekat dapat mempengaruhi kemampuan ikat perekat dan material. Nilai pH yang rendah akan memperpanjang umur simpan dari perekat tersebut karena bakteri tidak dapat hidup dalam suasana asam (Sulistyanto, Darmanto, & Amalia, 2015). Sehingga menyebabkan kemampuan getah nangka untuk mengering cukup cepat.

Persyaratan nilai viskositas perekat menurut SNI 06-6049-1999 adalah minimal 1 poise dan hasil penelitian menunjukkan bahwa getah pohon nangka telah memenuhi SNI yaitu 2. Perekat yang baik adalah yang memiliki bentuk tidak terlalu kental maupun tidak terlalu encer. Menurut Santoso (2001) dalam Sulistyanto (2015), perekat yang nilai viskositasnya sesuai, akan membuat perekat mampu menembus pori dengan baik dan membentuk ikatan yang optimum, sehingga menghasilkan daya rekat yang baik. Selain itu menurut pengujian *tearing* dan *peeling* kekuatan getah pohon nangka yaitu sebesar 0,34 MPa dan 0,06 MPa.

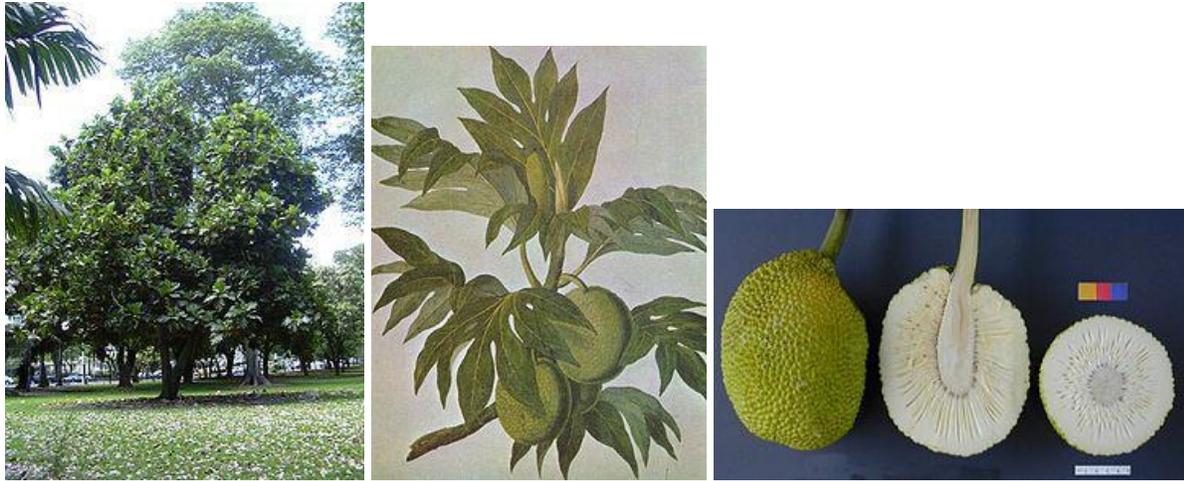
2.5.2 Pohon Sukun

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 2.7).

Menurut Syamsuhidayat dan Hutapea (2015) klasifikasi sukun adalah sebagai berikut:

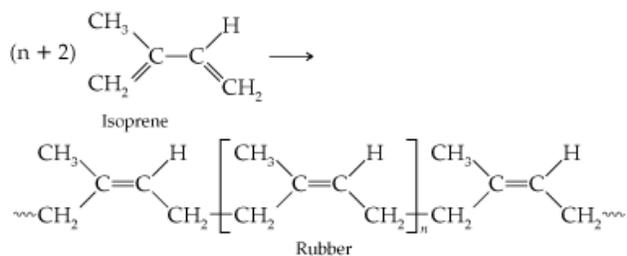
Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisio	: <i>Magnoliophyta</i>
Class	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Urticales</i>
Familia	: <i>Moraceae</i>

Genus : *Artocarpus*
 Spesies : *Artocarpus communis*



Gambar 2.8 Bentuk Pohon dan Buah Sukun
 Sumber : Syamsuhidayat (2015)

Pada batang dan daun sukun memiliki kandungan kimia antara lain saponin, polifenol, tanin, asam hidrosianat, asetilkolin, riboflavin sedangkan kulit batangnya mengandung flavonoida. (Depkes RI, 1979). Kandungan kimia berupa tanin dan flavonoida yang melimpah pada batang dan daun sukun dapat dimanfaatkan sebagai perekat berbahan dasar alami. Menurut Li dan Maplesden (1998), Seller dan George (2004), Amilia dkk. (2002) melakukan penelitian-penelitian yang berusaha meneliti tentang pemanfaatan tannin dan flavonoida. Dimana tanin dan flavonoida dapat digunakan sebagai bahan perekat kayu. Dan pada pengaplikasiannya di lingkungan masyarakat getah pada pohon sukun juga biasanya dimanfaatkan sebagai bahan perekat untuk menangkap burung, karena getah pohon sukun termasuk getah yang memiliki kemampuan rekat yang bagus.



Gambar 2.9 Susunan Ikatan Kimia Poliisoprena Getah Pohon Sukun
 Sumber : Apriady (2013)

Menurut Jonathan (2013) melakukan penelitian mengenai manfaat pohon sukun, dimana meliputi kandungan getah pohon sukun yang mengandung Ph 7. Sesuai standart SNI 06-6049-1999 dengan pH 3 – 8. Dimana pH dari perekat dapat mempengaruhi kemampuan ikat perekat dan material. Nilai pH yang rendah akan memperpanjang umur simpan dari perekat tersebut karena bakteri tidak dapat hidup dalam suasana asam (Sulistyanto, Darmanto, & Amalia, 2015). Oleh sebab itu kemampuan getah pohon sukun untuk mengering tidak cukup baik.

Persyaratan nilai viskositas perekat menurut SNI 06-6049-1999 adalah minimal 1 poise dan hasil penelitian menunjukkan bahwa getah pohon sukun telah memenuhi SNI yaitu 1,5. Perekat yang baik adalah yang memiliki bentuk tidak terlalu kental maupun tidak terlalu encer. Menurut Santoso (2001) dalam Sulistyanto (2015), perekat yang nilai viskositasnya sesuai, akan membuat perekat mampu menembus pori dengan baik dan membentuk ikatan yang optimum, sehingga menghasilkan daya rekat yang baik. Selain itu menurut pengujian *tearing* dan *peeling* kekuatan getah pohon sukun sebesar 0,17 MPa dan 0,04 MPa.

2.5.3 Pohon Karet

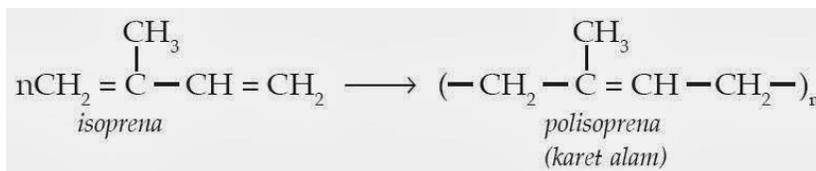
Tanaman karet (*Hevea Brasiliensis*) merupakan tanaman perkebunan yang bernilai ekonomis tinggi. Tanaman tahunan ini dapat disadap getah karetnya pertama kali pada umur tahun ke-5. Dari getah tanaman karet (lateks) tersebut bisa diolah menjadi lembaran karet (*sheet*), bongkahan (*kotak*), atau karet 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 dkk., 2008).

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

Devisio : Spermatophyta
 Subdevisio : Angiospermae
 Klas : Dicotyledonae
 Ordo : Euphorbiales
 Famili : Euphorbiaceae
 Genus : Havea
 Spesies : *Havea brasiliensis*

Susunan anatomi kulit karet berperan penting dengan produksi lateks dan produktivitas pohon tidak terlepas dari sifat anatomi dari sifat-sifat yang diturunkan oleh pohon karet itu sendiri. Karet mempunyai struktur anatomi seperti tanaman dikotil lainnya, secara umum jaringan kulit karet tersusun dan sel-sel parenchymatis yang diantaranya terdapat jaringan pengangkut xilem dalam pohon, keduanya dipisahkan oleh kambium (PTPN VII, 1993).

Getah pada pohon Karet yang berwarna putih adalah polimer hidrokarbon yang terbentuk dari emulsi kesusuan yang dikenal sebagai lateks. Lateks dikembangkan sebagai bahan perekat berbasis lateks karet alam (LKA) yang dimana getah pohon karet memiliki daya ikat yang cukup besar. Lateks pada getah pohon karet juga memiliki viskositas yang sesuai dimana viskositas lateks tidak tinggi sehingga lateks dapat membahasi dan melakukan penetrasi ke dalam pori-pori spesimen dengan baik.



Gambar 2.10 Susunan Ikatan Kimia Poliisoprena Getah Pohon Karet
Sumber : Rija (2013)

Menurut Istinah dkk (2017) menjelaskan bahwa perekat dari getah karet memiliki pH 4 sesuai standart SNI 06-6049-1999 dengan pH 3 – 8. Dimana pH dari perekat dapat mempengaruhi kemampuan ikat perekat dan material. Nilai pH yang rendah akan memperpanjang umur simpan dari perekat tersebut karena bakteri tidak dapat hidup dalam suasana asam (Sulistyanto, Darmanto, & Amalia, 2015).

Selain itu menurut Istinah dkk (2017) viskositas suatu cairan menunjukkan ukuran kekentalan cairan dimana semakin kental cairan berarti semakin lama waktu alir cairan tersebut. Persyaratan nilai viskositas perekat menurut SNI 06-6049-1999 adalah minimal 1 poise dan hasil penelitian menunjukkan bahwa getah pohon karet telah memenuhi SNI 3. Perekat yang baik adalah yang memiliki bentuk tidak terlalu kental maupun tidak terlalu encer. Menurut Santoso (2001) dalam Sulistyanto (2015), perekat yang nilai viskositasnya sesuai, akan membuat perekat mampu menembus pori dengan baik dan membentuk ikatan yang optimum, sehingga menghasilkan daya rekat yang baik. Dan menurut pengujian *tearing* dan *peeling* kekuatan getah pohon karet sebesar 0,68 MPa dan 0,15 MPa.



Gambar 2.11 Lateks pada Pohon Karet
Sumber : Wikipedia

2.6 Resin *Epoxy*

2.6.1 Tentang Resin *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.

2.6.2 Aplikasi Resin *Epoxy*

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

1. Perekat

Khusus *epoxy* cukup kuat untuk menahan kekuatan antara sirip. *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

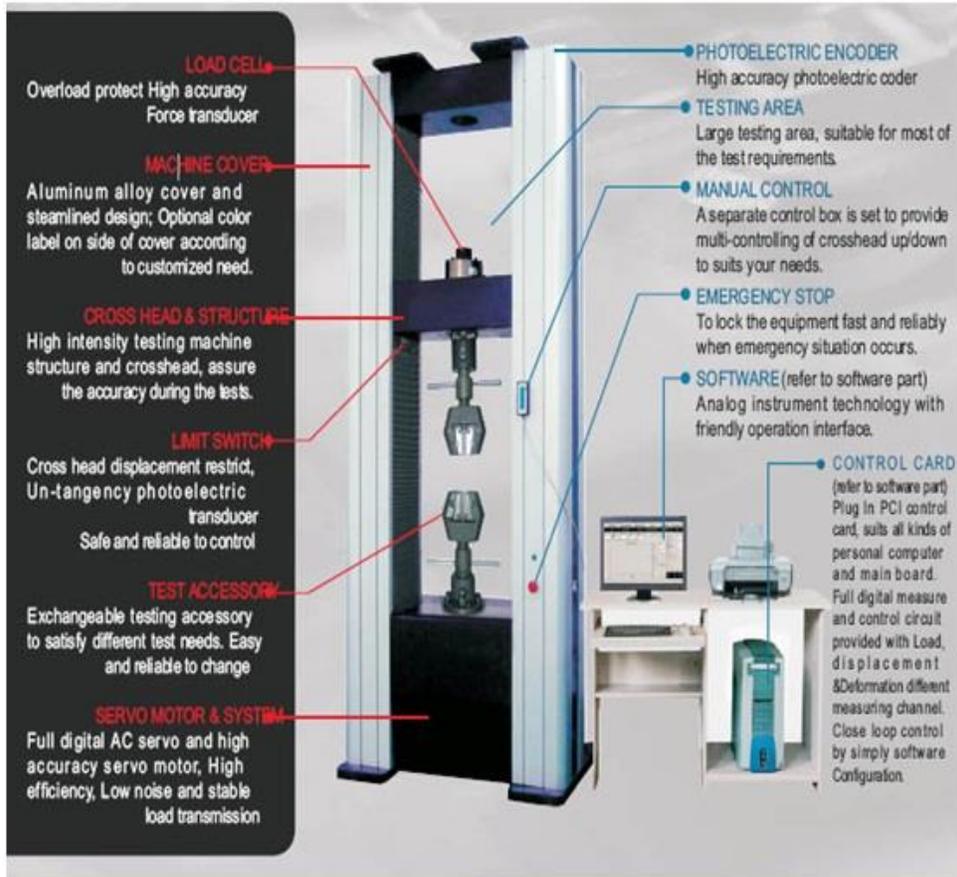
Epoxy resin yang digunakan dalam pembuatan bilah rotor turbin angin. resin ini tertanam pada bahan inti, seperti kayu balsa atau foam, dan media penguat, seperti kain, serat gelas atau serat karbon. Proses ini disebut VARTM, yakni Vacuum Assisted Resin *Transfer Moulding*. Karena sifat yang sangat baik,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

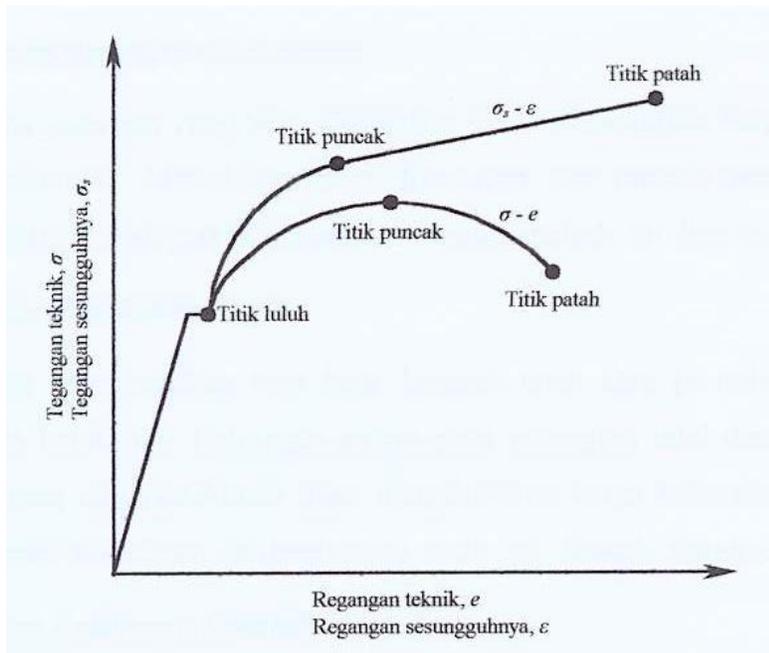
2.7 Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Dalam berbagai macam perlakuan material yang ada, salah satu perlakuan material untuk mengetahui kemampuan maksimum tegangan dan regangan material adalah dengan Uji Tarik (*Tensile Test*). Arti dari Uji Tarik sendiri adalah mengacu pada hasil yang keluar dari pengujian suatu material dengan cara menariknya hingga pada titik dimana material tersebut mengalami tegangan dan regangan maksimum hingga patah atau putus. Tujuannya adalah untuk mengetahui kemampuan ketahanan dalam tarikan pada suatu tingkatan daya tertentu (Joseph R. Davis, 2004).



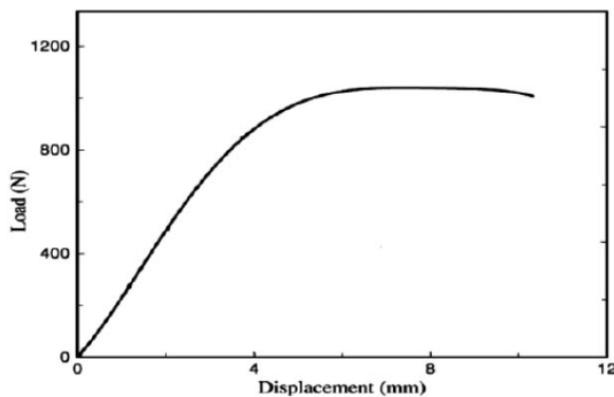
Gambar 2.12 Alat Uji Tarik
Sumber : Alat Uji (2018)

Uji Tarik yang dilakukan pada suatu spesimen silindris maupun lembaran yang sudah disesuaikan dengan standar tertentu (ASTM, JIS, DIN, dan SNI) baik logam maupun non-logam akan memberikan keterangan yang relatif lengkap mengenai perilaku material terhadap pembebanan mekanis, informasi tersebut berisi tentang Batas Proporsional (*proportionality limit*), Beban Elastis (*elastic limit*), Titik Luluh (*yield point*) dan kekuatan luluh (*yield strength*), Kekuatan Tarik maksimum (*Ultimate tensile strength*), Kekuatan Putus (*breaking strength*), Keuletan (*Ductility*), Modulus Elastisitas atau Modulus Young (E), Modulus Kelentingan (*Modulus of resilience*), Modulus Ketangguhan (*Modulus of toughness*), dan Kurva Tegangan-regangan (Dr. Akhmad, 2009).



Gambar 2.13 Tensile Stress-Strain Diagram

Sumber : Alat Uji (2018)



Gambar 2.14 Tensile Typical Load-Displacement Diagram

Sumber : Tabatabaiefar (2015)

Posisi kurva tegangan regangan sejati terhadap kurva tegangan regangan rekayasa atau teknik dapat dilihat pada gambar tersebut. Dapat dilihat bahwa tegangan yang diperlukan untuk terjadinya deformasi plastis terus meningkat dengan membesarnya regangan yang dialami oleh bahan uji hal ini berbeda dengan tegangan rekayasa. Pada kurva rekayasa, tegangan dihitung terhadap luas penampang awal yaitu A_0 . Sedangkan pada kurva sejati, tegangan dihitung terhadap luas penampang sesaat yaitu A_i . Pada penelitian ini menggunakan kurva tegangan regangan rekayasa disebabkan karena grafik yang terbaca pada alat pengujian tarik adalah A_0 .

Selain itu dengan menggunakan kurva tegangan regangan rekayasa (teknik) kita dapat melihat pembagian 3 daerah, yaitu :

- a. Daerah I , adalah daerah dari titik awal hingga titik luluhnya.
- b. Daerah II, adalah daerah dari batas luluhnya hingga tegangan maksimumnya.
- c. Daerah III, adalah daerah dari titik ultimate tensile strength hingga titik patahnya.

Untuk mendapatkan data pengujian dan mengkonversi untuk kurva tegangan-regangan ($\sigma - e$) dapat menggunakan rumus di bawah ini:

a. Tegangan: $\sigma = \frac{F}{A_0}$ (2.1)

Tegangan (Stress) adalah perbandingan antara Beban tarik dan Luas penampang awal spesimen.

b. Regangan: $e = \frac{\Delta L}{L_0}$ (2.2)

Regangan (Strain) adalah perbandingan antara pertambahan panjang L dengan panjang awal.

c. Reduksi Penampang: $RA = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100\%$ (2.3)

Reduksi Penampang (Area Reduction) adalah pengurangan luas penampang setelah perpatahan.

Keterangan:

F = Beban tarik (kg)

$A_0 =$ Luas Penampang awal Spesimen (mm) $= \frac{1}{4} \pi D_0^2$

$\Delta L =$ Lt - L₀

L₀ = Panjang awal (mm) (Carli, 2012)

2.8 Pengujian *Bending* (Flexural Test)

Pengujian bending merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang dilakukan terhadap spesimen dari bahan baik bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan bending maupun proses pelengkungan dalam pembentukan. Pelengkuan (*bending*) merupakan proses pembebanan terhadap suatu bahan pada suatu titik ditengah-tengah dari bahan yang ditahan diatas dua tumpuan.

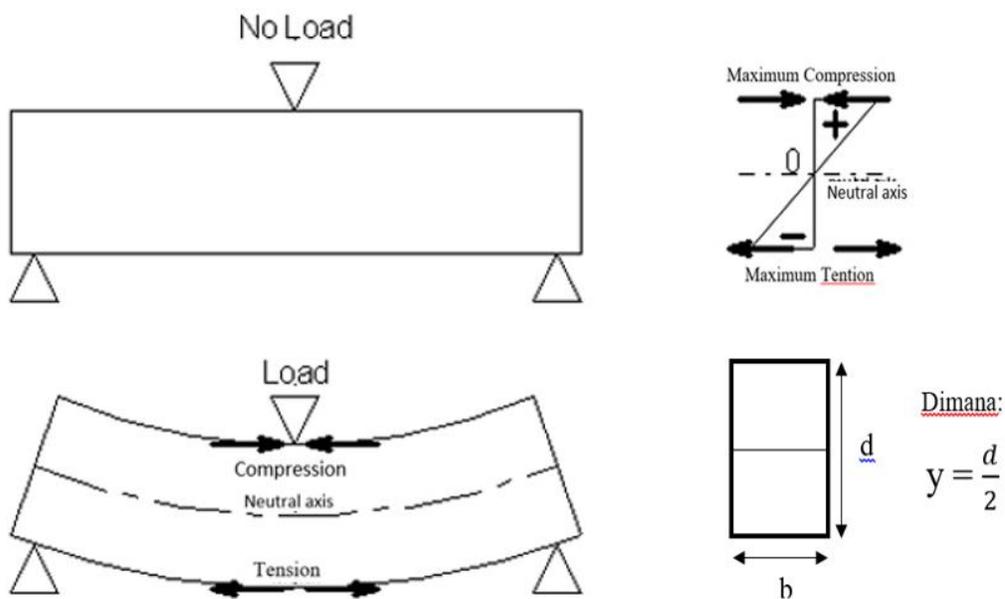
Pengujian lengkung beban ialah pengujian lengkung yang bertujuan untuk mengetahui aspek-aspek kemampuan bahan uji dalam menerima pembebanan lengkung, yakni :

1. Kekuatan atau tegangan lengkung (σ)
2. Lenturan atau defleksi (δ) Sudut yang terbentuk oleh lenturan atau sudut defleksi dan
3. Elastisitas (E) (Prayoga, 2012)

Pengujian Kekuatan *Bending* dapat dilakukan dengan *Metode Three Point Bending* atau *Metode Four Point Bending* menurut kondisi dari benda uji yang dipergunakan. Biasanya pada benda uji dengan kerataan yang kurang begitu sempurna dilakukan dengan *Metode Three Point Bending*, akan tetapi dengan hasil yang kurang maksimal apabila dipergunakan *Metode Four Point Bending*. Hal ini disebabkan terjadi konsentrasi pembebanan pada *Metode Three Point Bending*.

a. *Metode Three Point Bending*

Pada *three point bending*, spesimen atau benda dikenai beban pada satu titik yaitu tepat pada bagian tengah batang ($\frac{1}{2} L$). Pada metode ini material harus tepat berada di $\frac{1}{2} L$, agar mendapatkan momen maksimum karena saat mencari σ dibutuhkan momen maksimum tersebut. Berikut ini adalah ilustrasi dari pengujian kekuatan bending dengan *Metode Three Point Bending*.

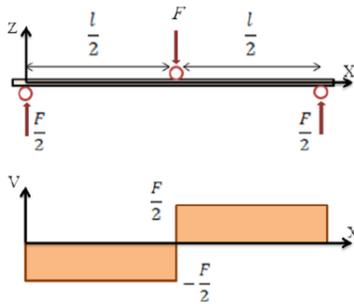


Gambar 2.15 Pembebanan Lengkung *Three Point Bending*
Sumber : Jeff Girard (2010)

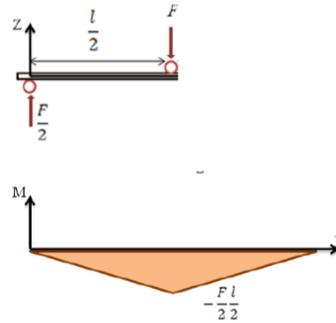
Setelah dilakukan pengujian *bending*, untuk mendapatkan Angka Kekuatan *Bending* digunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{M y}{I} \dots\dots\dots (2.4)$$

Menghitung F di titik Ra dan Rb



Menghitung Momen Maksimal



Dimana :

$Ra = Rb$
 $\Sigma Fy = 0$
 $Ra + Rb - F = 0$
 $Ra + Rb = F$
 $2Ra = F$
 $Ra = \frac{F}{2}$ dan $Rb = \frac{F}{2}$

$M_0 = Ra.L - F.L$
 $M_0 = \frac{F}{2} \cdot \frac{L}{2} - F \cdot 0$
 $M_0 = \frac{FL}{4}$

Sehingga

$$\sigma = \frac{M y}{I} \quad \sigma = \frac{\frac{FL}{4} \cdot \frac{d}{2}}{\frac{bd^3}{12}}$$

Gambar 2.16 Penurunan Rumus *Three Point Bending*

$$\sigma = \frac{3 FL}{2 bd^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:

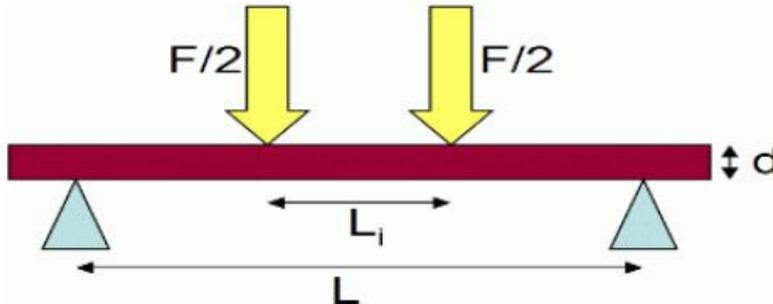
- σ = Tegangan bending (MPa)
- M= Momen
- y = Jarak pembebanan ke axis (mm)
- F = Beban (N)
- L = Panjang Span (mm)
- b = Lebar spesimen (mm)
- d = tebal spesimen (mm)

Dengan pembebanan ini bahan akan mengalami deformasi dengan dua buah gaya yang berlawanan bekerja pada saat yang bersamaan.

b. Metode *Four Point Bending*

Pada *four point bending*, benda kerja dikenai beban pada dua titik, yaitu pada $\frac{1}{3}L$ dan $\frac{2}{3}L$. Pembebanan menggunakan *four point bending* lebih baik dari pada menggunakan *Three*

point bending ini dikarenakan adanya rentang pada spesimen yang menyebabkan tegangan geser = 0. Ilustrasi pengujian dapat dilihat di gambar berikut :



Gambar 2.17 Pembebanan Lengkung *Four Point Bending*
Sumber : (Carli, 2012:103)

Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan bending pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan bending pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan dengan metoda *four point bending* dengan standard ASTM D 6272.

Pada perhitungan kekuatan metode four point bending, digunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{M y}{I} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\sigma = \frac{3 FL}{4 b d^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

σ = Tegangan bending (MPa)

M= Momen

y = Jarak pembebanan ke axis (mm)

F = Beban (N)

L = Panjang Span (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = tebal spesimen (mm)

Sedangkan untuk mencari modulus elastisitas bending menggunakan rumus :

$$E = \frac{11 FL^3}{32 bd^3 \delta} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas (MPa)

F = Beban (N)

L = Panjang Span (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

δ = Defleksi (mm) (Carli, 2012)

2.9 Hipotesis

Berdasarkan dasar teori serta penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka hipotesis yang dapat diperoleh yaitu dengan perbedaan karakteristik *bio-base adhesive* akan mempengaruhi kekuatan tarik dan bending kayu balsa dengan *adhesive joint*. Dimana *adhesive joint* dipengaruhi oleh *adhesive* dan *adherent* nya. Pada penelitian ini menggunakan *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, pH dan kekuatan ikat antar permukaan *adhesive* sesuai dengan dasar teori.