

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Uji Tarik dan *Bending* Kayu Balsa dengan Variasi *Bio-based Adhesive*

4.1.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tarik Kayu Balsa dengan Variasi *Bio-based Adhesive*

NO	Variasi <i>Bio-based Adhesive</i>	Δl (mm)	F (kgf)	ϵ (%)	σ (MPa)
1.	Getah pohon karet	11.599	241,105	7.681	28.129
2.	Getah pohon nangka	13.805	176.4	9.203	19.93
3.	Getah pohon sukun	10.197	159.23	6.798	15.963

Contoh perhitungan tegangan :

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

$$\sigma = \frac{241,105 \text{ kgf} \times 9,80665}{0,014 \text{ m} \times 0,006 \text{ m}} = \frac{2.362,836 \text{ N}}{0,000084 \text{ m}^2} = 28.129.000 \text{ Pa}$$

$$\sigma = \frac{28.129.000 \text{ Pa}}{1.000.000} = 28,129 \text{ MPa}$$

Dimana :

σ = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya pembebanan (N)

A = Luas penampang (m^2)

4.1.2 Data Hasil Pengujian *Bending*

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian *Bending* Kayu Balsa dengan Variasi *Bio-based Adhesive*

NO	Variasi <i>Bio-based Adhesive</i>	δ (mm)	F (N)	ε (%)	σ (MPa)
1.	Getah pohon karet	6.353	113,2		23,58
2.	Getah pohon nangka	6.202	112,58		23,45
3.	Getah pohon sukun	6.4375	92,08		19,18

Contoh perhitungan :

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I} = \frac{3FL}{2bd^2}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \times 113,2 \times 0,1}{2 \times 0,02 \times (0,006)^2}$$

$$\sigma_f = \frac{33,96}{0,00000144} = 23.583.333,33 \text{ Pa} = 23,58 \text{ MPa}$$

Dimana :

σ_f = Tegangan bending (MPa)

M = Momen bending maximum (N.m)

c = jarak dari sumbu netral ke momen maximum (m)

I = Momen inersia sepanjang penampang

F = Gaya yang diberikan (kgf)

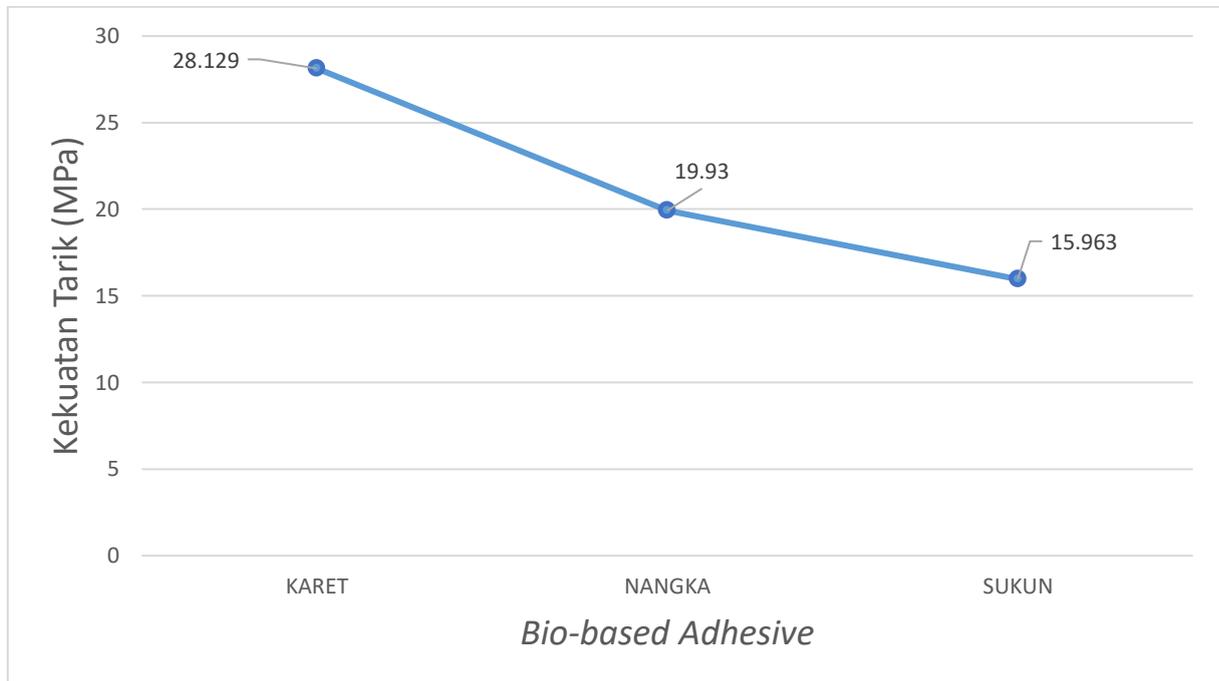
L = Panjang Lengan (m)

b = lebar spesimen (m)

d = tebal spesimen (m)

4.2 Pembahasan Kekuatan Tarik, dan Analisis Patahan

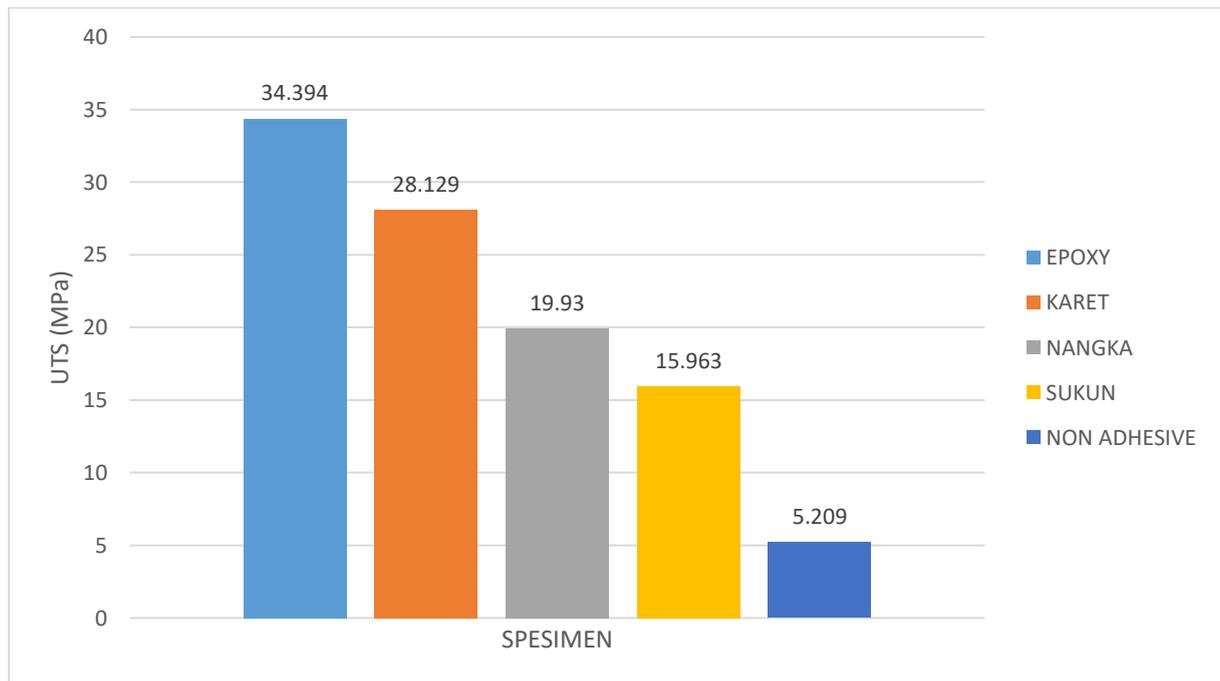
4.2.1 Grafik Pengujian Uji Tarik Kayu Balsa dengan Variasi *Bio-based Adhesive*



Gambar 4.1 Hasil Kekuatan Tarik Kayu Balsa dengan Variasi *Bio-based Adhesive*

Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan kekuatan tarik *adhesive joint* pada kayu balsa dengan memvariasikan *bio-based adhesive*. Dapat dilihat bahwa urutan kekuatan Tarik kayu balsa dengan *adhesive joint* di urutan dari yang paling tinggi ke rendah adalah kayu balsa dengan *adhesive joint* dengan getah pohon karet yaitu 28,129 MPa, dengan getah pohon nangka yaitu 19,93 MPa, dan terendah dengan getah pohon sukun yaitu 15,963 MPa. Perbedaan kekuatan ini disebabkan karena getah pohon yang digunakan pada *adhesive joint* kayu balsa memiliki karakteristik dan sifat getah yang berbeda-beda. Dimana menurut Lempang (2016) getah pohon karet memiliki nilai viskositas yang kecil dimana hal tersebut menyebabkan getah pohon karet sangat bagus dalam interlock pada permukaan specimen dibandingkan getah pohon yang lain sehingga dapat meningkatkan kekuatan ikat antara *adhesive* dan *adherent*. Getah pohon karet juga memiliki nilai pH yang kecil hal tersebut dapat mempercepat pengeringan getah sehingga kekuatan ikat antara *adhesive* dan *adherent* lebih kuat dari getah pohon yang lain (Luther : 2016). Hal tersebut berbanding lurus dengan hasil pengujian *tearing* dan *peeling* getah pohon karet yang memiliki nilai ikat permukaan yang paling tinggi. Dari karakteristik dan sifat tersebut menyebabkan nilai pengujian Tarik pada kayu balsa dengan *adhesive joint* tertinggi pada kayu balsa dengan getah pohon karet.

4.2.2 Grafik Hasil Pengujian Uji Tarik Kayu Balsa

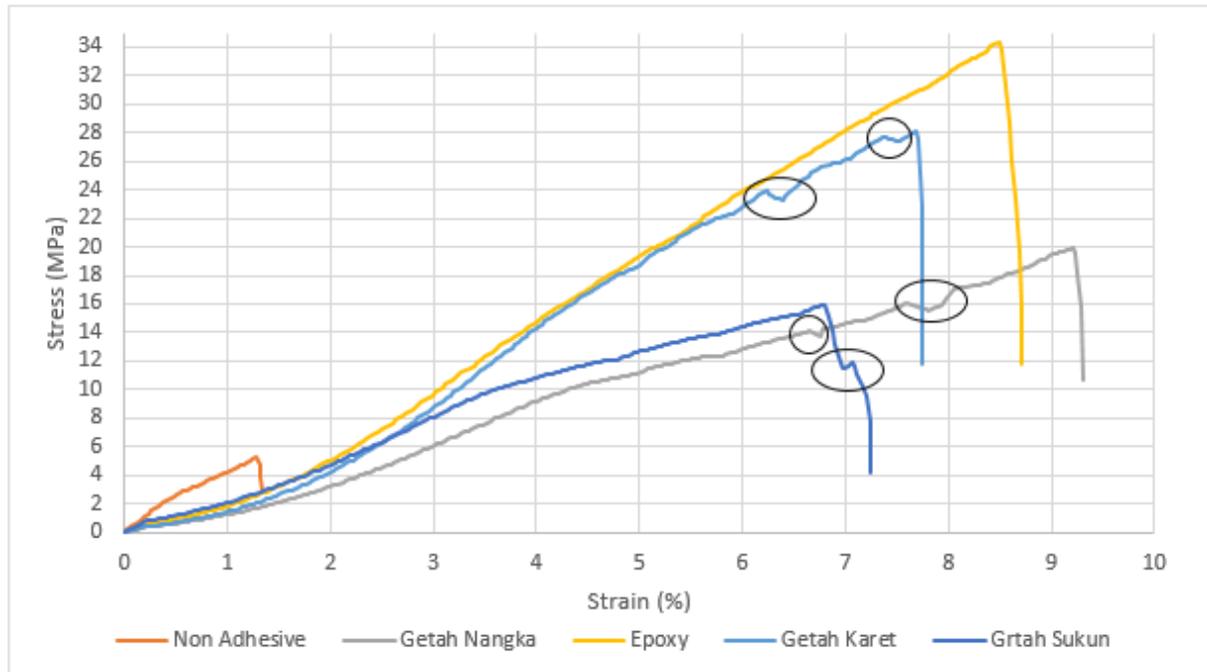


Gambar 4.2 Grafik perbandingan kekuatan tarik *Adhesive Joint* Kayu Balsa dengan Variasi *Bio-based Adhesive*, Kayu Balsa dengan *Adhesive Epoxy* dan Kayu Balsa tanpa *Adhesive*

Pada gambar 4.2 dapat dilihat *adhesive joint* dengan menggunakan getah pohon karet memiliki kekuatan tarik yang tinggi sebesar 28,129 MPa mendekati kekuatan tarik dari *adhesive joint* dengan menggunakan epoxy yang merupakan *adhesive* berbahan dasar sintesis dengan kekuatan Tarik sebesar 34,394 MPa. Dan dapat dilihat pula bahwa dengan memvariasikan jenis dari *bio-based adhesive* dapat meningkatkan kekuatan struktur mekanik yang berbeda-beda dari kayu balsa. Dimana kayu balsa sheet awal hanya mempunyai kekuatan Tarik sebesar 5,209 MPa kemudian mengalami kenaikan kekuatan tarik yang sangat signifikan saat kayu balsa sheet dilakukan *adhesive joint*. Hal tersebut disebabkan karena *adhesive joint* menggunakan bahan sintesis maupun bahan alami dapat mendistribusikan tegangan dengan merata di semua bagian antar muka dari kayu balsa yang digabungkan sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik dari kayu balsa itu sendiri. Sedangkan perbedaan kekuatan tarik dari masing-masing *adhesive* disebabkan karena *adhesive* memiliki kemampuan ikat antar permukaan yang berbeda-beda karena setiap getah pada pohon memiliki kandungan kimia yang berbeda-beda pula.

4.2.3 Analisis Grafik Pengujian Tarik Kayu Balsa (Regangan dan Tegangan)

Pada grafik tersebut diperoleh *tensile strength* (kekuatan Tarik) yang ditunjukkan oleh *ultimate strength* spesimen dan nilai *tensile strength* dengan variasi *adhesive*.



Gambar 4.3 Grafik Tegangan Regangan Kayu Balsa

Hubungan tegangan - regangan pada variasi spesimen kayu balsa menggunakan *adhesive joint*. Gambar 4.3 menunjukkan hubungan tegangan dengan regangan dari macam-macam variasi kayu balsa dengan *adhesive joint* diantaranya kayu balsa *sheet*, kayu balsa dengan *adhesive epoxy*, kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon karet, kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon nangka dan kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon sukun. Dimana dari grafik dapat diketahui sumbu x menjelaskan regangan dan sumbu y menjelaskan tegangan. Pada Grafik tersebut memiliki kecenderungan mengalami peningkatan secara konstan sampai titik ultimate kemudian mengalami penurunan, hal tersebut berlaku pada semua hasil spesimen kayu balsa dengan *adhesive joint* dengan pengujian tarik.

Pada grafik tegangan regangan juga menunjukkan bahwa kayu balsa *sheet* (tanpa *adhesive*) memiliki nilai tegangan dan regangan yang kecil dibandingkan dengan kayu balsa dengan *adhesive joint*. Hal tersebut menunjukkan kayu balsa dengan *adhesive joint* menggunakan *adhesive* berbahan dasar sintesis ataupun dengan menggunakan *bio-based adhesive* dapat meningkatkan tegangan dan regangan dari kayu balsa. Sehingga kayu balsa memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkan sebelumnya.

Pada grafik tersebut juga menunjukkan bahwa di beberapa titik terjadi fenomena dimana pembebanan tidak mengalami peningkatan tetapi pembebanan mengalami penurunan, pada fenomena tersebut terjadi kegagalan pada bagian *adhesive* bias disebut juga dengan *adhesive fracture*. Sedangkan pada saat pembebanan meningkat secara signifikan akan terjadi kegagalan pada struktur kayu balsa yang disebut juga dengan *structural fracture*. Sehingga pada grafik hubungan tegangan regangan diatas dapat menggambarkan bagaimana kayu balsa dengan *adhesive joint* mengalami kegagalan pada *adhesive (adhesive fracture)* dan kegagalan pada struktur (*structural fracture*) dari kegagalan tersebut dapat mempengaruhi kekuatan tarik yang dihasilkan dari variasi spesimen yang dilakukan pengujian tarik. Dengan hasil pengujian sebagai berikut :

Kayu balsa dengan *adhesive epoxy*. Kekuatan tarik dari kayu balsa dengan *adhesive epoxy* yaitu sebesar 34,394 MPa sebagai tegangan maksimal yang dapat dihasilkan dari kayu balsa tersebut. Dengan besar regangan maksimal yaitu 8.712%. Nilai modulus elastisitas variasi kayu balsa dengan *adhesive epoxy* adalah 394,788 GPa. Dimana nilai modulus elastisitas didapatkan dari perhitungan rumus :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana :

E : Modulus Elastisitas

σ : Tegangan

ε : Regangan

Kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon karet. Kekuatan tarik kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon karet yaitu sebesar 28,129 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 7.75%. Harga modulus elastisitas pada spesimen ini adalah 362,954 Gpa.

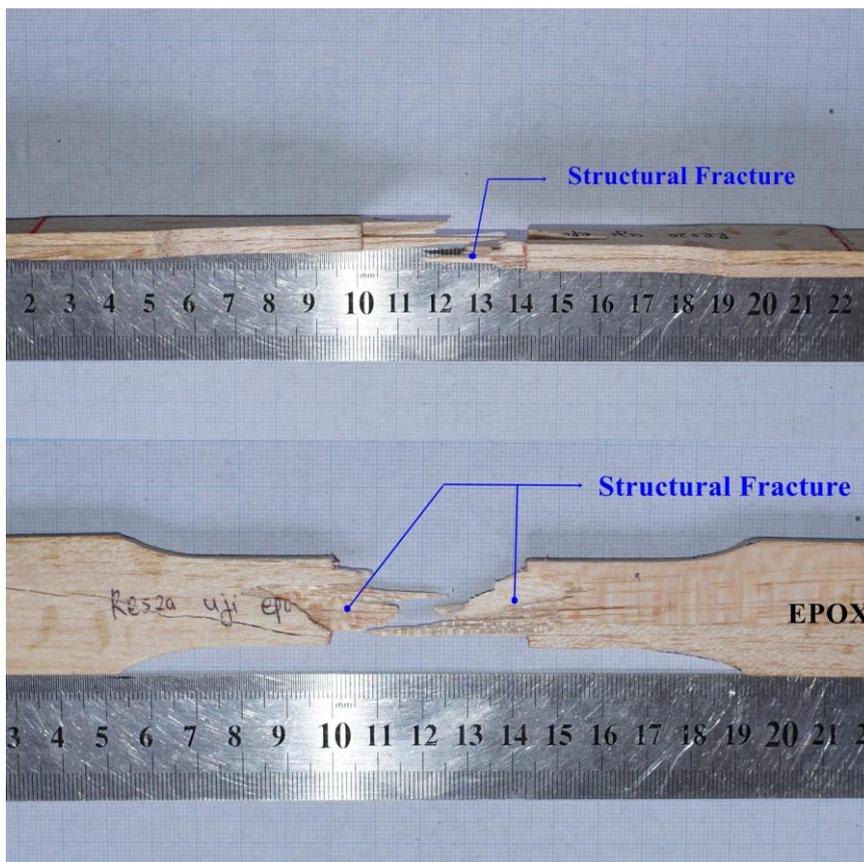
Kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon nangka. Kekuatan tarik kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon karet yaitu sebesar 19,93 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 9.306%. Harga modulus elastisitas pada spesimen kayu balsa ini adalah 214,162 GPa.

Kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon sukun. Kekuatan tarik Kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon sukun yaitu sebesar 15,963 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 7.245%. Harga modulus elastisitas pada spesimen kayu balsa ini adalah 220,331 GPa.

Kayu balsa *sheet* atau kayu balsa tanpa *adhesive*. Kekuatan tarik kayu balsa *sheet* atau kayu balsa tanpa *adhesive* sebesar 5.209 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 1,33%. Harga modulus elastisitas pada spesimen kayu balsa ini adalah 391,65GPa.

4.2.4 Analisis Patahan Kayu Balsa dengan *Adhesive Joint*

4.2.4.1 Analisis Patahan Kayu Balsa dengan *Adhesive Epoxy*

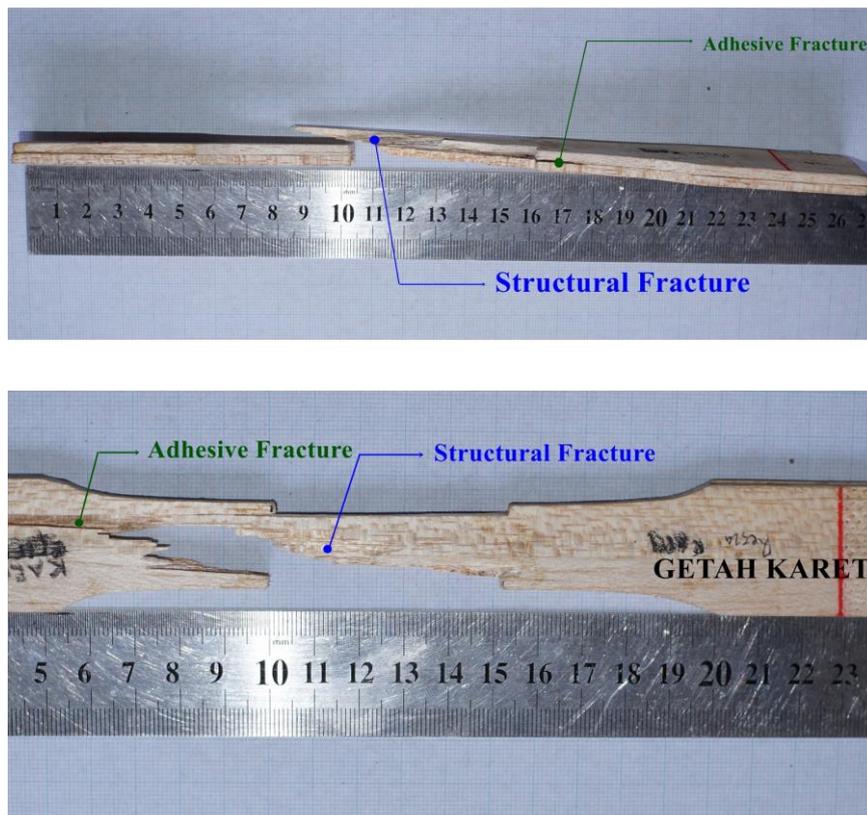


Gambar 4.4 Foto patahan spesimen kayu balsa dengan *adhesive epoxy*

Dari gambar diatas terlihat bahwa spesimen kayu balsa dengan *adhesive epoxy* menunjukkan terjadinya kegagalan pada sambungan *adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah kegagalan struktural atau disebut dengan *structural fracture*. Kegagalan struktural adalah kegagalan yang terjadi di bagian substrat pada sambungan *adhesive* pada kejadian ini yang mengalami kegagalan adalah pada serat kayu balsanya. Hal tersebut disebabkan karena ikatan *adhesive* dari epoxy memiliki kekuatan ikatan *adhesive* yang tinggi sehingga saat dilakukan pengujian tarik yang mengalami kegagalan adalah serat kayu balsa 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 balsa dengan *adhesive* epoxy memiliki kekuatan tarik terbesar yaitu sebesar 34,394 MPa.

4.2.4.2 Analisis Patahan Kayu Balsa dengan *Bio-based Adhesive* Getah Pohon Karet

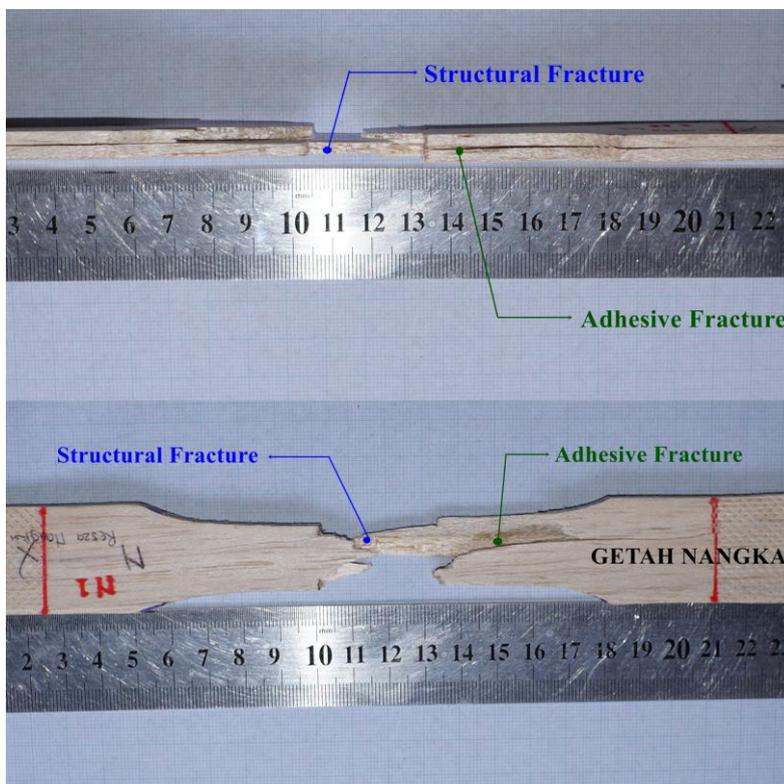


Gambar 4.5 Foto patahan spesimen kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon karet

Dari gambar diatas terlihat bahwa spesimen kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon karet menunjukkan terjadinya kegagalan pada sambungan *adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah kegagalan campuran, yaitu kegagalan struktural (*structural fracture*) dan sedikit terjadi kegagalan *adhesive* (*adhesive fracture*). Kegagalan struktural adalah kegagalan yang terjadi di bagian substrat pada sambungan *adhesive* pada kejadian ini yang mengalami kegagalan adalah pada serat kayu balsanya sedangkan 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 tarik yang mengalami kegagalan adalah serat kayu balsa dan sedikit 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 balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon karet memiliki kekuatan tarik yang hampir sama besar dengan kekuatan tarik pada kayu balsa dengan *adhesive* epoxy yaitu sebesar 28,129 MPa. Oleh karena itu *bio-based adhesive* dengan getah pohon karet sangat baik digunakan sebagai pengganti *adhesive* berbahan sintesis selain karena memiliki kemampuan ikat dan distribusi tegangan yang bagus, kelebihan yang dimiliki getah pohon karet adalah getah pohon karet banyak ditemukan di sekitar kita tanpa perlu mengeluarkan biaya kita bisa langsung ambil dari alam. Selain itu pengaplikasian getah pohon karet yang mudah tanpa melakukan perlakuan yang khusus sedangkan saat menggunakan epoxy kita harus mencampurkannya dengan hardener dan point yang paling penting penggunaan getah pohon karet tidak akan merusak lingkungan karena getah pohon karet mudah terdegradasi.

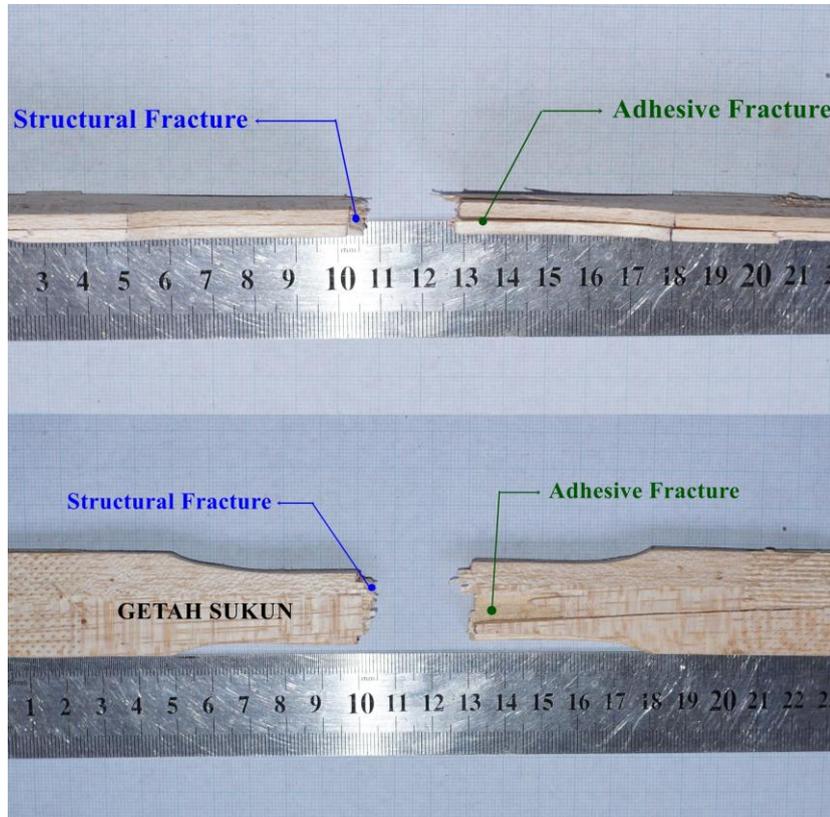
4.2.4.3 Analisis Patahan Kayu Balsa dengan *Bio-based Adhesive* Getah Pohon Nangka



Gambar 4.6 Foto patahan spesimen kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon nangka

Dari gambar diatas terlihat bahwa spesimen kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon nangka menunjukkan terjadinya kegagalan pada sambungan *adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah kegagalan campuran yaitu kegagalan struktural (*structural fracture*) dan cukup banyak terjadi kegagalan *adhesive* (*adhesive fracture*). Kegagalan *adhesive* adalah kegagalan antarmuka yang mengakibatkan pemisahan salah satu substrat dari lapisan perekatnya pada kejadian ini yang mengalami kegagalan adalah pada sambungan *adhesivenya*. Hal tersebut disebabkan karena ikatan *adhesive* dari getah pohon nangka memiliki kekuatan ikatan yang bagus tetapi tidak setinggi pada *adhesive epoxy* dan *bio-based adhesive* getah pohon karet sehingga saat dilakukan pengujian tarik yang mengalami kegagalan adalah sambungan *adhesivenya*. Dari analisis tersebut dapat menunjukkan bahwa ikatan *bio-based adhesive* getah pohon nangka memiliki ikatan dan distribusi tegangan yang cukup baik. Oleh karena itu pada kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon nangka memiliki kekuatan tarik dibawah kekuatan tarik *adhesive epoxy* dan *bio-based adhesive* getah pohon karet yaitu sebesar 19,93 MPa.

4.2.4.4 Analisis Patahan Kayu Balsa dengan *Bio-based Adhesive* Getah Pohon Sukun

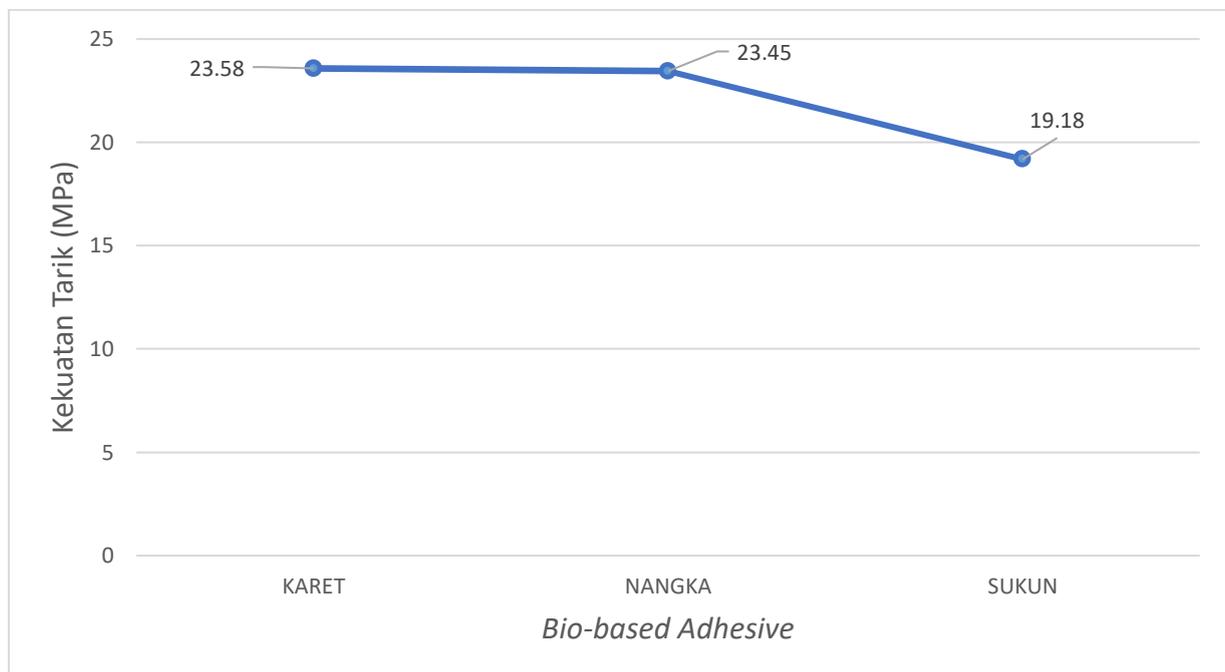


Gambar 4.7 Foto patahan spesimen kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon sukun

Dari gambar diatas terlihat bahwa spesimen kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon sukun menunjukkan terjadinya kegagalan pada sambungan *adhesive* dimana kegagalan yang terjadi adalah kegalancampuran yaitu kegagalan struktural (*structural fracture*) dan banyak terjadi kegagalan *adhesive* (*adhesive fracture*). Kegagalan *adhesive* adalah kegagalan antarmuka yang mengakibatkan pemisahan salah satu substrat dari lapisan perekatnya pada kejadian ini yang mengalami kegagalan adalah pada sambungan *adhesivenya*. Hal tersebut disebabkan karena ikatan *adhesive* dari getah pohon sukun memiliki kekuatan ikatan tidak sebgus ikatan dari sambungan *adhesive* yang lain sehingga saat dilakukan pengujian tarik yang mengalami kegagalan adalah sambungan *adhesivenya*. Dari analisis tersebut dapat menunjukkan bahwa ikatan *bio-based adhesive* getah pohon sukun memiliki ikatan dan distribusi tegangan yang cukup baik tapi tidak sebaik sambungan *adhesive* yang lain seperti *adhesive epoxy*, *bio-based adhesive* getah pohon karet dan *bio-based adhesive* getah pohon nangka. Oleh karena itu pada kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon sukun memiliki kekuatan tarik paling kecil tetapi sambungan dengan *bio-based adhesive* getah pohon sukun masih meningkatkan kekuatan struktur tarik dari kayu balsa *sheet* yaitu dengan kekuatan tarik sebesar 15,963 MPa.

4.3 Pembahasan Kekuatan *Bending*

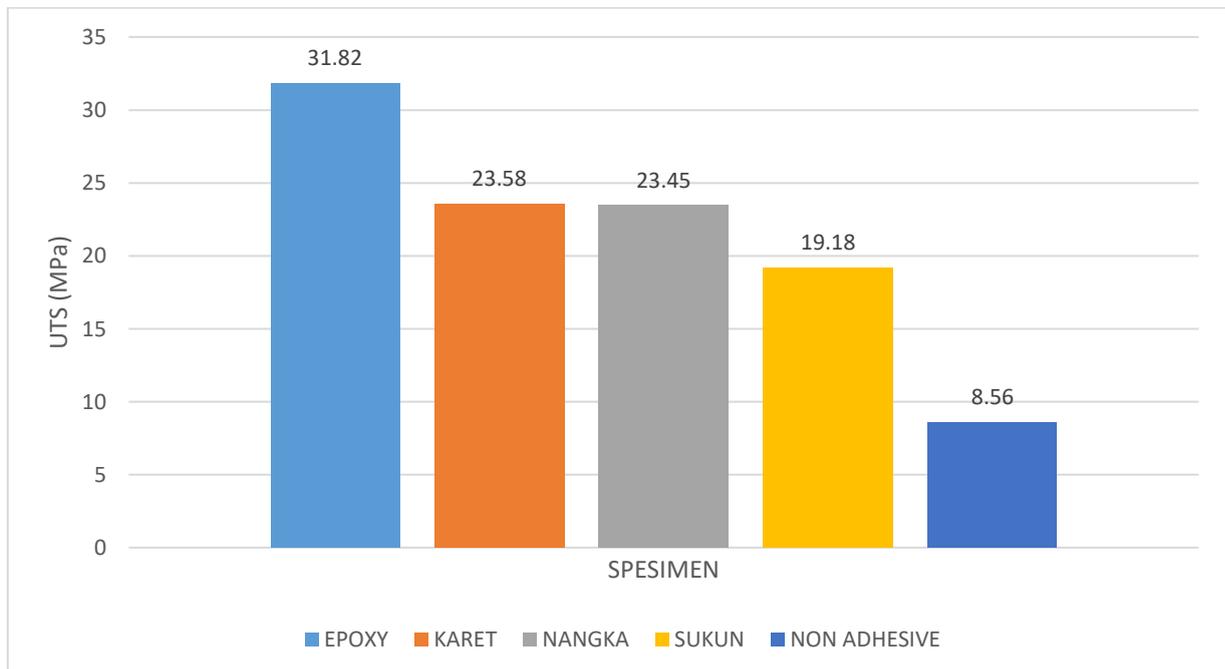
4.3.1 Data Hasil Pengujian *Bending* Kayu Balsa dengan Variasi *Bio-based Adhesive*



Gambar 4.8 Hasil Kekuatan *Bending* Kayu Balsa dengan Variasi *Bio-based Adhesive*

Gambar 4.8 menunjukkan perbandingan kekuatan *bending adhesive joint* pada kayu balsa dengan memvariasikan *bio-based adhesive*. Dapat dilihat bahwa urutan kekuatan *bending adhesive joint* pada kayu balsa diurutkan dari yang paling tinggi ke rendah adalah *adhesive joint* pada kayu balsa dengan getah pohon karet yaitu 23,58 MPa, dengan getah pohon nangka yaitu 23,45 MPa, dan terendah dengan getah pohon sukun yaitu 19,28 MPa. Perbedaan kekuatan ini disebabkan karena getah pohon yang digunakan pada *adhesive joint* kayu balsa memiliki karakteristik dan sifat getah yang berbeda-beda. Dimana getah pohon karet memiliki nilai viskositas yang kecil dimana hal tersebut menyebabkan getah pohon karet sangat bagus dalam interlock pada permukaan specimen dibandingkan getah pohon yang lain sehingga dapat meningkatkan kekuatan ikat antara *adhesive* dan *adherent*. Getah pohon karet juga memiliki nilai pH yang kecil hal tersebut dapat mempercepat pengeringan getah sehingga kekuatan ikat antara *adhesive* dan *adherent* lebih kuat dari getah pohon yang lain. Hal tersebut berbanding lurus dengan hasil pengujian *tearing* dan *peeling* getah pohon karet yang memiliki nilai ikat permukaan yang paling tinggi. Dari karakteristik dan sifat tersebut menyebabkan nilai pengujian Tarik pada kayu balsa dengan *adhesive joint* tertinggi pada kayu balsa dengan getah pohon karet.

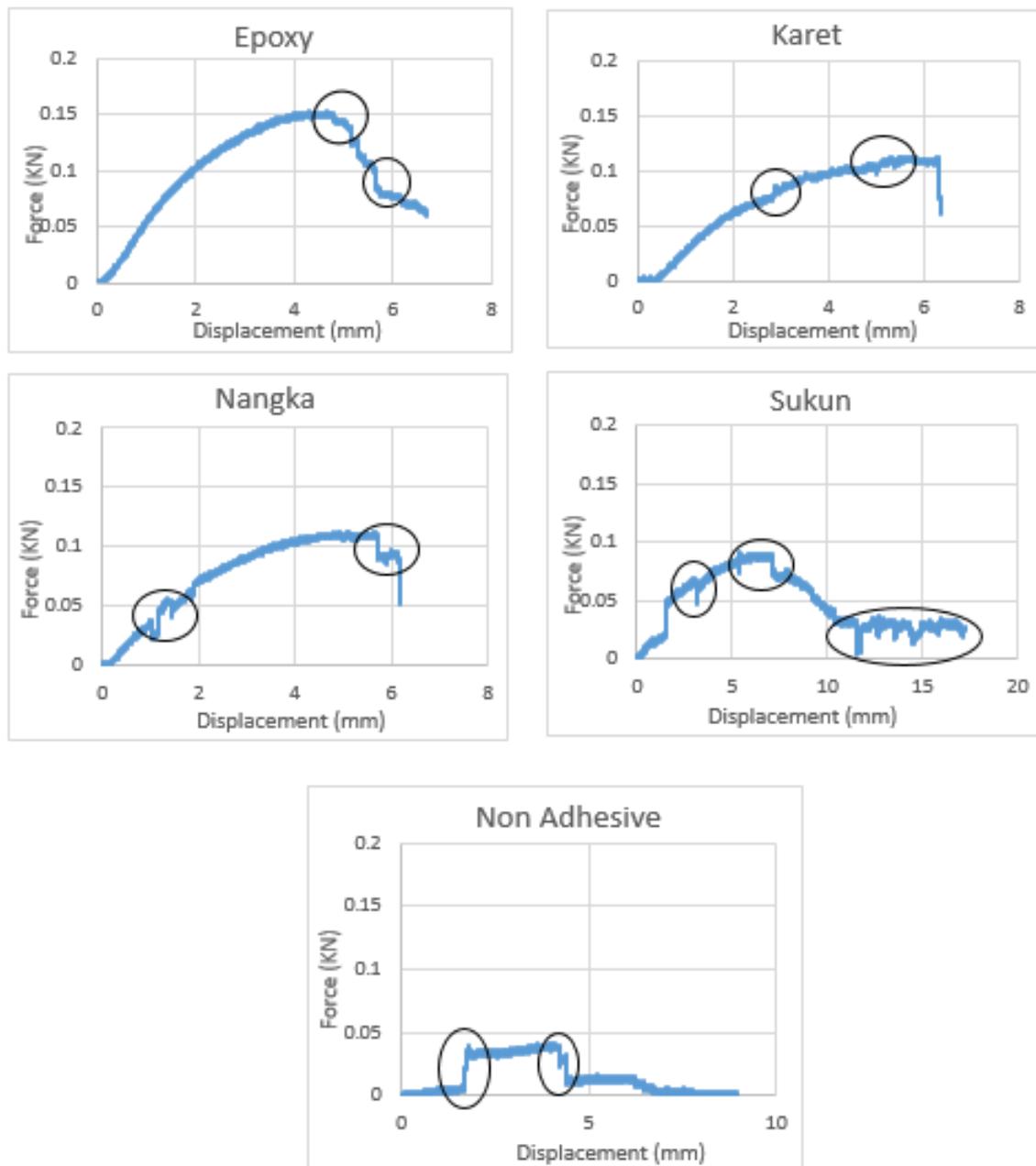
4.3.2 Grafik Hasil Pengujian *Bending* Kayu Balsa



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Kekuatan *Bending Adhesive Joint* Kayu Balsa dengan Variasi *Bio-based Adhesive*, Kayu Balsa dengan *Adhesive Epoxy* dan Kayu Balsa Tanpa *Adhesive*

Pada gambar 4.9 dapat dilihat *adhesive joint* dengan menggunakan getah pohon karet memiliki kekuatan *bending* yang tinggi sebesar 23,58 MPa, pada getah pohon nangka sebesar 23,45 MPa, dan pada getah pohon sukun sebesar 19,18 MPa mendekati kekuatan *bending* dari *adhesive joint* dengan menggunakan epoxy yang merupakan *adhesive* berbahan dasar sintesis dengan kekuatan *bending* sebesar 31,82 MPa. Dan dapat dilihat pula bahwa dengan memvariasikan jenis dari *bio-based adhesive* dapat meningkatkan kekuatan struktur mekanik yang berbeda-beda dari kayu balsa. Dimana kayu balsa sheet awal hanya mempunyai kekuatan *bending* sebesar 8,56 MPa kemudian mengalami kenaikan kekuatan *bending* yang sangat signifikan saat kayu balsa sheet dilakukan *adhesive joint*. Hal tersebut disebabkan karena *adhesive joint* menggunakan bahan sintesis maupun bahan alami dapat mendistribusikan tegangan dengan merata di semua bagian antar muka dari kayu balsa yang digabungkan sehingga dapat meningkatkan kekuatan *bending* dari kayu balsa itu sendiri. Sedangkan perbedaan kekuatan *bending* dari masing-masing *adhesive* disebabkan karena *adhesive* memiliki kemampuan ikat antar permukaan yang berbeda-beda karena setiap getah pada pohon memiliki kandungan kimia yang berbeda-beda pula.

4.3.3 Analisis Grafik Pengujian *Bending* Kayu Balsa (*Force-Displacement*)



Gambar 4.10 Grafik *Force Displacement* Kayu Balsa Pengujian *Bending*

Hubungan *force-displacement* pada variasi spesimen kayu balsa menggunakan *adhesive joint*. Gambar 4.10 menunjukkan hubungan *force* dan *displacement* dari macam-macam variasi kayu balsa dengan *adhesive joint* diantaranya kayu balsa *sheet*, kayu balsa dengan *adhesive epoxy*, kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon karet, kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon nangka dan kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon sukun. Dimana dari grafik dapat diketahui sumbu x menjelaskan *displacement* dan sumbu y menjelaskan *force*. Pada Grafik tersebut memiliki kecenderungan mengalami

peningkatan secara konstan sampai titik ultimate kemudian mengalami penurunan, hal tersebut berlaku pada semua hasil spesimen kayu balsa dengan *adhesive joint* dengan pengujian *bending*.

Pada grafik *force displacement* juga menunjukkan bahwa kayu balsa *sheet* (tanpa *adhesive*) memiliki nilai *force* yang kecil dibandingkan dengan kayu balsa dengan *adhesive joint*. Hal tersebut menunjukkan kayu balsa dengan *adhesive joint* menggunakan *adhesive* berbahan dasar sintesis ataupun dengan menggunakan *bio-based adhesive* dapat meningkatkan nilai *force* dari kayu balsa. Sehingga kayu balsa memiliki kekuatan mekanik (kekuatan *bending*) yang lebih tinggi dibanding dengan sebelumnya.

Pada grafik terdapat beberapa fluktuasi nilai tegangan. Fluktuasi tersebut merupakan representasi dari terjadinya delaminasi pada permukaan *adherent* dengan *adhesive*. Delaminasi permukaan *adhesive* dengan *adherent* menyebabkan turunnya nilai kekuatan *bending* spesimen, tetapi kemudian akan naik lagi setelah *adherent* satu terlepas dari *adherent* lainnya. Pada grafik *force-displacement* pada *bio-based adhesive* getah pohon sukun mengalami fluktuasi nilai *force* yang dominan dimana hal tersebut disebabkan karena *adhesive* tidak cukup baik merekat pada antar permukaan spesimen sehingga terjadi delaminasi yang cukup banyak yang menyebabkan menurunnya kekuatan *bending* sehingga kekuatan *bending* yang dihasilkan paling kecil diantara spesimen lain. Sedangkan pada grafik *force-displacement adhesive epoxy*, *bio-based adhesive* getah pohon karet dan *bio-based adhesive* getah pohon nangka tidak mengalami fluktuasi nilai *force* yang dominan dimana pada 3 *adhesive* tersebut memiliki kemampuan ikat antar permukaan spesimen yang lebih baik sehingga kekuatan *bending* yang dihasilkan juga lebih tinggi.

Dengan hasil pengujian kekuatan *bending* dari kayu balsa dengan *adhesive epoxy* yang paling tinggi yaitu sebesar 0.15273 KN. Kemudian pada urutan kedua pada kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon karet dengan nilai kekuatan *bending* yaitu sebesar 0.1132 KN. Kekuatan *bending* dari kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon nangka yaitu sebesar 0.11258 KN. Dan paling kecil kekuatan *bending* dari kayu balsa dengan *bio-based adhesive* getah pohon sukun yaitu sebesar 0.09208 KN. Sedangkan kekuatan *bending* dari kayu balsa tanpa *adhesive* yaitu sebesar 0.04110 KN.

