

**PENGARUH PERBANDINGAN MASSA TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
SANDWICH GLASS FIBER POLYURETAN FOAM CORE SEBAGAI MATERIAL UNTUK
APLIKASI RUMAH KOMPOSIT TAHAN GEMPA**

***The Effect of Mass Ratio on The Mechanical Properties of Glass Fiber
Polyurethane Foam Core Sandwich Composites as Materials for Earthquake
Resistant Composite House Applications***

Habib Hussein Al Wajdi¹, Hendri Hestiawan^{1*}, Saeful Rohman²

1) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman Kandang Limun, Bengkulu

2) Pusat Riset Material Maju, Badan Riset Inovasi Nasional, Jl. Kw Puspitek, Tangerang Selatan, Banten

*) Email : hestiawan@unib.ac.id

ABSTRACT

Composite Houses at the BPPT material technology center and polymer technology center were designated as centers of superior polymer composite science and technology in 2018. For this reason, BPPT designed earthquake-resistant composite houses using lightweight materials so they are easy to carry and fast to install, namely using an easy knock down connection system. disassembled. This earthquake-resistant house uses composite materials, namely Styrofoam or polystyrene foam and glass fiber reinforced plastic (Fiberglass Reinforced Plastics / FRP). This material is stacked like a sandwich so it is called a sandwich composite panel. The weight of this panel is only about 2 kilograms, 30 percent lighter than cement walls reinforced with glass fiber or Fiberglass. The purpose of this study was to analyze the bending strength value of the Fiberglass fiber sandwich composite in the bending test and the results of the bending value of the Fiberglass fiber sandwich composite with the specification of an earthquake resistant composite house (RKTG) and the effect of matrix strength on the fiberglass fiber sandwich composite using polyurethane core with the hand lay-up technique.. It is said to be simple because the technique is very easy to apply, namely liquid resin is smeared over a mold and then the first layer of fiber is placed on top of it, then using a PVC resin spatula it is flattened again. This step is carried out continuously until the desired specimen thickness is obtained. Bending test values with each mass ratio of 1 kg, 1.5 kg, 2 kg, and 2.5 kg. It can be concluded that from the results of this research at a mass ratio of 1.5 kg the results are 2,242 MPa, from the results of this research the Ultimate value Higher Tensile Strength compared to other masses.

Keywords : *Earthquake Resistant Composite Houses, Bending Tests, Mass Variations*

1. PENDAHULUAN

Tercatat sebanyak 71.628 kejadian gempa bumi di Indonesia sejak 2009-2019. Adapun gempa bumi tektonik di Indonesia tercatat rata-rata sebanyak 6.512 per tahunnya atau 18 kejadian per harinya. Berdasarkan catatan sejarah yang ada, dapat diketahui bahwa Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi gempa dan menimbulkan banyak kerugian baik harta benda maupun nyawa. Dengan demikian, perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia menjadi hal utama yang perlu diperhatikan untuk mengurangi risiko kerugian-kerugian tersebut.[1] RKTG (Rumah Komposit Tahan Gempa) merupakan rumah komposit, yang bermakna rumah dengan berbagai bahan material, khususnya material komposit polimer. Material komposit, contohnya komposit polimer, memiliki banyak keunggulan, diantaranya kuat dan ringan.

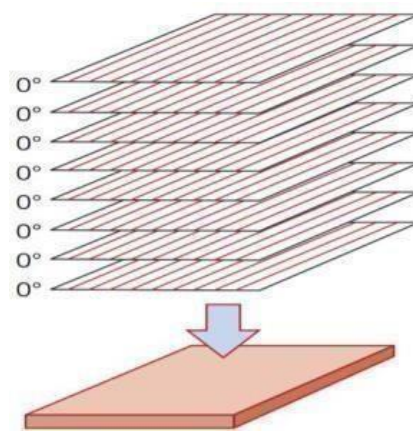
Komposit merupakan material yang tersusun atas campuran antara dua atau lebih material yang berbeda dengan masing-masing sifat kimia dan fisiknya. Pada umumnya komposit tersusun atas material utama, yaitu matriks yang merupakan fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar padakomposit yang berfungsi sebagai perekat dan pelindung, dan reinforcement yang merupakan bagian komposit yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.[2] Sedangkan Komposit *sandwich* dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Banyak variasi definisi dari komposit *Sandwich*, tetapi faktor utama dari material tersebut adalah *core* yang ringan sehingga memperkecil berat jenis dari material tersebut serta kekuatan lapisan *skin* yang memberikan kekuatan pada komposit *sandwich*. [3] Proses manufaktur bahan komposit

dengan metode *hand lay up* merupakan metode yang paling sederhana diantara metode-manufaktur bahan komposit yang lain. Dikatakan sederhana karena tekniknya sangat mudah di aplikasikan yaitu cairan resin dioleskan diatas sebuah cetakan dan kemudian serat layer pertama diletakkan diatasnya, kemudian dengan menggunakan *kape pvc* resin kembali diratakan. Langkah ini dilakukan terus menerus hingga didapatkan ketebalan spesimen yang diinginkan. Metode *hand lay up* biasanya memiliki waktu curing pada suhu kamar dan akan mengering hingga satu hari tergantung jumlah resin dan jenis resin serta katalis yang diberikan.[4]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent* [5]. Komposit dapat dilihat pada Gambar 2.



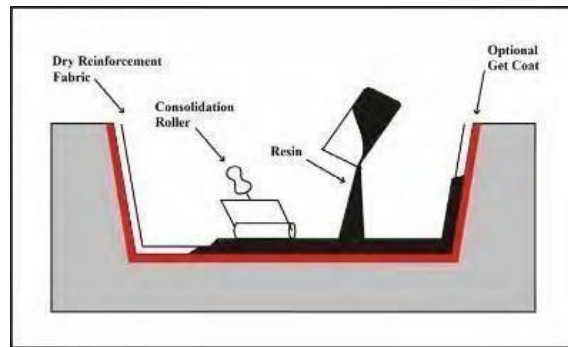
Gambar 1. Komposit

2.2 Rumah Komposit Tahan Gempa (RKTG)

RKTG (Rumah Komposit Tahan Gempa) merupakan rumah komposit, yang bermakna rumah dengan berbagai bahan material, khususnya material komposit polimer. Material komposit, contohnya komposit polimer, memiliki banyak keunggulan, diantaranya kuat dan ringan. Beberapa dekade terakhir pemakaian material polimer komposit makin meningkat karena sifat tekniknya yang baik seperti kekuatan dan kekakuan khusus yang tinggi, kepadatan rendah, ketahanan lelah yang tinggi, redaman tinggi dan koefisien termal rendah. Penggunaan panel-panel material komposit selain memiliki durabilitas yang tinggi, juga dikarenakan sifatnya yang mudah untuk dibongkar pasang. Kuda-kuda atau struktur rumah juga dipasang langsung dengan genteng metal sehingga ketika terjadi goncangan besar, tidak akan patah atau roboh seperti rumah konvensional dengan tembok bata dan genteng tanah liat atau keramik. RKTG didesain dengan konstruksi modular, pre- assembly, dan sistem join interlock yang dapat dibangun dengan waktu yang relatif singkat serta telah dilakukan simulasi komputasi untuk prediksi ketahanan gempa menyesuaikan perilaku gempa [6]. Dalam simulasi internal BPPT, RKTG mampu bertahan dan tidak roboh ketika diguncang gempa 7 SR.

2.3 Metode Hand Lay Up

Proses manufaktur bahan komposit *sandwich* dengan metode *hand lay up* merupakan metode yang paling sederhana diantara metode-manufaktur bahan komposit *sandwich* yang lain [7]. Dikatakan sederhana karena tekniknya sangat mudah diaplikasikan yaitu cairan resin dioleskan diatas sebuah cetakan dan kemudian serat layer pertama diletakkan di atasnya, kemudian dengan menggunakan *kape pvc* resin kembali diratakan. Langkah ini dilakukan terus menerus hingga didapatkan ketebalan spesimen yang diinginkan.[8] Metode Hand Lay Up dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Metode *Hand Lay Up*

2.4 Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan dengan metode *three point bending* maka *facing bending stress* dan *core shear ultimate stress* komposit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

σ : Kekuatan bending (MPa)

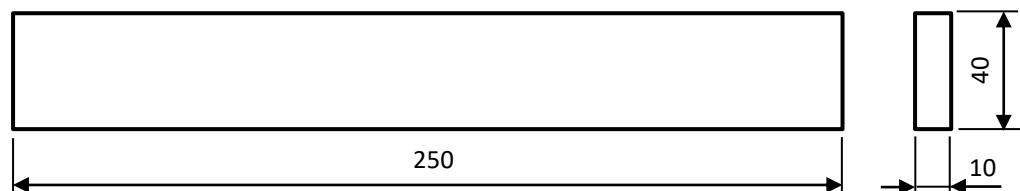
P : Beban (kg)

L : Panjang span (mm)

B : Lebar (mm)

D : Tebal (mm)

Ukuran spesimen yang akan dibuat pada spesimen uji *bending* ialah sesuai dengan ukuran di Standar ASTM C- 393, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spesimen Uji bending menurut standar ASTM C-393

3. METODE PENELITIAN

Standar uji bending yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ASTM C393. Pada penelitian ini akan dibuat komposit *sandwich* dengan serat *glass fiber*, inti (*core*) *polyuretan* dan *epoxy resin* dengan menggunakan metode *hand lay up*. Komposit *sandwich* akan dibuat menjadi beberapa bagian. Masing-masing tiap dimensi komposit *sandwich* yang akan dibentuk ini ialah 100 cm x 100 cm. Berdasarkan dimensi tersebut, maka akan didapatkan spesimen uji Bending sebanyak 5 spesimen, masing-masing untuk variasi massa 1 kg, 1,5 kg, 2 kg, dan 2,5 kg.

Pada pembuatan komposit *sandwich* dimulai dengan pemotongan serat *glassfiber-polyuretan* dengan dimensi 100 cm x 100 cm, lalu siapkan tempat proses pembuatan komposit *sandwich* dengan metode *hand lay up*, kemudian dilakukan penimbangan massa resin dengan perbandingan fraksi massa 50% (serat) : 50% (resin) lalu resin dicampurkan dengan *hardener* dengan perbandingan 50% terhadap resin lalu diaduk secara manual hingga larutan berwarna kecoklatan. Susun serat dengan 3 layers, tiap layers dilaminasi oleh larutan yang telah dibuat secara manual menggunakan *kape pvc*, lapisan bawah *glass fiber* dioleskan resin, pada lapisan ke-2 menggunakan *polyuretan* untuk *core*, kemudian dioleskan resin kembali, pada lapisan terakhir menggunakan *glass fiber*. Sampel dibuat dengan variasi tiap sampel massa yang berbeda, yaitu 1

kg, 1,5 kg, 2 kg, 2,5 kg. Setelah selesai pembuatan 4 sampel komposit *sandwich glass fiber* dilanjutkan proses pengepressan dengan beban 200 kg secara bersamaan, pada tiap sampel diberi pembatas pembatas plastik *bag* agar resin yang berlebihan tidak menempel ke sampel lainnya. Sampel dibiarkan mengering selama 24 jam. Hasil proses pembuatan komposit sandwich dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil proses pembuatan komposit sandwich

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian bending dengan ASTM C393 pada komposit *sandwich Glass Fiber-Epoxy Resin* menggunakan metode pembuatan komposit *polyuretan* yang telah diberi perbandingan massa 1 kg, 1,5 kg, 2 kg, dan 2,5 kg. Dari hasil pengujian ini didapatkan nilai kekuatan bending.

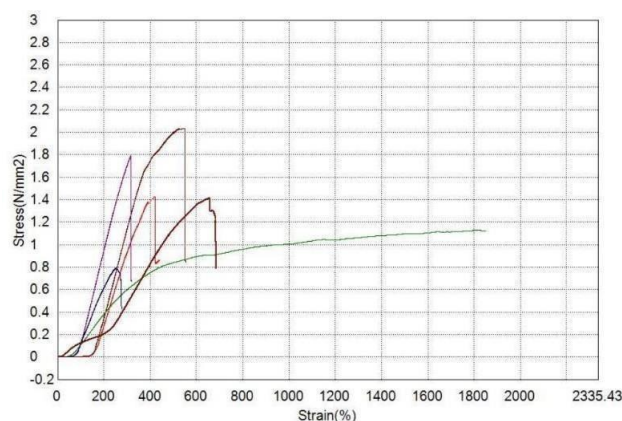
4.1 Spesimen Massa 1 kg

Hasil dari pengujian bending spesimen yang diberi massa 1 kg dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Uji Bending *Spesimen* perbandingan massa 1 kg

Data	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5	Rata-rata
Force(Newton)	923,514	1318,10	1162,13	729,521	512,600	929,173
Stress (MPa)	1,425	2,034	1,793	1,126	0,791	1,434
Stroke (Mm)	11,668	15,320	8,795	50,643	6,966	18,146
Strain (%/GL)	420,047	551,529	316,637	1823,16	250,787	672,432

Hasil kekuatan bending rata-rata yang didapatkan adalah 1,434 MPa. Setelah diketahui nilai uji bending dari kelima spesimen komposit di atas, maka dapat dilihat kurva tegangan terhadap regangan bending dari kelima komposit tersebut pada gambar 7.



Gambar 7. Kurva Tegangan Terhadap Regangan Perbandingan Massa 1 kg

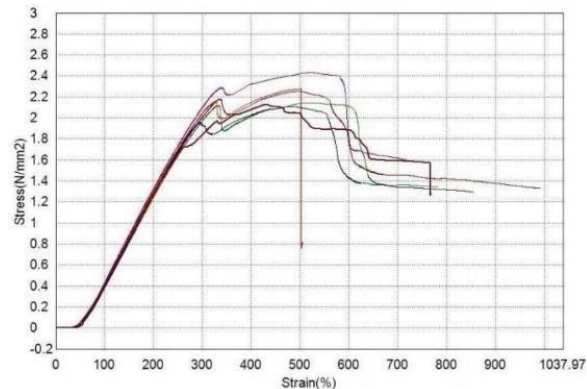
4.2 Spesimen Massa 1,5 kg

Hasil dari pengujian bendingspesimen dengan diberi massa 1,5 kg didapatkan nilai hasil uji bending dan jenis patahannya. Hasil uji bending spesimen perbandingan massa 1,5kg dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Uji Bending Spesimen Massa 1,5kg

Data	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5	Rata-rata
Force (Newton)	1531,92	1514,51	1634,68	1442,47	1414,86	1507,69
Stress (Mpa)	2,279	2,253	2,432	2,146	2,105	2,243
Stroke (Mm)	13,712	13,575	14,327	14,152	13,180	13,789
Strain (%GL)	502,778	497,705	525,326	518,909	483,253	505,594

Hasil kekuatan Bending rata- rata yang didapatkan adalah 2,243 MPa. Setelah diketahui nilai uji bending dari kelima spesimen komposit di atas, maka dapat dilihat kurva tegangan terhadap regangan bending dari kelima sampel pada Gambar 8.

**Gambar 8.** Kurva Tegangan Terhadap Regangan Perbandingan Massa 1,5 kg

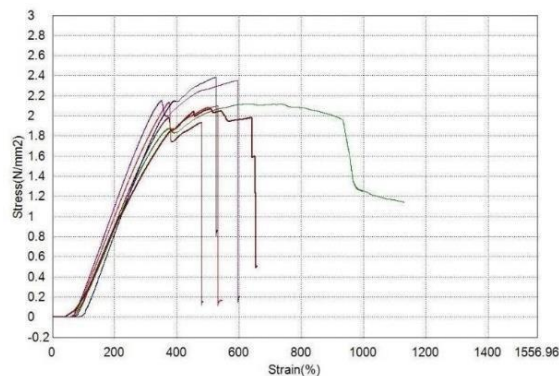
4.3 Spesimen Massa 2 kg

Hasil dari pengujian bending spesimen dengan diberi massa 2 kg didapatkan nilai hasil uji bending dan jenis patahannya. Hasil uji bending spesimen perbandingan *Massa* 2 kg dapat dilihat pada Tabel 3,

Tabel 3. Data Hasil Uji Bending Spesimen Massa 2 kg

Data	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5	Rata-rata
Force (Newton)	1490,95	1383,98	1637,82	1477,48	1662,69	1530,58
Stress (Mpa)	2,140	1,986	2,350	2,120	2,386	2,196
Stroke (Mm)	10,019	9,987	15,899	17,019	14,082	13,401
Strain (%GL)	374,034	372,852	593,552	635,395	525,731	500,313

Hasil kekuatan Bending rata-rata yang didapatkan adalah 2,196 MPa. Setelah diketahui nilai uji bending dari kelima spesimen komposit di atas, maka dapat dilihat kurva tegangan terhadap regangan bending dari kelima sampel pada Gambar 9,

**Gambar 9.** Kurva Tegangan Terhadap Regangan Perbandingan Massa 2 kg

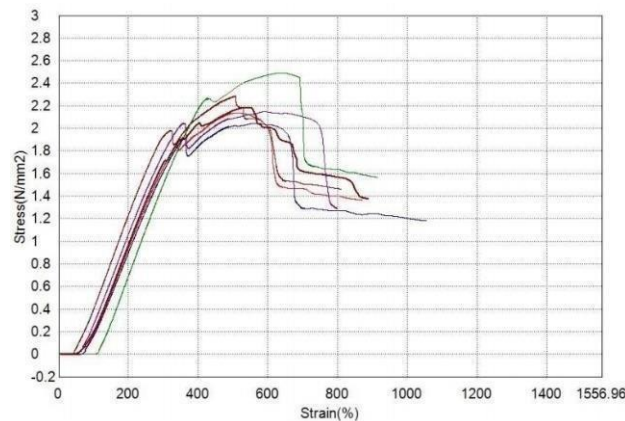
4.4 Spesimen Massa 2,5 kg

Hasil dari pengujian Bending spesimen dengan diberi massa 2,5 kg didapatkan nilai hasil uji bending dan jenis patahannya, Hasil uji bendingspesimen variasi massa 2,5 kg dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4, Data Hasil Uji Bending Spesimen Massa 2,5 kg

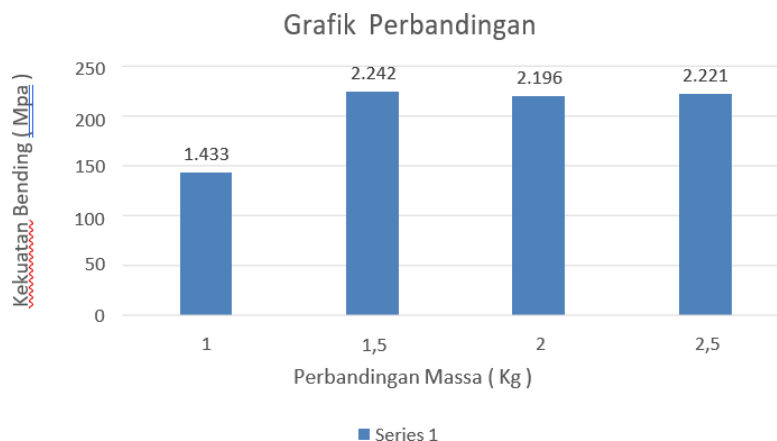
Data	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5	Rata-rata
Force (Newton)	1542,65	1652,20	1550,75	1797,99	1475,57	1603,83
Stress (Mpa)	2,13663	2,28837	2,14786	2,49030	2,04373	2,22138
Stroke (Mm)	13,3737	13,3579	15,4979	17,0145	14,9762	14,8440
Strain (%GL)	508,202	507,600	588,920	646,552	569,097	564,074

Hasil kekuatan Bending rata-rata yang didapatkan adalah 2,22138 MPa. Setelah diketahui nilai uji bending dari kelima spesimen komposit di atas, maka dapat dilihat kurva tegangan terhadap regangan bending dari kelima sampel pada Gambar 10.

**Gambar 10.** Kurva Tegangan Terhadap Regangan Variasi Massa 2,5 kg

4.5 PEMBAHASAN

Pengujian *bending* dengan komposit *sandwich* serat *glass fiber* core *polyuretan* dengan campuran *epoxy* pada proses manufakturnya. Dilakukan proses press pada ke-4 sampel selama 24 jam. Dari proses manufaktur didapatkan 20 spesimen dari 4 sampel komposit *sandwich* uji *bending* yang sesuai dengan ASTM C-393, yang mana 20 spesimen telah diberikan peroses press selama 24 jam. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil uji bending untuk komposit *sandwich* dengan mennggunakan metode *hand lay up* yang dengan perbandingan massa didapat nilai kekuatan Bending rata-rata pada setiap perbandingan *massa* 1 kg, 1,5 kg, 2 kg, dan 2,5 kg secara berturut-turut, D, seperti terlihat pada Gambar 11.

**Gambar 11.** Diagram Nilai Perbandingan Uji *Bending*

Dari Gambar di atas dapat dilihat bahwa pada perbandingan *massa* 1,5 kg mengalami kenaikan sebesar 56,455% MPa dari nilai kekuatan bending *massa* 1 kg, kemudian pada *massa* 2 kg nilai kekuatan bendingnya

mengalami penurunan sebesar 2,052% MPa dari nilai kekuatan bending *massa* 1,5 kg, dan pada nilai kekuatan bending *massa* 2,5 kg nilai kekuatan bending nya mengalami kenaikan 1,138% MPa dari nilai kekuatan bending *massa* 2 kg. Dapat disimpulkan bahwa dari hasil penelitian ini pada perbandingan *massa* 1,5 kg memberikan pengaruh nilai kekuatan Bending yang lebih tinggi dibandingkan *massa* yang lainnya, hal ini di akibatkan pada proses manufaktur menggunakan *metode hand lay up* dan di press secara manual, Akan tetapi dari proses manufaktur pembuatan komposit sandwich serat glass fiber core polyuretan setelah dilakukan pengujian terdapat kegagalan patahan yang berbeda, Pada pengujian spesimen *massa* 1 kg, dan 2 kg di dominasi patahan deleminasi, Pada pengujian spesimen *massa* 1,5 kg di dominasi patahan core shear dan pada pengujian spesimen 2,5 kg di dominasi patahan skin, Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan pada saat proses manufaktur pemberian resin yang kurang merata karna pada saat pemberian resin dilakukan secara manual dan pada saat pembentukan pembentukan spesimen uji terdapat cacat seperti keretakan pada saat pemotongan spesimen,

Maka dari itu, sifat mekanik dari suatu material sangat penting dalam melakukan suatu perancangan produk yang diinginkan, Hal ini diperlukan untuk menentukan kualitas dari suatu produk yang dihasilkan, agar sesuai dengan kegunaan serta proses *manufakturing* yang akan dilakukan, Dalam kasus ini, material komposit *sandwich* berserat *glass fiber* dengan campuran *epoxy* akan dijadikan sebagai material untuk pengembangan pembentuk Rumah KompositTahan Gempa (RKTG),

5. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa kekuatan bending tertinggi diperoleh pada *massa* 1,5 kg sebesar 2,242 MPa, sementara kekuatan bending terendah didapatkan pada *massa* 1 kg sebesar 1,433 MPa. Hasil pengamatan visual terhadap patahan specimen uji bending diketahui bahwa spesimen *massa* 1 kg, dan 2 kg didominasi patahan deleminasi, spesimen *massa* 1,5 kg didominasi patahan core, dan spesimen 2,5 kg didominasi patahan skin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sebayang, S, (2021), Modifikasi Struktur Rumah Sakit Umum Hermina Lampung dengan Metode Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) untuk Bangunan Tahan Gempa, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD)*, 9(2), 341-352,
- [2] Azissyukhron, M., & Hidayat, S, (2018, October), Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite, In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. Vol, 9, pp, 216-220),
- [3] Setiawan, D., Respati, S, M, B., dan Dzulfikar, M, (2020), Kekuatan Komposit Sandwich Karbon Fiber Dengan Core Styrofoam Sebagai Material Pada Model Pesawat Tanpa Awak (Uji Tarik & Uji Bending), *Majalah Ilmiah Momentum*, 16(1),
- [4] Ardiyanto, P, (2014), Analisa Pengaruh Ketebalan Inti (Core) Polyurethane Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich, *Surabaya: skripsi institute Teknologi Sepuluh November*,
- [5] Nayiroh, N, (2013), Teknologi material komposit, *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang*,
- [6] Bardono, S., 2019. BPPT Ciptakan Bale Kohana, Rumah Komposit Tahan Gempa <https://technologyindonesia.id/bencana/bppt-ciptakan-bale-kohana-rumah-komposit-tahan-gempa>. Diakses 4 Juli 2024.
- [7] Astasari, 2017. Pengaruh Variasi Arah Serat Dan Jumlah Layer Terhadap Karakteristik Bending Dan Torsional Stiffnes Komposit Sandwich Serat Karbon Dengan Core Kayu Balsa. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Muhammad, M., dan Putra, R, (2018), Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin Polyester Dengan Variasi Komposisi Metoda Fraksi Berat, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(2), 63-72.