



Komparasi sifat mekanik antara komposit epoksi berpenguat abu dan sekam padi

Comparison of mechanical properties between composites epoxy ash reinforced and rice husks

M. Martijanti^{*1,3}, S. Sutarno², R. Sukwadi³, M.B. Wahyu³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Manufaktur, Universitas Jenderal Achmad Yani, Jl. Jenderal Gatot Subroto PO. Box 807 (PT PINDAD) Bandung 40285, Indonesia. HP. 0813217362020

²Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Manufaktur, Universitas Jenderal Achmad Yani, Jl. Jenderal Gatot Subroto PO. Box 807 (PT PINDAD) Bandung 40285, Indonesia.

³Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta, Jl Jenderal Sudirman No. 51, Karet Semanggi, Jakarta 12930

*E-mail: martijanti@lecture.unjani.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 10 May 2023

Accepted 22 September 2023

Available online 01 October 2023

Keywords:

Composite

Rice husk

Rice husk ash

Mechanical property



Indonesia is an agricultural country because most of the population works in the agricultural sector. One of them is from agricultural products, namely rice. The milled rice produces rice and rice husks. Rice is used by the people of Indonesia as a staple food. Meanwhile, rice husks and ashes have not been utilized optimally. Seeing the great potential of rice husk and ash, efforts have been made to optimize the use of rice husk and ash as composite materials. The research aimed to obtain tensile strength, bending strength and porosity analysis of each composite using 230 mesh size rice husk particles or rice husk ash. The different volume fraction variations are 25% rice husk particles or its ashes and 75% epoxy matrix for the first variation, while for the second variation, it is 40% rice husk particles or its ashes and 55% epoxy matrix. The process of making composite materials was carried out using the hand lay-up and vacuum bag method with the test sample size according to the test standards used, namely ASTM D3039 for tensile strength testing and ASTM D790-61 for bending strength testing. The results of the mechanical properties test obtained the greatest tensile strength value in the epoxy composite reinforced with rice husk ash (40% wt) of 12.73 MPa and the greatest bending strength was in the epoxy composite reinforced with rice husk (40% wt) of 63.87 MPa. Preliminary characterization of rice husk and ash-reinforced epoxy composites met SNI standards.

1. PENDAHULUAN

Bahan alam yang biasanya digunakan untuk komposit diantaranya, bambu, serabut kelapa, pelepah pisang dan rami. Salah satu bahan alam yang digunakan pada penelitian ini adalah sekam padi. Komposit berpenguat serat alam semakin intensif dikembangkan sehubungan dengan penggunaannya dalam berbagai bidang kehidupan serta tuntutan pemakaian material yang mudah diperoleh karena mayoritas penduduk Indonesia bekerja pada sektor pertanian. Salah satunya berproduksi dari hasil pertanian yaitu padi yang dapat di daur ulang, mampu menghasilkan limbah sekam padi yang sangat melimpah, dari data statistik jumlah limbah sekam padi di Indonesia pada tahun 2007 berkisar 10,28 juta ton. Khasanah dkk.(2021). Produksi padi di Indonesia cukup besar dan akan menghasilkan hasil sampingan berupa sekam padi, pada proses penggilingan padi akan menghasilkan 72% beras, 5 % dedak dan 20 – 22% sekam padi, Kementerian Pertanian(2020). Sekam padi merupakan limbah hasil penggilingan padi yang terpisah dari butir beras, dimana sekam padi memiliki lapisan keras yaitu kariopsis yang terdiri dari dua bentuk daun yaitu sekam mahkota dan sekam kelopak, yang bergabung bersama dan juga terdiri dari 34-44% selulosa, 23-30% lignin, 13-39% U, dan 8- 15% air, Johari dkk. (2021).

Sekam padi adalah kulit yang membungkus butiran beras, dimana kulit padi akan terpisah dan menjadi limbah atau buangan. Pengolahan limbah dari sekam padi harus dimanfaatkan, agar meminimalisasi pencemaran padi di lingkungan persawahan. Adapun cara mengolah limbah sekam padi telah dilakukan dalam berbagai penelitian. Sekam padi secara umum digunakan untuk media bercocok tanam, sebagai briket arang sekam, alas pakan ternak, atau menjadi arang sekam sebagai pendapatan petani yang bisa dijadikan peluang bisnis untuk meningkatkan pendapatan para petani, Aldhera dkk. (2022). Adapun dalam kajian pustaka yang sudah dilakukan, limbah sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben pada air laut dan zat warna, sebagai bahan pengisi (filler) barang jadi karet, dan sebagai green inhibitor pada baja karbon dalam media NaCl, Ferdiansyah dkk. (2022). Sekam padi memiliki masa jenis yang rendah yaitu 70 -110 kg/m³ atau 180 kg/m³ dalam bentuk briket (pellet), Chandra dkk.(2016).

Abu sekam padi terdiri dari dua macam yakni abu sekam padi hitam dan abu sekam putih. Penggunaan abu sekam padi hitam sebagai penguat pada bahan komposit, karena abu sekam padi hitam banyak yang tidak dipergunakan dengan baik dan hanya dibuang saja sebagai limbah sehingga membuat para peneliti tertarik untuk memanfaatkan abu sekam padi hitam sebagai penguat komposit, Adryani dan Maulida dkk., (2014). Abu sekam padi putih merupakan hasil dari sekam padi yang dibakar dengan suhu tinggi. Pembakaran sekam padi akan menghasilkan abu sekam padi putih dan hitam. Abu sekam padi hitam masih mengandung *lignoselulosa*, sedangkan abu sekam padi putih tidak mengandung *lignoselulosa* karena telah habis terbakar (pembakaran sempurna), Adryani dan Maulida dkk., (2014). Penggunaan partikel abu sekam padi maupun sekam padi, masih terus dikembangkan dalam penelitian sebagai salah satu penguat pada bahan komposit serta pengembangan aplikasi dari komposit berpenguat abu atau sekam padi untuk diaplikasikan pada produk di bidang otomotif atau papan partikel.

Kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis. Kata kunci di sini adalah pengertian makroskopis. Ini berbeda dengan paduan atau *alloy*, yang penggabungan unsur-unsurnya dilakukan secara mikroskopis. Pada bahan komposit sifat-sifat unsur pembentuknya masih terlihat jelas, yang pada paduan sudah tidak lagi tampak secara nyata. Justru keunggulan bahan komposit di sini adalah penggabungan sifat-sifat unggul masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Pada umumnya material komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matriks. Unsur utama bahan komposit adalah serat (penguat). Serat/penguat yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan dan kekuatan. Seratlah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang berkerja pada bahan komposit, sedangkan matriks bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Bahan serat digunakan bahan yang kuat dan getas, seperti karbon, kaca dan boron, sedangkan bahan matriks dipilih bahan-bahan yang lunak seperti plastik dan logam-logam lunak (aluminium, tembaga, dsb nya).

Penelitian tentang komposit menggunakan penguat sekam padi atau abunya sudah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya, dengan bervariasi ukuran dan fraksi volum, jenis matriks serta bagaimana pengaruh parameter tersebut terhadap sifat mekanik komposit, bahwa ukuran partikel serta besarnya fraksi volum dari sekam padi atau abunya sebagai penguat dan jenis matriks yang digunakan pada komposit, maka akan meningkatkan atau menurunkan nilai sifat mekanik (kekuatan tarik, kekuatan *bending*, kekuatan impak). (Kardiman dkk., 2018; Bisioni dkk., 2019; Hanif dkk., 2019; Rohim dkk., 2020). Material komposit berpenguat sekam padi, pada penelitian sebelumnya telah banyak diteliti sebagai material substitusi untuk produk papan partikel komposit HDPE dengan bervariasi temperatur pemanasan pada mesin cetak *hot press*, bahwa tempertur pemanasan akan memberikan efek terhadap penurunan kekuatan tarik pada papan partikel komposit, Johari (2021). Papan partikel sekam padi dan polietilena (PE), menghasilkan nilai massa jenis, daya serap air, pengembangan tebal serta nilai MOR memenuhi standar untuk jenis papan partikel medium (Medium Particle Board), Wulandari (2018). Komposit dengan penguat sekam padi dengan polipropilena, dari hasil pengujian

sifat mekanis dan fisis papan partikel semen tidak seluruhnya memenuhi standar SNI 03-2105-2006, tetapi memenuhi standar ISO 8335, Hanif dkk., (2019). Komposit poliester berpenguat partikel sekam padi menghasilkan sifat fisik yang memenuhi standar SNI 03 – 2015 – 2006, untuk nilai kerapatan 0,4 hingga 0,9 g/cm³, kadar air 14%, daya serap air 23.2%, dan pengembangan tebal sebesar 5.6%, Dera dkk.,(2023). Pada Penelitian ini, penulis akan mengembangkan penelitian di bidang komposit dengan menggunakan penguat sekam padi dan abunya, merupakan studi awal untuk menganalisa karakteristik kekuatan tarik dan kekuatan *bending* komposit serta apakah komposit tersebut dapat diaplikasikan pada produk papan partikel dengan standarisasi SNI 03 – 2105 – 2006 pada tipe tertentu.

Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan kekuatan tarik dan kekuatan *bending* komposit dengan fraksi volume berbeda, yaitu 25% wt partikel sekam padi (*oryza sativa*) atau abunya dan 75% vf matriks epoksi untuk variasi pertama, sedangkan untuk variasi kedua yaitu 40% wt partikel sekam padi (*oryza sativa*) atau abunya dan 60% vf matriks epoksi. Hasil studi awal dari karakteristik sifat mekanik (kekuatan tarik dan kekuatan *bending*) hasil sintesa komposit epoksi berpenguat partikel sekam padi atau abunya akan dibandingkan dengan standarisasi SNI 03-2105-2006 tipe 18 untuk papan partikel, yaitu kekuatan tarik sebesar 3.04 MPa dan kekuatan *bending* sebesar 18,04 MPa, sehingga komposit ini diharapkan sebagai material substitusi untuk produk papan partikel. Manfaat dari penelitian ini adalah mengembangkan material di bidang komposit berpenguat serat alam dengan menggunakan limbah dari hasil pertanian, yang dapat diaplikasikan di produk seperti papan partikel, bidang transportasi, khususnya di bidang keteknikan.

2. METODE PENELITIAN

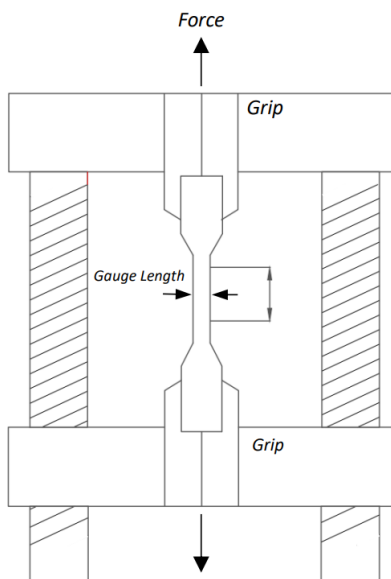
2.1. Bahan

Sekam padi (*oryza sativa*) diperoleh dari hasil mesin penggilingan padi daerah Majalaya Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Perlakuan Sekam padi dengan cara merendam selama 2 jam dalam larutan NaOH 10%. Kemudian dilakukan pencucian dengan menggunakan aquades, untuk menghilangkan lendir yang ada pada sekam padi. Proses selanjutnya dikeringkan menggunakan sinar matahari selama 2 jam. Partikel abu sekam padi dibeli secara langsung dari online shop yang berlokasi di Jakarta Pusat. Sekam padi dan abunya dilakukan proses pengayakan dengan ukuran 230 mesh.

Matriks menggunakan jenis polimer epoksi Eposchon EPR 174 dan *hardener* EPH 555 didapat dengan cara membeli di Justus Kimiaraya PT. Jakarta yang berlokasi di di Jl. LMU Nurtanio No. 23, Husen Sastranegara, Kec. Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat, 40183

2.2 Uji tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur. Setiap material atau bahan memiliki sifat (kekerasan, kelenturan, dan lain lain) yang berbeda-beda. Skema pengujian kekuatan tarik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema pengujian kekuatan tarik

Untuk dapat mengetahui sifat mekanik dari suatu material maka diperlukan suatu pengujian, salah satu pengujian yang paling sering dilakukan yaitu uji tarik (*tensile test*). Sifat Mekanik yang didapat dari uji tarik meliputi persamaan berikut, Firmansyah (2020).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

σ merupakan kekuatan tarik dalam satuan (N/m²), P merupakan beban dalam satuan (Newton), A merupakan luas penampang benda uji dalam satuan (m²).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \quad (2)$$

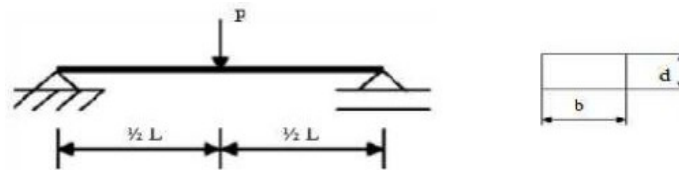
ε merupakan regangan dalam satuan (%), ΔL merupakan pertambahan panjang dalam satuan (m), L_o merupakan panjang awal benda uji dalam satuan (m).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

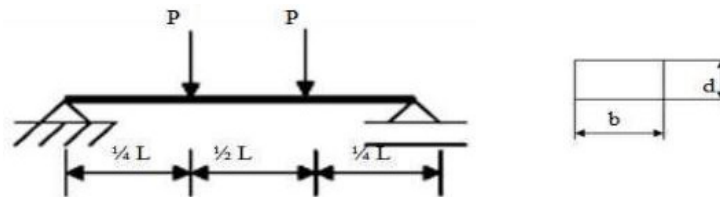
E merupakan modulus elastisitas dalam satuan (N/m²).

2.3 Uji *bending*

Uji *bending* adalah proses pengujian material dengan cara ditekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (*bending*) suatu material yang di uji. Alat uji *bending* adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan lengkung (*bending*) pada suatu bahan atau material. Proses pengujian memiliki 2 macam pengujian, yaitu 3 point *bending* dan 4 point *bending*. Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah *point* yang digunakan, *three point bending* menggunakan 2 *point* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema pengujian *three point bending*



Gambar 3. Skema pengujian *four point bending*

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (4)$$

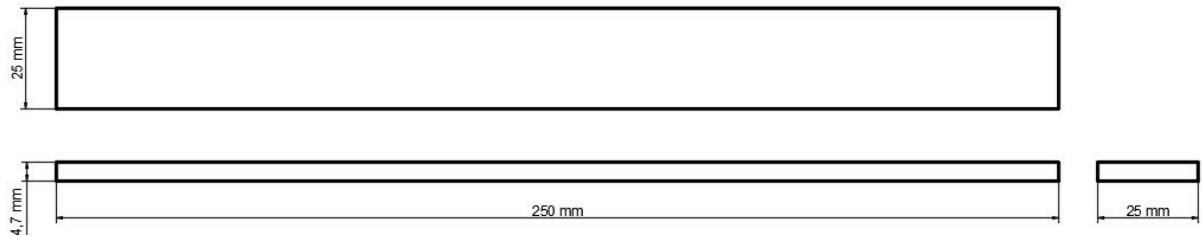
σ_b merupakan kekuatan *bending* dalam satuan (N/m²), b merupakan lebar dalam satuan (m), d merupakan tebal dalam satuan (m).

$$E_b = \frac{PL^3}{4bd^3\delta} \quad (5)$$

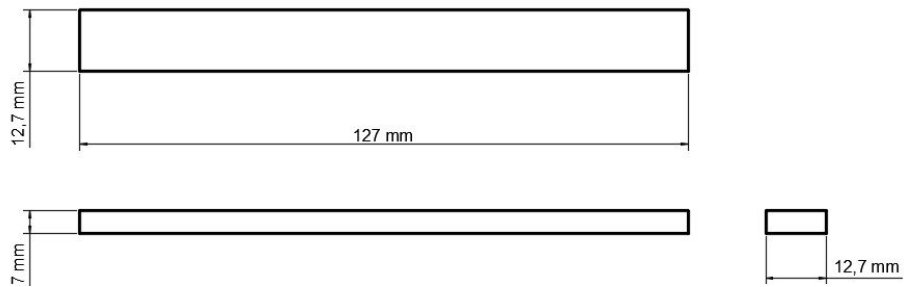
E_b merupakan modulus elastisitas *bending* dalam satuan (N/m²). Alat yang digunakan untuk pengujian kekuatan tarik maupun kekuatan *bending* adalah mesin uji tarik merk *Hung Ta Instrument Go.Ltd*, type HT-8503, dengan kecepatan penarikan sebesar 10 mm/min dan kapasitas 100 kN.

2.4 Bentuk spesimen uji

Bentuk spesimen uji dalam penelitian ini dimensinya sesuai dengan standar ASTM D3039 untuk spesimen uji tarik (Gambar 4) dan ASTM D790 untuk spesimen uji *bending* (Gambar 5).



Gambar 4. Dimensi spesimen uji tarik standar ASTM D3039



Gambar 5. Dimensi spesimen uji *bending* standar ASTM D790

2.5 Analisis porositas

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume ruang kosong (*void*) yang dimiliki oleh zat padat terhadap jumlah dari volume zat padat itu sendiri. Porositas sebagai nilai kemampuan suatu material, semakin mampat suatu material maka pori-pori benda akan semakin sedikit yang menyebabkan nilai porositasnya kecil, Jannah (2020).

Dalam penelitian Ekawati Miftahul Jannah (2020) yang mengutip pernyataan Nugroho dkk., (2011:128), porositas mulai terbentuk saat proses pembentukan bahan dan berasal dari adanya ruang kosong yang terjadi di antara partikel pada proses pembuatan material/porositas dapat terbentuk akibat gas yang terperangkap pada saat pengeringan material. Rumus porositas pada ASTM D2734-94 dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_v = 100 \frac{(T_d - M_d)}{T_d} \quad (6)$$

V_v merupakan porositas dalam satuan (%), T_d merupakan massa jenis komposit ideal dalam satuan (kg/m^3), M_d merupakan massa jenis komposit aktual dalam satuan [kg/m^3] (ASTM D2734-94, 1994).

$$T_d = v_f \rho_f + v_m \rho_m \quad (7)$$

v_f merupakan fraksi berat partikel dalam satuan (%), ρ_f merupakan massa jenis partikel dalam satuan (kg/m^3), v_m merupakan fraksi berat partikel dalam satuan (%), ρ_m merupakan massa jenis partikel dalam satuan (kg/m^3).

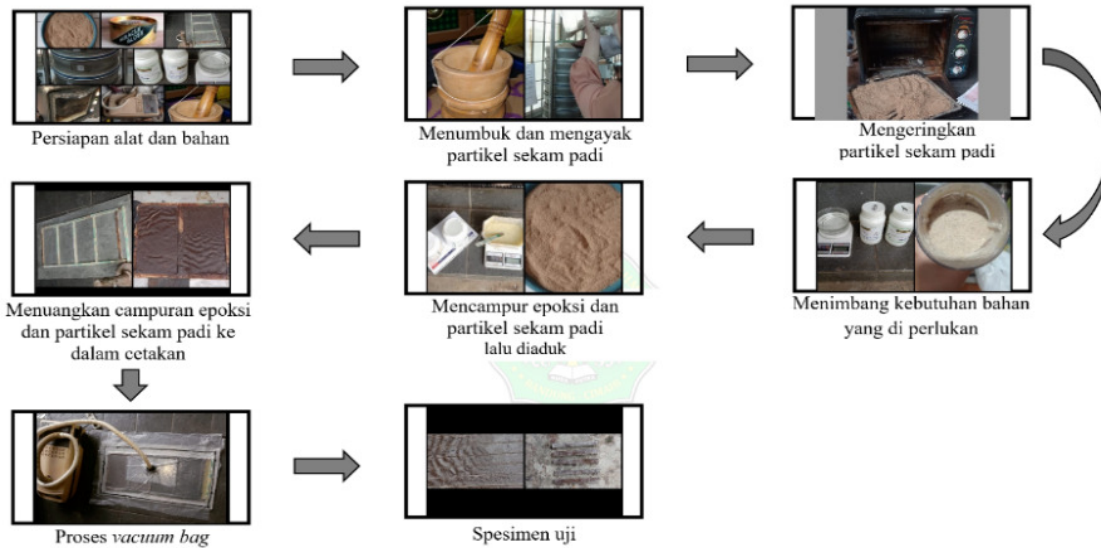
$$M_d = \frac{W}{V} \quad (8)$$

W merupakan berat dalam satuan (kg), V merupakan volume dalam satuan (m^3).

2.6 Proses fabrikasi

Spesimen uji dibuat dengan metode *hand lay-up* yaitu menggunakan tangan untuk proses pencampuran partikel sekam padi atau abunya dengan matrik epoksi. Pembuatan spesimen uji ini dibagi menjadi 2, yaitu spesimen untuk uji tarik dan spesimen untuk uji *bending*. Setiap sampel pengujian dibuatkan spesimen uji sebanyak 10 buah agar mudah untuk memilah spesimen yang ukuran dan bentuk fisiknya baik sebelum digunakan untuk proses pengujian selanjutnya.

Setelah alat dan bahan disiapkan, langkah selanjutnya adalah proses pembuatan produk dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses pembuatan komposit epoksi berpenguat abu atau sekam padi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi sifat mekanik komposit

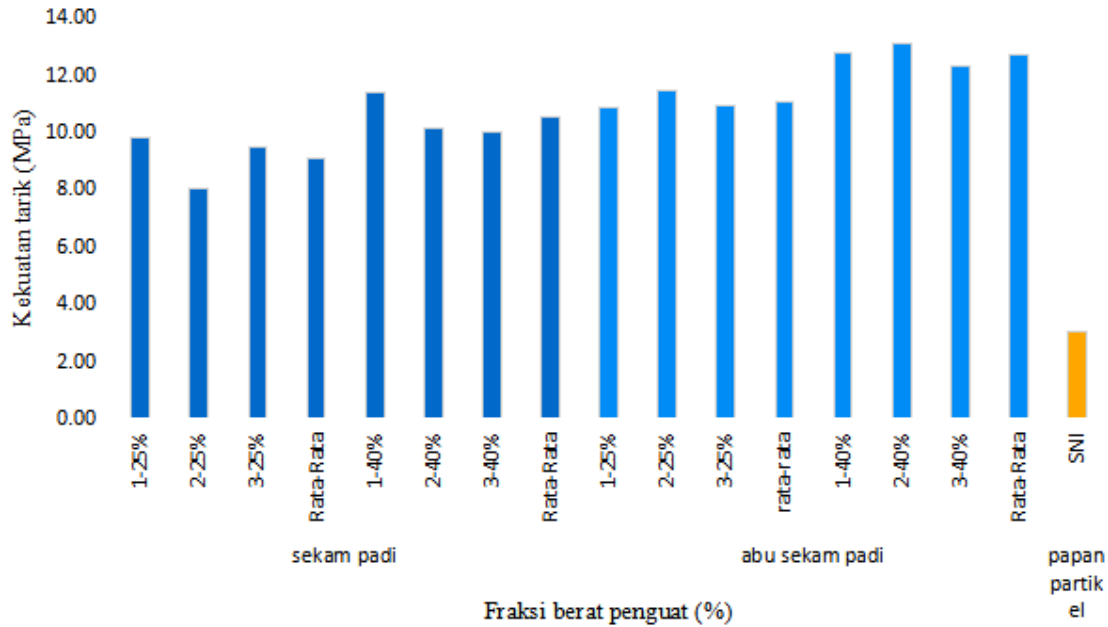
Dapat dilihat pada Gambar 7 pada komposit berpenguat sekam padi dan abu sekam padi untuk fraksi berat 40% wt mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan fraksi berat 25%wt. Hal ini dikarenakan kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh prosentase fraksi berat dari penguatnya, semakin tinggi fraksi berat penguat maka kekuatannya akan naik. Penambahan fraksi berat penguat pada spesimen komposit untuk uji tarik dapat menyebabkan kekuatan tariknya meningkat, Gautama dkk., (2022). Pernyataan tersebut terbukti dikarenakan hasil pengujian kekuatan tarik pada spesimen uji tarik meningkat seiring dengan ditambakkannya fraksi berat sekam padi atau abunya yang digunakan sebagai penguat komposit. Nilai rata-rata kekuatan tarik untuk variasi 25% fraksi volume dengan penguat sekam padi sebesar 9,10 MPa, sedangkan untuk variasi 40% fraksi volume yaitu 10,51 MPa. Nilai rata-rata kekuatan tarik untuk variasi 25% fraksi volume dengan penguat abu sekam padi sebesar 11,07 MPa, sedangkan untuk variasi 40% fraksi volume yaitu 12,73 MPa.

Komposit berpenguat abu sekam padi mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan komposit berpenguat sekam padi pada kondisi fraksi volum yang sama. Hal ini disebabkan karena abu sekam padi memiliki silika yang berbentuk amorf terhidrat. Jika dilakukan pembakaran pada suhu di atas 700°C, akan menaikkan kristalinitasnya sehingga terbentuk fasa kristobalit dan tridimit dari silika itu. Silika memiliki sifat tahan aus, nilai kekerasan tinggi, jika digunakan sebagai penguat pada komposit memiliki kekuatan yang tinggi, Rudi (2006). Pada komposit yang menggunakan penguat abu sekam memiliki ukuran yang kecil dibandingkan sekam padi, semakin kecil ukuran penguat maka semakin luas permukaannya, sehingga interaksi antara pengisi dengan matriks relatif kuat, Adryani dan Maulida (2014). Hal ini diperkuat oleh teori bahwa reaksi antar fasa akan meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel penguat komposit dan rata-rata ukuran partikel yang lebih kecil menunjukkan nilai kekuatan Tarik yang lebih tinggi, Zhank dkk, (2011).

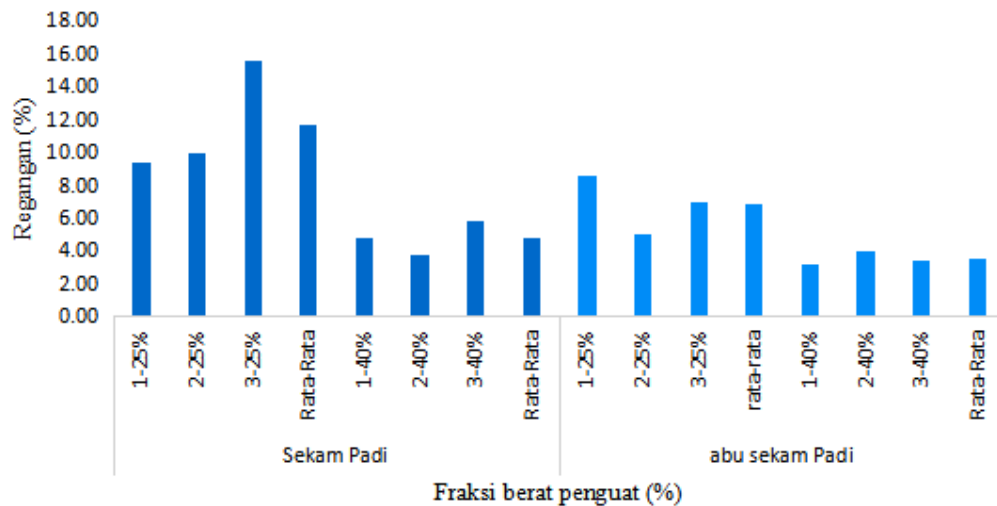
Pada persamaan 2 untuk pertambahan panjang berbanding lurus dengan regangan yang artinya jika nilai pertambahan panjang besar maka nilai regangan juga besar, begitu juga sebaliknya. Pada variasi fraksi berat 25%wt memiliki hasil regangan tinggi dibandingkan dengan variasi fraksi berat 40%wt dapat dilihat pada Gambar 7, dikarenakan pertambahan panjang pada variasi 25%wt lebih besar maka hasil nilai regangan pun besar. Pada Gambar 7, nilai kekuatan tarik komposit Epoksi berpenguat sekam padi dan komposit epoksi berpenguat abu sekam padi, dengan jumlah penguatnya 25 dan 45 %wt dengan range kekuatan Tarik untuk 25% wt (8.05 – 11.46) MPa dan 40%wt (10.01 – 13.11) MPa, memenuhi standar SNI untuk papan partikel standarisasi SNI 03-2105-2006 tipe 18 untuk kekuatan tarik (σ) dengan nilai 3.04 MPa.

Namun untuk hasil regangan tinggi benda uji pun memiliki elastisitas yang tinggi, pada gambar 8 hasil kekuatan tarik pada variasi fraksi berat 25%wt lebih rendah dibanding variasi fraksi berat 40%wt tetapi untuk variasi 25% juga memiliki elastisitas yang tinggi. Komposit berpenguat abu sekam padi memiliki nilai regangan yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit berpenguat sekam padi, baik untuk komposisi fraksi berat yang 25%wt maupun 40%wt. Hal ini disebabkan komposit berpenguat abu sekam padi memiliki sifat elastisitas yang rendah dibandingkan dengan penguat sekam padi, dengan partikel yang semakin halus, maka mempunyai

sifat keuletan yang lebih rendah, karena partikel yang halus akan terdistribusi di permukaan matriks serta akan meningkatkan kekakuan pada komposit, dapat menurunkan deformabilitas komposit, penurunan ini terjadi pada daerah antarmuka, sehingga semakin banyak daerah antarmuka yang terbentuk, akan mengurangi kemampuan pemanjangan saat putus, Adryani dan Maulida dkk.,(2014). Komposit penguat sekam padi dan abunya akan mengalami penurunan kemampuan elastisitas pada kondisi fraksi berat 40%wt, karena terjadi penurunan fraksi berat dari matriksnya (epoksi), akan mengakibatkan penurunan elastisitas matriks maupun kompositnya dengan adanya penambahan fraksi berat dari penguatnya, Adryani dan Maulida dkk.,(2014).



Gambar 7. Hubungan antara fraksi berat penguat terhadap kekuatan tarik dan standar SNI papan partikel



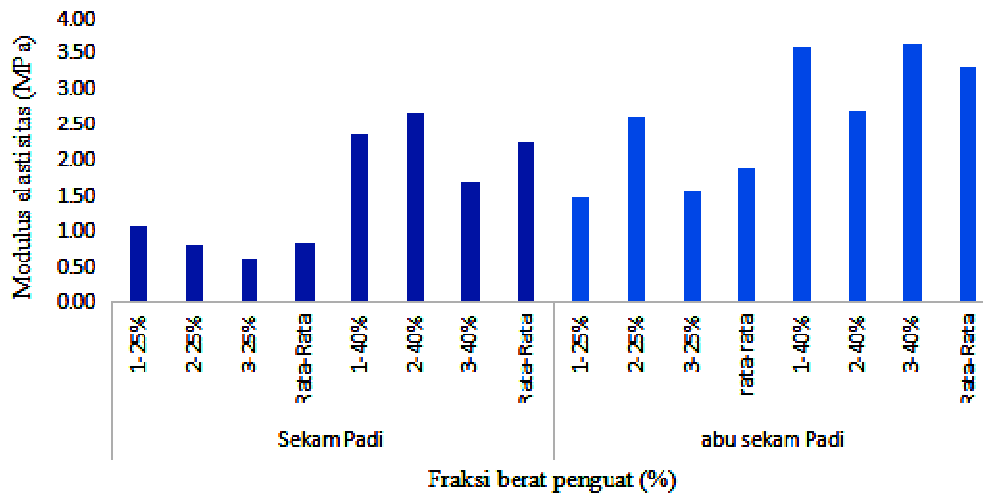
Gambar 8. Hubungan antara fraksi berat penguat terhadap regangan

Dapat dilihat pada Gambar 9 merupakan grafik modulus elastisitas. Pada persamaan 3 merupakan persamaan untuk menghitung modulus elastisitas, untuk hasil variasi 25%wt memiliki rata-rata modulus elastisitas yang kecil yaitu 0,83 MPa, dikarenakan memiliki hasil regangan yang besar. Persamaan yang

digunakan maka hasil modulus elastisitas berbanding terbalik dengan regangan, artinya untuk komposit variasi 25%wt merupakan komposit yang tidak kaku. Sedangkan untuk variasi fraksi berat 40% memiliki nilai rata-rata modulus yang besar yaitu 2.24 MPa, hal ini sesuai dengan persamaan 3 bahwa regangan yang terjadi pada komposit variasi 40%wt lebih kecil dibandingkan dengan variasi 25%wt yang menyebabkan komposit memiliki kekakuan yang tinggi. Penambahan fraksi volume dapat menyebabkan meningkatnya nilai modulus elastisitas pada komposit. Semakin tinggi kekuatan dan semakin rendah regangannya maka mempunyai modulus elastisitas yang baik, Hanif dkk.,(2019).

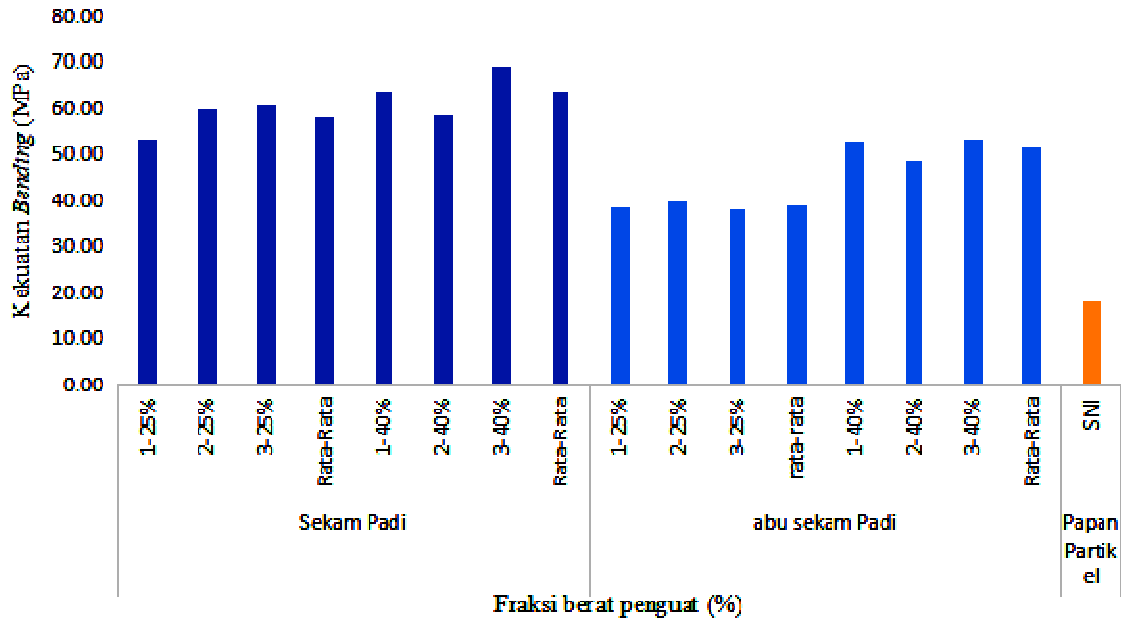
Berdasarkan persamaan 2 bahwa nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan nilai kekuatan, sedangkan nilai regangan berbanding terbalik dengan nilai modulus elastisitas dan nilai kekuatan. Dimana, jika nilai modulus elastisitas tinggi maka nilai kekuatan akan tinggi juga dan nilai regangan akan rendah. Begitupun dengan jika nilai modulus elastisitas rendah maka nilai kekuatan akan rendah juga dan nilai regangan akan tinggi.

Modulus elastisitas untuk komposit berpenguat sekam padi variasi 25% wt memiliki nilai rata-rata modulus elastisitas yang paling rendah sebesar 0,83 MPa, kekuatan tarik sebesar 9,10 MPa, dan regangan yang paling tinggi sebesar 11,67% sedangkan pada komposit berpenguat abu sekam padi variasi 40% wt memiliki nilai rata-rata modulus elastisitas paling tinggi sebesar 3.30 MPa, kekuatan tarik sebesar 12.73 MPa dan regangan paling rendah sebesar 3.53 %. Hal ini dapat diindikasikan bahwa dengan penambahan penguat yang dalam penelitian ini adalah partikel sekam padi dan abunya memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit serta meurunkan nilai regangan komposit, artinya komposit merupakan material yang sifat kekuatan tariknya dan kekakuannya tinggi tapi keuletannya rendah

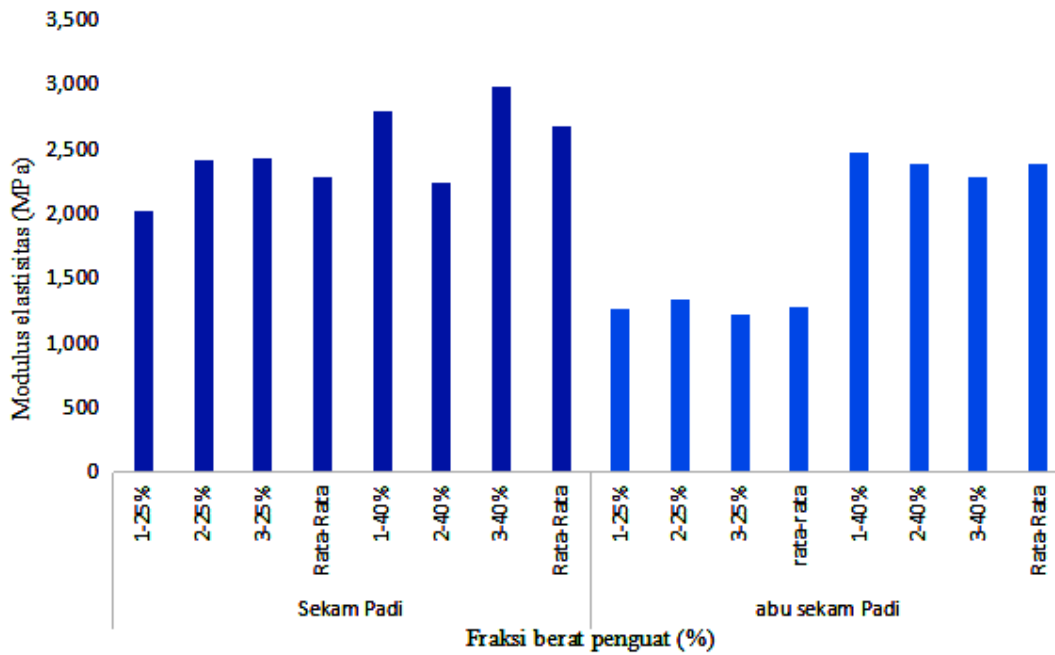


Gambar 9. Hubungan fraksi berat penguat terhadap modulus elastisitas

Dapat dilihat pada persamaan 4 menunjukkan bahwa jika nilai beban besar maka nilai kekuatan *bending* juga besar dengan hasil yang didapat pada grafik hasil kekuatan *bending* dapat dilihat pada Gambar 11 pada variasi fraksi berat 25%wt terlihat nilai kekuatan *bending* lebih kecil dibandingkan dengan variasi fraksi berat 40%wt, hal ini dikarenakan beban yang diberikan pada benda uji variasi fraksi berat 25%wt lebih kecil dibandingkan dengan variasi fraksi berat 40%wt. Jumlah fraksi volum penguat bertambah akan memberikan pengaruh terhadap kekuatan kompositnya, pada Gambar 11 untuk 40%wt dengan penguat sekam padi atau abunya mempunyai nilai kekuatan *bending* yang lebih besar dibandingkan 20%wt penguatnya.



Gambar 10. Hubungan antara fraksi berat penguat terhadap kekuatan *bending* dan standar SNI papan partikel



Gambar 11. Hubungan Komparasi antara fraksi berat penguat terhadap modulus elastisitas *Bending*

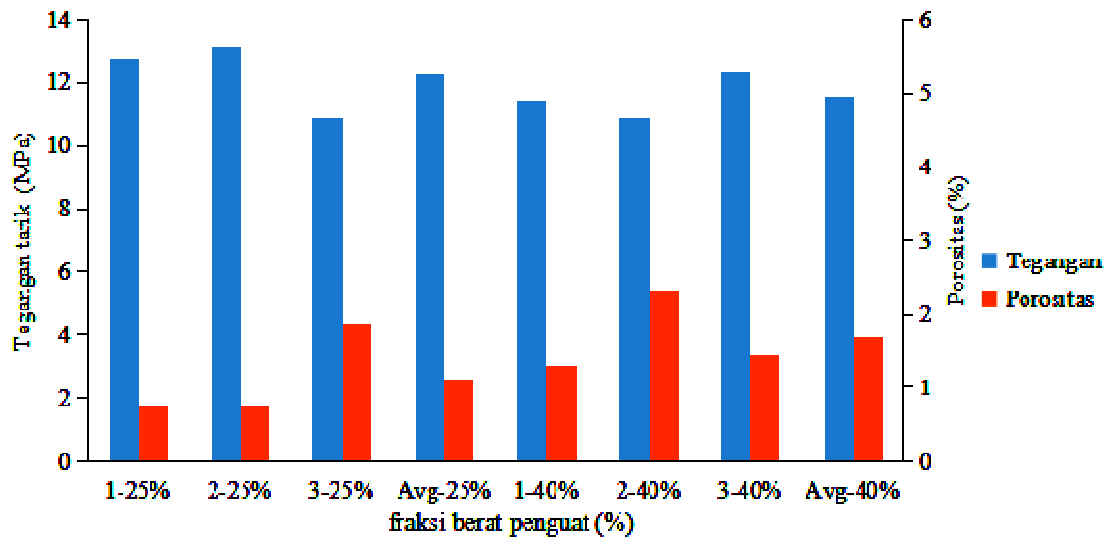
Pada Gambar 10, komposit dengan penguat sekam padi mempunyai nilai kekuatan bending yang lebih besar dibandingkan dengan penguat abu sekam padi. Untuk nilai rata – rata kekuatan bending terbesar pada komposit epoksi berpenguat sekam padi 40%wt sebesar 63,87 MPa dan nilai rata – rata kekuatan bending terendah pada komposit epoksi berpenguat abu sekam padi 25%wt sebesar 38,73 MPa. Kekuatan Bending komposit berpenguat sekam padi dan abunya memenuhi nilai dari standar SNI 03-2105-2006 tipe 18 untuk papan partikel untuk kekuatan *bending* (σ_b) dengan nilai 18,04 MPa. Penelitian sebelumnya, komposit berpenguat serat alam yang diaplikasikan pada papan partikel, antara lain komposit poliester berpenguat serbuk

kayu dan limbahnya, menghasilkan nilai kekuatan bending yang sesuai dengan SNI 03 – 2105 – 2006 sebesar 186,233 kgf/cm² dengan komposisi serbuk kayu, limbah serbuk kayu dan polyester adalah 50%:0%:50%, Fardillah Anwar dkk.,(2022). Komposit berpenguat serbuk bambu tali dengan matriks polipropilena dan poliester dengan ukuran serbuk 250 mesh dan fraksi volum serbuk 30% memenuhi kekuatan bending pada papan partikel untuk standar JIS A 5908 – 2003, Martijanti dkk., (2022). Hasil penelitian sebelumnya telah menghasilkan komposit dengan menggunakan penguat serbuk kayu atau serbuk bambu yang memenuhi standar papan partikel yang berstandar JIS atau SNI dan studi awal penelitian ini menghasilkan jenis material dengan menggunakan jenis penguat yang berbeda yaitu sekam padi atau abu sekam padi yang dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif bahan untuk papan partikel.

Modulus elastisitas untuk komposit berpenguat abu sekam padi variasi 25% wt memiliki nilai rata-rata modulus elastisitas bending yang paling rendah sebesar 1272 MPa, kekuatan bending sebesar 38,73 MPa, sedangkan pada komposit berpenguat sekam padi variasi 40% wt memiliki nilai rata-rata modulus elastisitas bending paling tinggi sebesar 2676 MPa, kekuatan bending sebesar 63,87 MPa . Hal ini dapat diindikasikan bahwa dengan penambahan penguat yang dalam penelitian ini adalah partikel sekam padi dan abunya memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan bending dan modulus elastisitas bending komposit, Hanif dkk.,(2019).

3.2. Analisa porositas

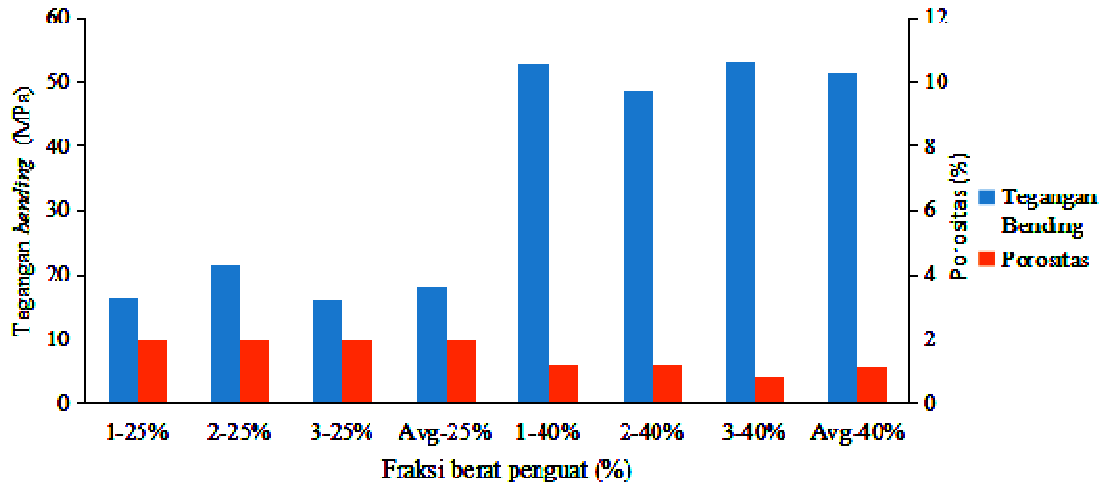
Berdasarkan grafik porositas dan tegangan tarik dilihat pada 12 mendapat hasil untuk variasi fraksi berat 40%wt dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 11,549 MPa lebih kecil dibandingkan dengan variasi fraksi berat 25%wt yang memiliki nilai tegangan tarik paling tinggi pada benda uji 2 dengan nilai 13,106 MPa dikarenakan hasil porositas yang juga lebih kecil terdapat pada benda uji 1 dan 2 dengan nilai yang sama yaitu 1,738% daripada variasi fraksi berat 40%wt yang memiliki nilai porositas paling tinggi pada benda uji 2 dengan nilai 5,424% menyebabkan hasil tegangan tarik lebih rendah dari variasi fraksi berat 25%wt. Semakin rendah nilai porositas dari sampel yang dilakukan pengujian, tegangan tarik mempunyai nilai yang lebih besar, jadi peningkatan prosentase porositas dapat menyebabkan penurunan kekuatan dari komposit. Adanya cacat atau porositas pada komposit dapat mempengaruhi ikatan antar serat dan matriks, yaitu adanya celah di antara penguat (partikel) dan matriks, mengakibatkan tegangan akan berpindah ke daerah porositas yang menyebabkan penurunan kekuatan dari komposit ((Calister, 1991 ; Adryani dan Maulida,dkk,2014)).



Gambar 12. Nilai porositas, tegangan tarik dengan fraksi berat 25%wt dan 40%wt

Berdasarkan hasil pada Gambar 13, pada variasi 25% fraksi berat memiliki nilai rata-rata porositas sebesar 9.819% dan tegangan bending sebesar 17.961 MPa, sedangkan dengan spesimen uji komposit variasi 40% fraksi volume dengan nilai rata-rata porositas 5,349% dengan kekuatan sebesar 51.557 MPa. Hasil pengujian porositas pada benda hasil pengujian tegangan *bending* mempunyai karakterisasi yang sama dengan hasil pengujian porositas pada benda hasil pengujian tegangan Tarik, bahwa penambahan prosentase porositas dapat menurunkan tegangan *bending* komposit. Pengurangan prosentase porositas pada pembuatan material komposit dapat dilakukan salah satunya, melakukan proses vakum selama fabrikasi komposit. Porositas yang

terjadi pada saat proses pembuatan komposit tidak dapat dihilangkan tetapi sifatnya kita hanya mengurangi jumlah porositas yang terbentuk pada komposit.



Gambar 13. Nilai porositas, tegangan *bending* dengan fraksi berat 25%wt dan 40%wt

4. KESIMPULAN

Kekuatan tarik dan bending pada komposit epoksi berpenguat sekam padi atau abu sekam padi, dengan range nilai kekuatan tarik sebesar (8.05 – 13.11) MPa dan kekuatan bending sebesar (38.73 - 63,87) MPa, memenuhi nilai standar SNI 03-2105-2006 tipe 18 papan partikel yaitu kekuatan tarik sebesar 3,04 MPa dan kekuatan bending sebesar 18.04 MPa, dari studi pendahuluan penelitian ini komposit epoksi berpenguat sekam padi atau abu sekam padi dapat dijadikan sebagai material untuk diaplikasikan pada papan partikel berstandar SNI 03-2105-2006 tipe 18.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada Unjani atas bantuan dana penelitian melalui program penelitian hibah internal 2022 yang dibiayai melalui LPPM Unjani, Program studi Teknik Mesin di Fakultas Teknologi Manufaktur atas fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini, semua pihak yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan.

Daftar Notasi

- σ : Kekuatan Tarik (MPa)
- σ_b : Kekuatan *Bending* (MPa)
- P : Beban (kg)
- ϵ : Regangan (%)
- ΔL : Pertambahan Panjang (m)
- l_0 : Panjang Awal (m)
- E : Modulus Elastisitas (MPa)
- A : Luas Penampang (m²)
- b : Lebar (m)
- d : Tebal (m)
- E_b : Modulus Elastisitas *Bending* (MPa)
- δ : Defleksi (m)
- L : Panjang *Span* (m)
- V_f : Porositas (%)
- T_i : Massa Jenis Komposit Ideal (kg/m³)
- v_f : Fraksi Berat Partikel (%)
- v_m : Fraksi Berat Matriks (%)

M_d : Massa Jenis Komposit Aktual (kg/m^3)

DAFTAR PUSTAKA

- Adryani, R., Maulida, Pengaruh ukuran partikel dan komposisi abu sekam padi hitam terhadap sifat kekuatan tarik komposit poliester tidak jenuh, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3 (4), 31 – 36, 2014.
- Aldhera, I.R., Allosomba, Y.P., Diantono, A.M., Indarto, V.R., Kristiyanto, Y.M., Fanesa, A., Chandra, D., Rantetabong, M., Pakpahan, T.M., Pemanfaatan limbah padi menjadi arang sekam sebagai pendapatan petani di desa Plembutan, Playen, Yogyakarta, *Jurnal Atma Inovasia (JAI)*, 2 (2), 199–203, 2022.
- Anwar, F., Mangalla, L.K., Sisworo, R.R., Pengujian sifat fisik dan mekanik pada komposit papan partikel berbahan dasar limbah serbuk kayu, serbuk ban bekas dan resin polyester, *ETHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 7 (2), 51 – 56, 2022.
- ASTM D3039/D3039M, Annual book of ASTM standards, 1–13. <https://doi.org/10.1520/D3039>, 2014
- ASTM D2734-94, Standard test methods for void content of reinforced plastics. ASTM Standards, 08 (Reapproved 2003), 1–3. <https://doi.org/10.1520/D2734-94R03>, 1994
- ASTM D790-61, https://lhc-div-mms.web.cern.ch/tests/MAG/docum/Radiation_resistance/Literature/Standards/ASTM%20D790-61.pdf, 18 – 61, 1994.
- Chandra, A., Miryanti, Y.I.P.A., Widjaja, L.B., Pramudita, A., Isolasi dan karakterisasi silika dari sekam Padi, *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 2016.
- Dera, N.S., Ismail, S., Talango, N., Ishak, S., Sifat fisik papan komposit limbah sekam padi berpelekat polyester dengan surface metode, *Momentum*, Vol. 19 (1), 27 – 32, 2023.
- Ferdiansyah, Premesti, A.S.A., Fathichin, A.R., Ariani, B.M.G., Fahmi, A.H., Mirzayanti, Y.W., Review Studi: Analisa pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan material maju”, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan III (SENASTITAN III)*, Surabaya, 2022.
- Firmansyah, Tensile test : pengertian, prosedur, acceptance dan standard, <https://www.detech.co.id/tensile-test/>, 2020
- Gautama, C.R., Alfatih, M.F., Alim, S., Eksperimen uji *bending* pada komposit resin polyester dan epoxy serat jerami padi dengan proses hand lay up, *Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8 (2), 237 – 242, 2022.
- Hanif, P., Wicaksono, S.T., Hidayat, I.P., Pengaruh komposisi filler limbah polypropylene dan sekam padi terhadap sifat fisis dan mekanik komposit untuk aplikasi papan semen partikel, *Jurnal Teknik ITS*, 8 (2), 99 – 105, 2019.
- Johari, A.F., Kardiman, D.T. Santosa, Pengaruh temperatur terhadap pembuatan papan sekam padi berbasis limbah HDPE menggunakan metode hot press”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16 (1), 17 – 24, 2021.
- Kementerian Pertanian, Menggembirakan, produksi padi 2020 dan potensi Januari - April 2021 naik dibandingkan tahun lalu.” <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=4716> (diakses 12 Januari 2023).
- Kardiman, F.D., Fuadi, F.C., Widiyanto, E., Pengaruh temperatur terhadap sifat mekanik pada pembuatan papan komposit berbasis sekam padi dan matriks HDPE, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, XI (1), 10-18, 2019.
- Khasanah, Y.B.I.N., Prasety, O.R., Wirawati, I., Rahmadhani, N., Poerwaningsih, R., Ramdhani, D.M., Harvest and rice production area in Indonesia 2020, Badan Pusat Statistik, 2021.
- Martijanti, M., Sutarno, S., Juwono, A.L., Polymer composite fabrication reinforced with bamboo fiber for particle board product raw material application, *Polymers*, 13 (4377), 1-21, 2021.
- Nurhidayat, A., Kajian variasi matrik komposit serbuk sekam padi limbah terhadap sifat mekanik, *Jurnal Teknosains Kodepena*, 01(01), 29–36, 2020.
- Rohim, A.M., Fianti, Nurbaiti, U., Potensi sekam padi dan jerami sebagai alternatif material akustik, *Physics Education Research Journal*, 2 (1), 35-42, 2020.
- Rudi, S.H., Pengaruh fraksi volume komposit poliester yang diperkuat serbuk sekam padi (rice husk flour) terhadap sifat mekaniknya, *Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang*, 2006.
- Wulandari, Pembuatan dan pengujian papan partikel komposit berbahan baku sekam padi dengan menggunakan proses hot press, Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, 2018.