

ANALISA SIFAT MEKANIS KOMPOSIT EPOKSI/ PARTIKEL SILIKA DARI EKSTRAKSI SEKAM PADI

Bagian I: Eksperimental

Mulyadi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan
Jalan Gedung Arca No.52 Medan 20217

Email: mulyadi@itm.ac.id; mulyadi.tech007@gmail.com

Abstract

This work is focused on the effect of silica (silicon dioxide) on mechanical properties of modified epoxy resin. Eposchon A&B resin were utilised as a matrix to bind silica particles which were extracted from rice husk using pyrolysis method. Eposchon A and Eposchon B were mixed with ratio 1:1. Silica with 0, 2, 4 and 5% content by weight was introduced into Eposchon resin system. This composite mixtures were poured into silicon rhodorsil RTV mould to provide bending and fracture toughness coupon tests. The results revealed that bending strength of modified epoxy resin was improved by 14% for the maximum with 4% of silica content. On the other hand, fracture toughness were decreased as silica particles introduce into the epoxy system. Furthermore, fracture toughness enhanced as the content of silica higher up to 5%. It is concluded that silica from rice husk is potentials filler for polymer composite materials.

Keywords: *silica, epoxy, composite materials*

1. PENDAHULUAN

Tanah yang luas dan subur dengan hamparan padi yang berlimpah menjadikan Indonesia merupakan salah satu produsen padi terbesar dengan jumlah sekam padi yang juga berlimpah dengan harga yang sangat murah.

Sekam padi dengan jumlah yang berlimpah tersebut dapat ditingkatkan nilai ekonominya dengan cara melakukan ekstraksi silika (silicon dioxide) menggunakan metode pirolisis yang relatif murah operasionalnya dan kandungan silika yang dihasilkan sebesar 64,5% [1]. Silika dapat

diolah lebih lanjut menjadi mikro partikel dan nano partikel.

Partikel silika sangat bermanfaat sebagai bahan pengisi (filler) untuk memodifikasi material polimer seperti epoksi sehingga terbentuk material baru yang disebut dengan komposit.

Banyak sekali penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh modifikasi bahan polimer dengan menambahkan silika kedalam polimer tersebut. Peningkatan modulus elastisitas secara signifikan dengan menambahkan partikel nanosilika kedalam resin epoksi telah

dibuktikan dalam berbagai hasil riset. Terjadi peningkatan modulus elastisitas sebesar 40% pada material epikote 828 dengan penambahan 5% nanosilika kedalam sistem resin polimer [2]. Perbaikan ketangguhan retak juga ditunjukkan pada komposit epoksi yang diperkuat serat karbon dimana matriks epoksi telah dimodifikasi dengan partikel nanosilika [3].

Kekuatan tarik, kekakuan dan kekuatan mulur juga mengalami peningkatan pada sistem resin epoksi yang dimodifikasi dengan nanosilika. Hasil ini telah dibuktikan baik secara eksperimental maupun secara pemodelan dengan korelasi hasil yang sangat baik[4,5].

Penelitian tersebut diatas menggunakan partikel silika maupun nanosilika yang telah diproduksi oleh perusahaan pembuat material dengan teknologi tinggi. Sedangkan pada studi ini digunakan partikel silika yang diekstrak dari sekam padi local dengan metode pirolisis. Adapun tujuan riset ini adalah untuk mengetahui perilaku lentur dan ketangguhan retak komposit epoksi yang dimodifikasi dengan partikel silika dari sekam padi.

Kekuatan bengkok tiga titik spesimen uji komposit pada bagian tengah benda uji dihitung berdasarkan rumus [6]:

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

Dimana:

σ_f = tegangan bengkok di permukaan terluar pada bagian tengah spesimen, MPa

P = beban yang diberikan pada titik acuan untuk kurva beban-defleksi, N

L = jarak antar tumpuan, mm

b = lebar spesimen uji, mm, dan

d = tebal/kedalaman spesimen uji, mm.

Modulus elastisitas material dapat ditentukan dengan ekspresi sebagai berikut [6]:

$$E = \frac{L^3 m}{4I} \dots (3)$$

Dimana:

E = modulus elastisitas (MPa)

m = slope kurva linier awal beban-defleksi(mm)

L = panjang spesimen (mm)

I = momen inersia penampang (mm⁴)

Sedangkan untuk ketangguhan retak spesimen uji bengkok takikan sisi tunggal dengan metode uji bengkok tiga titik dihitung dengan rumus [7] sebagai berikut:

$$K_{IC} = \frac{6P}{B} (a/w)^{1/2} Y \left(MPa \cdot m^{1/2} \right) \dots (4)$$

Dimana:

$$Y = \frac{1,99 - \frac{a}{W} (1 - \frac{a}{W}) (2,15 - \frac{3,93a}{W} + 2,7 (\frac{a}{W})^2)}{(1 + \frac{2a}{W})(1 - \frac{a}{W})^{3/2}} \dots\dots(5)$$

P = Beban (kN)

B = $W/2$ = Lebar spesimen (cm)

W = Tebal spesimen (cm)

a = panjang retak awal (cm).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Partikel silika diekstrak dari sekam padi yang berasal dari kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara. Metode ekstraksi yang digunakan yaitu dengan cara pirolisis. Proses ekstraksi yang dilakukan berdasarkan pekerjaan yang dilakukan oleh Hoddi Prima dkk [1].

Resin epoksi yang digunakan yaitu *Eposchon A&B* dengan perbandingan resin dan hardener yaitu 1:1. Resin dan hardener diaduk dengan merata kemudian partikel silika ditambahkan kedalam sistem resin. Kandungan partikel silika yang ditambahkan dilakukan dengan empat variasi berdasarkan kandungan massa yaitu 0, 2, 4 dan 5%. Campuran sistem resin dan silika kemudian dituang kedalam cetakan yang terbuat dari Silicon Rhodorsil RTV. Waktu pengeringan diudara terbuka memakan waktu 24 jam. Pencetakan dilakukan untuk menghasilkan spesimen uji densitas, bengkok dan

ketangguhan retak dimana ukuran spesimen dan metode uji didasarkan pada standar ASTM D792 - 13, ASTM D790 dan ASTM D5045 sesuai urutan uji diatas. Ukuran spesimen uji bending tiga titik yang digunakan adalah panjang 80 mm, lebar 4 mm dan kedalaman (tebal) 4 mm. Sedangkan untuk uji ketangguhan retak, dimensi spesimen yaitu panjang 80 mm, lebar 4 mm dan kedalaman yaitu sebesar 8 mm. Panjang retak awal, a yaitu sebesar 4,5 mm. Spesimen uji untuk masing-masing pengujian adalah tiga spesimen. Mesin uji bending dan ketangguhan retak yang digunakan yaitu Tensilon RTF 1350. Nilai uji yang ditampilkan adalah nilai rata-rata hasil pengujian dari ketiga spesimen tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Modifikasi resin epoksi menggunakan silika dari sekam padi menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan terhadap sifat-sifat lentur. Kekuatan lentur meningkat seiring dengan bertambahnya kandungan silika didalam polimer epoksi. Terjadi peningkatan kekuatan lentur sebesar 14,3% pada epoksi yang dimodifikasi dengan 4% massa silika. Namun demikian, untuk kandungan silika sebesar 5%, terjadi penurunan kekuatan lentur jika dibandingkan dengan kandungan silika 4% seperti yang ditunjukkan pada table 1. Angka kekuatan lentur dengan silika 5% lebih rendah

jikadibandingkan dengan material polimer epoksi murni.

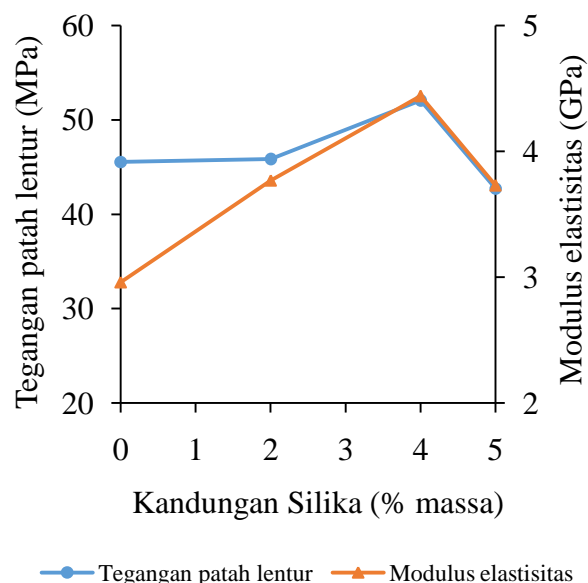
Kecendrungan yang sama juga ditunjukkan oleh nilai modulus elastisitas lentur dari hasil uji lentur yang telah dilaksanakan. Peningkatan nilai modulus elastisitas adalah sebesar 50% dari 2,96 GPa untuk epoksi murni menjadi 4,44 GPa untuk epoksi yang telah dimodifikasi dengan 4% partikel silika. Akan tetapi terjadi penurunan nilai modulus pada kandungan silika sebesar 5% yaitu jika dibandingkan dengan kandungan silika 4% dari 4,44 GPa menjadi 3,73 GPa. Walaupun demikian, nilai modulus pada kandungan silika 5% masih lebih tinggi jika dibandingkan nilai modulus yang diperoleh pada polimer epoksi murni.

Hasil pengujian lentur secara umum menunjukkan bahwa sifat-sifat mekanis lentur epoksi yang dimodifikasi dengan silika dari sekam padi memperlihatkan peningkatan yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa silika mampu memberikan penguatan terhadap epoksi.

Tabel 1. Hasil Pengujian lentur

No	% SiO ₂	σ_{fM} (MPa)	E (Gpa)
1	0	45,55	2,96
2	2	45,85	3,77
3	4	52,05	4,44
4	5	42,74	3,73

Ket: σ_{fM} = Tegangan patah bending



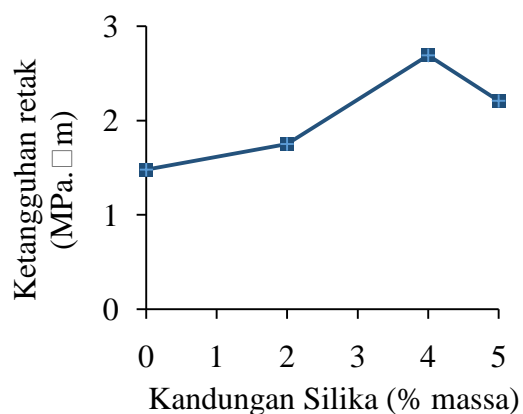
Gambar 1. Respon pengujian lentur polimer epoksi yang dimodifikasi dengan kandungan silika yang bervariasi

Gambar 1 menunjukkan respon pengujian lentur material epoksi yang dimodifikasi dengan berbagai kandungan silika yaitu 2, 4 dan 5% terhadap massa. Hasil memperlihatkan bahwa antara nilai tegangan patah lentur dan modulus elastisitas memiliki korelasi yang sesuai berdasarkan tren grafik yang terbentuk. Dimana, kenaikan tegangan patah lentur juga diikuti dengan kenaikan harga modulus elastisitas. Semakin tinggi nilai modulus elastisitas maka akan semakin tinggi resistensi suatu material untuk mengalami bengkok atau lentur yang akhirnya akan menyebabkan naiknya tegangan patah lentur material tersebut. Hal

ini juga terbukti pada penelitian yang telah dilakukan ini.

Tabel 2. Hasil pengujian ketangguhan retak

No	% SiO ₂	K_{IC} (MPa . m ^{1/2})
1	0	1,48
2	2	1,75
3	4	2,69
4	5	2,21

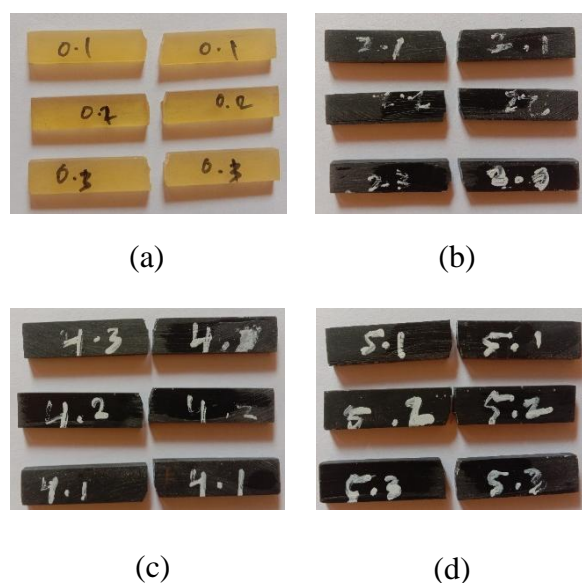


Gambar 2. Respon pengujian ketangguhan retak resin epoksi yang dimodifikasi dengan berbagai kandungan partikel silika

Pengaruh positif kandungan silika terhadap respon uji lentur resin epoksi makin diperkuat dengan hasil uji ketangguhan retak ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 2. Nilai ketangguhan retak dengan jelas diperlihatkan mengaami kenaikan seiring dengan bertambahnya kandungan silika didalam resin epoksi. Terdapat kenaikan nilai ketangguhan retak yang sangat signifikan yaitu sebesar 81% pada kandungan silika

sebesar 4% terhadap mass ajika dibandingkan dengan nilai ketangguhan retak resin epoksi murni. Namun demikian, kandungan silika yang melebihi 5% terhadap massa akan menurunkan nilai ketangguhan retak resin epoksi walaupun masih lebih tinggi dari nilai ketangguhan retak epoksi murni. Hal ini dapat saja terjadi karena penyebaran partikel silika yang tidak merata didalam resin epoksi pada saat pengadukan akibat kandungan silika yang makin tinggi. Pada beberapa bagian dapat terjadi aglomerasi (penggumpalan) atau sebaliknya kekosongan partikel silika dan hal ini tentu saja dapat mengurangi sifat mekanis dari komposit epoksi/silika.

Hal lain yang menarik untuk didiskusikan yaitu bentuk permukaan patah spesimen uji ketangguhan retak komposit epoksi yang dimodifikasi dengan berbagai kandungan partikel silika sebagaimana yang diperlihatkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Perpatahan spesimen uji ketangguhan retak epoksi yang dimodifikasi dengan berbagai kandungan partikel silika, (a) 0% SiO₂, (b) 2 % SiO₂, (c) 4% SiO₂ dan (d) 5% SiO₂ terhadap massa.

Secara sederhana dapat disampaikan bahwa dari permukaan patah yang ditunjukkan terlihat permukaan patah yang tidak rata. Ketidakrataan disebabkan oleh adanya pembelokan rambatan retak oleh partikel-partikel silika. Pembelokan arah rambatan retak ini mengakibatkan terjadinya perlambatan rambatan retak sehingga ketangguhan retak resin epoksi semakin meningkat. Hal ini adalah mekanisme ketangguhan retak yang biasa terjadi pada komposit polimer yang dimodifikasi dengan partikel yang lebih kaku.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa silika partikel yang diperoleh dari sekam padi dapat digunakan

untuk meningkatkan respon lentur dan ketangguhan retak dari resin epoksi sampai dengan kadar maksimum silika sebesar 4% terhadap massa total komposit epoksi/silika.

Silika memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan pengisi pada material komposit polimer atau bahan lainnya karena tersedia dalam jumlah yang sangat banyak dengan harga yang relatif murah tentunya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Prima, T. Hidayat, Mulyadi, Ekstraksi Silikon dioksida dari sekam padi dengan metode pirolisis, *J. Ilm. Mek. Tek. Mesin ITM*. 4 (2018) 100–104.
- [2] Mulyadi, I. Gitman, C. Pinna, C. Soutis, Modelling Interaction Effect of Nanosilica Particles on Nanosilica / Epoxy Composite Stiffness, in: *16 Th Eur. Conf. Compos. Mater.*, Seville, 2014: pp. 22–26.
- [3] D. Carolan, A.J. Kinloch, A. Ivankovic, S. Sprenger, A.C. Taylor, Mechanical and fracture performance of carbon fibre reinforced composites with nanoparticle modified matrices, *Procedia Struct. Integr.* 2 (2016) 96–103.
- [4] A. Jumahat, C. Soutis, S.A. Abdullah, S. Kasolang, Tensile Properties of Nanosilica/Epoxy Nanocomposites, *Procedia Eng.* 41 (2012) 1634–1640.
- [5] S. Boutaleb, F. Zaïri, A. Mesbah, M. Naït-Abdelaziz, J.M. Gloaguen, T. Boukharouba, J.M. Lefebvre, Micromechanics-based modelling of stiffness and yield stress for silica/polymer nanocomposites, *Int. J.*

Solids Struct. 46 (2009) 1716–1726.

- [6] ASTM D790, in: ASTM Vol. 08.01
Plast. C1147 - D3159, 2018.
- [7] ASTM D5045, in: ASTM Vol. 08.02
Plast. D3222–D5083, 2018.