

## MANUFAKTUR DAN PENGUJIAN SIFAT MEKANIS KOMPOSIT GIPSUM BERLAPIS BERPENGUAT SERAT *E-GLASS* TIPE CSM

Ali Umar Alfonso<sup>1</sup>, Indra Mawardi<sup>2\*</sup>, Samsul Bahri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Prodi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buket Rata

\*Penulis korespondensi: indratm@pnl.ac.id

### Abstrak

Serat *E-glass* tipe CSM merupakan salah satu material jenis filler yang sering digunakan pada material komposit, maka dalam penelitian ini akan digunakan tepung gipsum yang berjenis *casting* sebagai matriks. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik (kekuatan lentur dan kekuatan tekan) dan sifat fisis (densitas dan daya serap air) pada komposit gipsum berlapis berpenguat serat *E-glass* tipe CSM. Metode penelitian ini diawali dengan pencetakan komposit gipsum dengan berbagai jenis variasi lapisan penguat dari serat *E-glass*. Sebagai pembandingan dicetak spesimen tanpa penguat (100% gipsum) diberi kode GE0. Masing-masing variasi lapisan *E-glass* dicetak sebanyak tiga spesimen. Konfigurasi komposit gipsum dengan berbagai variasi lapisan *E-glass* diberi kode dengan nama GE1, GE2, GE3, dan GE4. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sifat mekanis kekuatan lentur komposit gipsum berpenguat serat *E-glass* paling tinggi dihasilkan oleh varian tanpa penguat pada varian GE0 sebesar 4,10 Mpa dan yang terendah pada varian komposit gipsum 4 lapisan penguat pada varian GE4 sebesar 1,51 MPa, nilai kekuatan tarik komposit gipsum berbanding terbalik dengan nilai kekuatan tekan, kekuatan tekan komposit gipsum berpenguat serat *E-glass* paling tinggi pada varian GE4 sebesar 8,79 Mpa dan yang terendah pada varian GE1 sebesar 5,05 MPa. Dan pada sifat fisis pengujian densitas komposit gipsum paling tinggi dihasilkan oleh varian tanpa penguat (GE0) sebesar 1199 kg/m<sup>3</sup> dan densitas paling rendah dihasilkan oleh varian GE4 sebesar 982 kg/m<sup>3</sup>, dan sifat fisis pengujian daya serap air paling tinggi dihasilkan oleh varian 43,97% dan yang terendah dihasilkan oleh varian tanpa penguat (GE0) sebesar 24,79%.

**Keywords:** komposit gipsum, serat *E-Glass* tipe CSM, manufaktur, sifat mekanis, sifat fisis.

### 1 Pendahuluan

Penggunaan bahan sebagai alternatif pengganti bahan logam dalam bidang rekayasa sudah semakin meluas, yang tidak hanya sebagai panel di bidang transportasi tetapi juga merambah pada bidang lainnya seperti properti dan arsitektur. Hal ini dikarenakan oleh adanya keuntungan penggunaan bahan komposit seperti konstruksi menjadi lebih ringan, tahan korosi dan kekuatannya dapat didesain sesuai dengan arah pembebanan. Komposit merupakan suatu bahan yang terdiri dari dua atau lebih jenis material yang berbeda yang digabungkan untuk menghasilkan sifat-sifat yang unggul dibandingkan dengan material tunggal. Komposit serat-gipsum adalah salah satu jenis komposit yang terdiri dari matriks gipsum yang diperkuat dengan serat yang terbuat dari material tertentu, seperti serat kaca (*E-glass*), serat karbon, atau serat alam.

Komposit gipsum adalah sebuah material yang terbuat dari campuran antara gipsum dan serat organik, seperti serat kaca, serat karbon, atau serat polypropylene. Gipsum itu sendiri adalah mineral yang terdiri dari kalsium sulfat dehidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang banyak digunakan dalam industri konstruksi untuk membuat berbagai macam produk seperti plafon, dinding partisi, dan panel. Keuntungan utama dari komposit gipsum

adalah kekuatannya yang lebih tinggi dan kepadatannya yang lebih rendah daripada gipsum murni. Hal ini membuatnya lebih tahan terhadap retak dan deformasi, serta lebih mudah untuk diolah dan dipasang.

Beberapa penelitian sebelumnya telah meneliti material komposit gipsum dengan berbagai penguat. Indra, dkk [1] telah meneliti sifat mekanis komposit polimer hibrid diperkuat serat sabut kelapa dan *E-glass*, secara keseluruhan dari hasil pengujian menunjukkan nilai-nilai sifat mekanik bending yang dimiliki material komposit polimer lebih besar hingga mencapai tiga kali dibandingkan nilai-nilai sifat mekanik akibat perlakuan tarik. Komposit gipsum dengan berpenguat serat alam sudah ditemukan oleh Rukini [2] hasil dari penelitian tersebut adalah Produk komposit gipsum berpenguat serat sisal Sumbawa dengan arah serat continuous (SC), serat woven (SW) dan serat hybrid (SH) menunjukkan kelayakan sifat mekanik baik kekuatan lentur maupun kekuatan patahnya.

Oliveira, dkk [3] telah mempelajari sifat konduktivitas termal, densitas, dan kekuatan lentur komposit gipsum yang diperkuat dengan serat selulosa daur ulang dan polistiren. Kekuatan lentur yang dihasilkan telah memenuhi kekuatan minimum persyaratan untuk digunakan sebagai komposit gipsum, namun tidak cukup

untuk digunakan di tempat-tempat yang membutuhkan ketahanan mekanis. Kekuatan mekanis komposit gipsum berpenguat limbah low density polietilen telah dipublikasi oleh Gomez, dkk [4]. Komposit gipsum dengan limbah plastik yang dihasilkan memiliki densitas yang lebih ringan akan tetapi penambahan limbah plastik menyebabkan penurunan kekuatan mekanik. Namun, semua nilai kuat lentur dan kuat tekan melebihi nilai minimum yang ditetapkan oleh standar. Agus [5] telah menyelidiki pengaruh fraksi volume terhadap peningkatan kekuatan impak komposit berpenguat coconut fiber (serat kelapa) dan bermatriks gipsum dengan volume serat 20%, 30%, 40%, dan 50% yang lebih tinggi pada komposit, berpotensi memberikan penguatan yang lebih tinggi.

Penggunaan gipsum sebagai matriks pada material komposit semakin diminati, hal ini disebabkan karena gipsum memiliki sifat-sifat yang unik, seperti mudah diproses, tahan api, dan tahan air, sehingga sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pembuatan plafon, dinding, dan bahan isolasi.

Parameter penting lain yang mempengaruhi sifat bahan komposit antara lain bentuk, ukuran, orientasi dan distribusi dari bahan tambah (filler) dan matriks. Sifat mekanik merupakan salah satu sifat bahan komposit yang sangat penting untuk dipelajari. Untuk aplikasi struktur, sifat mekanik di tentukan oleh pemilihan beban. Sifat mekanik bahan komposit bergantung pada sifat bahan penyusunnya. Peran utama serat dalam komposit berpenguat serat adalah untuk memindahkan tegangan (stress) antara serat, memberikan ketahanan terhadap lingkungan yang merugikan dan menjaga permukaan serat dari efek mekanik dan kimia. Sementara kontribusi serat bagian besar berpengaruh pada kekuatan tarik (tensile strength) bahan komposit, [6]. Pengujian komposit gipsum berlapis yang diperkuat serat E-glass tipe CSM. Oleh karena itu, penulis mengajukan penelitian manufaktur dan pengujian sifat mekanis komposit gipsum berlapis berpenguat serat E-glass tipe CSM, hal ini nantinya dapat memberikan informasi yang berguna untuk pengembangan material komposit serat-gipsum yang lebih berdaya guna.

## 2. Metoda Penelitian

Tempat dilakukan penelitian ini adalah di laboratorium Magister Universitas Sumatera Utara untuk pengujian sample. Sedangkan pembentukan sample dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Lhokseumawe.

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung gipsum, air, dan serat *E-glass*.

### 2.2 Alat Penelitian

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan seperti mesin uji Tarik, mesin uji tekan, cetakan sample yang dibuat dari kayu, aluminium foil untuk

membungkus sample di cetakan, timbangan digital, sendok untuk mengaduk cetakan tepung gypsum, ember, scraper, spidol, dan peralatan pendukung.

## 2.3 Perancangan Penelitian

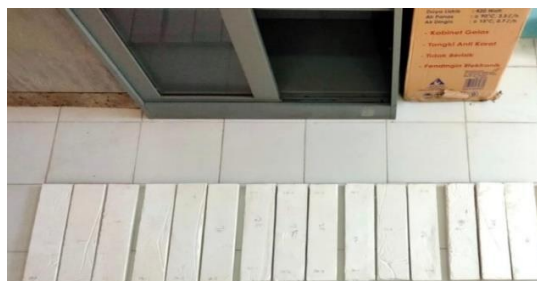
Langkah awal dalam penelitian adalah pembuatan specimen:

1. Persiapan bahan dan alat untuk pengujian sample komposit gypsum berpenguat serat *E-glass* berlapis
2. Pembuatan cetakan specimen dengan diameter berbeda-beda sesuai kebutuhan pengujiannya
3. Pemotongan serat *E-glass*
4. Pencetakan sample komposit gypsum dengan mencampurkan adonan tepung gypsum ke dalam adonan dan potongan serat *E-glass* yg berbentuk lembaran.
5. Pengeringan sample yang ditargetkan selama 1 minggu untuk mencapai pengerasan yang maksimal sesuai dengan kebutuhan pengujian.
6. Setelah dikeringkan sample yang digunakan diberikan finishing di dimensi permukaan sample
7. Dan setelah difinishing, sample dilakukan pengujian sifat mekanis dan pengujian sifat fisis.
8. Setelah dilakukan pengujian, data dari pengujian akan keluar dari mesin peng

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Manufaktur Komposit Gipsum

Dari hasil proses pembentukan komposit gipsum diperkuat serat lapisan *E-glass* dengan berbagai variasi lapisan telah terbentuk spesimen uji untuk pengujian lentur dan tekan. sedangkan untuk spesimen pengujian fisis diambil dari spesimen uji lentur. Dapat dilihat pada gambar 1 dan 2 berikut ini.



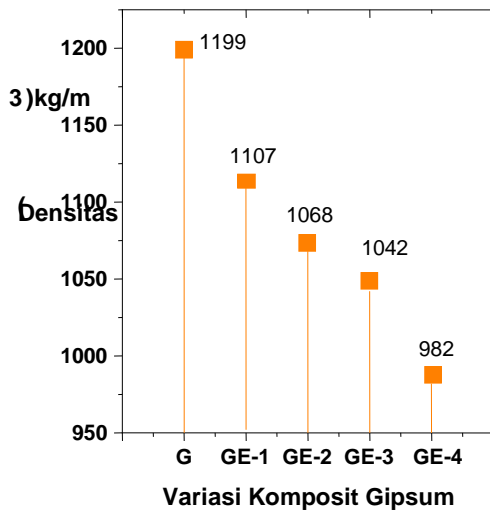
Gambar 1 spesimen uji lentur.



Gambar 2 Spesimen uji tekan.

### 3.2 Sifat Fisis Komposit Gipsum

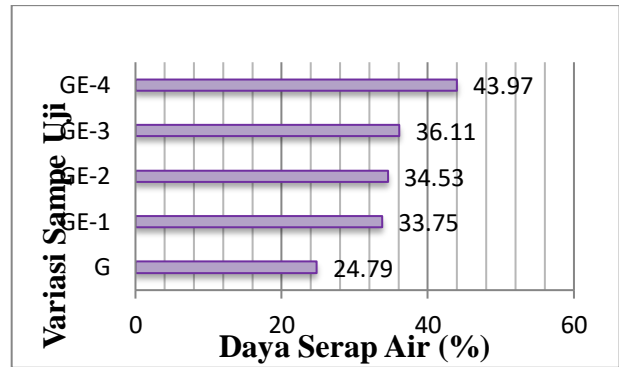
Gambar 3 memperlihatkan densitas dari berbagai varian komposit gypsum yang diperkuat lapisan serat *E-glass*. Densitas komposit gypsum berkisar 982-1164 kg/m<sup>3</sup>. Densitas dari komposit gipsium berpenguat serat *E-glass* memiliki densitas pada kisaran 982-1107kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas komposit gypsum berpenguat serat *E-glass* masih lebih rendah dibandingkan dengan komposit gipsium tanpa penguat (control). Dari Gambar 3 nilai densitas dari komposit gipsium yang diperkuat *E-glass* menunjukkan trend penurunan dengan bertambahnya lapisan dari penguat atau serat. Temuan ini menunjukkan bahwa penambahan penguat berupa lapisan *E-glass* menghasilkan material gipsium yang lebih ringan. Dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Grafik pengujian densitas

Nilai densitas, komposit gipsium berpenguat serat *E-glass* memiliki densitas yang rendah dibandingkan dengan komposit gipsium tanpa penguat. Penurunan densitas yang diperoleh dengan substitusi lapisan penguat yang lebih banyak juga dilaporkan dalam penelitian sebelumnya oleh Merino, dkk dan Gomez, dkk yang menyatakan bahwa penurunan densitas mortar kemungkinan disebabkan oleh substitusi material yang lebih berat dengan material yang lebih ringan. Jenis densitas dari material dan *E-glass* yang berbeda telah berpengaruh terhadap nilai densitas dari komposit gipsumnya. Selain dipengaruhi oleh karakteristik fisis dari raw material, penurunan densitas juga dapat terjadi dikarenakan banyaknya pori yang terbentuk saat pembentukan komposit. Nilai densitas akan mempengaruhi nilai-nilai atau karakteristik mekanis dari komposit nantinya.

Penyerapan air adalah parameter penting untuk stabilitas dimensi produk berbasis komposit berpenguat serat. Dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.

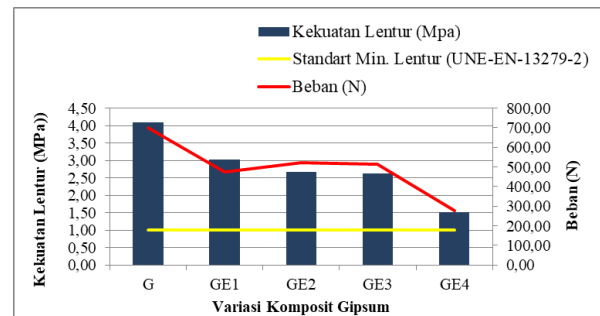


Gambar 4 Grafik pengujian daya serap air

Gambar 4 memperlihatkan varian komposit gipsium yang diperkuat lapisan serat *E-glass*. Sample gipsium dengan tanpa penguat menunjukkan ketahanan serapan air yang lebih baik dibandingkan komposit gipsium dengan penguat karung dan *E-glass*. Komposit gipsium dengan 4 lapisan *E-glass* menunjukkan kemampuan daya serap air yang tinggi (43,97%) dibandingkan varian lain dan daya serap air terendah pada komposit gipsium tanpa penguat sebesar 24,79%. Dari Gambar dapat dilihat, daya serap air meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah lapisan serat karung maupun *E-glass*.

### 3.3 Kekuatan Lentur Komposit Gypsum

Hasil pengujian kekuatan lentur komposit gipsium diperkuat *E-glass* dengan berbagai variasi jumlah lapisan diperlihatkan pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5 Grafik Pengujian lentur

Secara umum, komposit gipsium dengan penguat menunjukkan trend penurunan tegangan lentur dengan bertambahnya jumlah lapisan serat penguat. Fenomena ini menunjukkan adanya peningkatan fleksibilitas komposit gipsium dengan penambahan jumlah lapisan serat penguat.

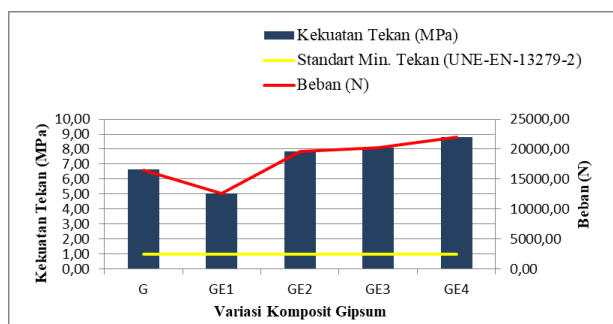
Fenomena yang sama juga terjadi pada komposit gipsium yang diperkuat serat lapisan *E-glass* (Gambar 4.5). Kekuatan lentur dari komposit diperkuat *E-glass* berkisar antara 1, 51 – 3.02 MPa. Varian dengan satu lapisan *E-glass* menunjukkan nilai tertinggi dan varian komposit dengan 4 lapisan menunjukkan nilai tegangan lentur terendah. Penambahan lapisan penguat telah mereduksi tegangan lentur dari komposit gipsium.

Penurunan kekuatan lentur akibat lapisan penguat mungkin dikarenakan ikatan antar muka antara lapisan serat dan pasta gipsium yang kurang baik, dimana terjadinya terjadi delaminasi penguat dalam hal ini lapisan serat terhadap matriks berupa gipsium.

Proses kegagalan delaminasi yang terjadi merupakan proses kegagalan utama dari komposit gipsium berpenguat serat laminated. Kerusakan akibat delaminasi akan meningkat dengan bertambahnya jumlah lapisan penguat, yang pada akhirnya menurunkan kekuatan lentur dari komposit gipsium pada nilai terendah. Namun demikian, nilai kekuatan lentur komposit gipsium berpenguat serat laminated berada di atas dari persyaratan minimum 1 MPa yang ditetapkan oleh standar EN 13279-2 [7].

### 3.4 Kekuatan Tekan Komposit Gipsium

Gambar 6 memperlihatkan hasil pengujian tekan komposit gipsium berpenguat serat E-glass dengan berbagai variasi jumlah lapisan. Secara umum kurva tegangan tekan menunjukkan trend yang sama dengan kurva tegangan lentur. Tegangan tekan mengalami pengurangan dan diikuti peningkatan nilai regangan dengan penambahan lapisan serat E-glass sebagai penguat. Dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini.



Gambar 6 Grafik pengujian tekan

Nilai kekuatan tekan dari komposit gipsium dari penelitian ini lebih tinggi dari persyaratan minimum dari komposit gipsium yang ditetapkan oleh standar EN 13279-2 [7]. Hasil temuan pengerjaan ini menunjukkan lebih baik dibandingkan komposit semen yang diperkuat limbah polyethylene dan gipsium daur ulang ringan dengan residu polistirena[8].

Selanjutnya, Gambar 4.7 memperlihatkan nilai kekuatan tekan komposit gipsium berpenguat lapisan serat E-glass yang berkisar 5,05 – 8.79 MPa. Pada kasus komposit berpenguat lapisan serat E-glass kekuatan tekan yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya rasio lapisan penguat. Ikatan antar muka antara gipsium sebagai matriks dengan lapisan serat E-glass yang lebih baik menghasilkan ketahanan tekan yang lebih baik.

## 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Densitas komposit gipsium berpenguat lapisan serat E-glass memiliki nilai sebanyak 982-1107kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas komposit gipsium berpenguat serat E-glass masih lebih rendah dibandingkan dengan komposit gipsium tanpa penguat (control). Peningkatan lapisan serat dapat mereduksi nilai densitas dari komposit gipsium.

2. Daya serap air komposit gipsium berkisar 24,97 – 43,97%, dimana semakin meningkat jumlah lapisan serat E-glass akan meningkatkan daya serap air. Setiap peningkatan lapisan serat E-glass berpotensi meningkatkan jumlah pori yang terbentuk

3. Kekuatan lentur komposit gypsum berpenguat serat E-glass berkisar antara 1,51 – 3.02 MPa. Meningkatnya penggunaan lapisan serat E-glass cenderung menurunkan nilai kekuatan lentur, namun demikian semua sampel komposit gipsium telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh standar EN 13279-2.

4. Penambahan jumlah lapisan serat E-glass sebagai penguat pada komposit gipsium berpengaruh terhadap kenaikan nilai ketahanan tekan. Kekuatan tekan komposit gipsium berkisar antara 5,05 – 8.79 MPa.

5. Komposit gipsium dengan tanpa penguat menunjukkan kestabilan termal yang lebih baik dibandingkan komposit gipsium berpenguat E-glass.

## Daftar Pustaka

- [1] I. Mawardi and H. Hanif, "Sifat Mekanis Komposit Polimer Hibrid Diperkuat Serat Sabut Kelapa-E-Glass," *ETHOS (Jurnal Penelit. dan Pengabdian)*, vol. 6, no. 2, pp. 297–304, 2018, doi: 10.29313/ethos.v6i2.3783.
- [2] A. Rukini, "Analisis Kelayakan Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Gipsium Berpenguat Serat Alam Sisal Sumbawa Sebagai Papan Plafon," *J. TAMBORA*, vol. 3, no. 3, pp. 20–23, 2019, doi: 10.36761/jt.v3i3.390.
- [3] K. A. De Oliveira, C. A. B. Oliveira, and J. C. Molina, "Lightweight recycled gypsum with residues of expanded polystyrene and cellulose fiber to improve thermal properties of gypsum," *Mater. Construcción*, vol. 71, no. 341, pp. e242–e242, 2021.
- [4] M. I. ROMERO-GÓMEZ, P. RUBIO-DE-HITA, M. A. PEDREÑO-ROJAS, M. J. MORALES-CONDE, and F. PÉREZ-GÁLVEZ, "RECYCLING OF LOW-DENSITY POLYETHYLENE WASTE TO PRODUCE ECO-FRIENDLY GYPSUM COMPOSITES," *Waste Manag. Environ. Impact XI*, vol. 257, p.

- 73, 2022.
- [5] A. Hariyanto, "Berpenguat Random Coconut Fiber," vol. 2005, pp. 101–107, 2015.
- [6] R. F. Septiyanto and A. H. D. Abdullah, "Perbandingan Komposit Serat Alam Dan Serat Sintetis Melalui Uji Tarik Dengan Bahan Serat Jute Dan E-Glass," *Gravity J. Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Fis.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/Gravity/article/view/2536%0Ahttp://jurnal.untirta.ac.id/index.php/Gravity/article/view/912>
- [7] Schwartz, "composite Materials Handbook, McGraw-Hill Book Co. Smith, W.," *Mekanika*, vol. 15, no. 2, pp. 60–69, 1984.
- [8] K. Y. Lee, Y. Aitomäki, L. A. Berglund, K. Oksman, and A. Bismarck, "On the use of nanocellulose as reinforcement in polymer matrix composites," *Compos. Sci. Technol.*, vol. 105, pp. 15–27, 2014, doi: 10.1016/j.compscitech.2014.08.032.