

Suteja

Mahasiswa S2
Program Magister dan Doktor, Jurusan
Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya Malang.
suteja.eng@gmail.com

Anindito Purnowidodo

Dosen
Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
Anindito01@yahoo.com

Djarot B. Darmadi

Dosen
Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
b_darmadi_djarot@ub.ac.id

Nasmi Herlina Sari

Dosen
Universitas Mataram
Jurusan Teknik Mesin
n.herlinasari@unram.ac.id

PERILAKU TARIK KOMPOSIT LAMINAT SERAT KULIT WARU-ALUMINIUM

Waru fiber-aluminium laminate composite is engineering materials which have high stiffness, strength properties and weight to strength ratio. The aim of this study is to find out the effect of the number of waru fiber to tensile strength on laminate composite waru fiber-Aluminium. The process of laminating composite waru fiber-aluminium is done by vacuum infusion resin method with layers variation 1, 2, 3, 4 and fiber direction 45/45 angle woven basket. The result shows that the tensile strength of the waru-Al fiber composite decreases and the elongation value of the composite increases due to the addition of layers of fiber waru lower bond strength on adhesive-aluminum and adhesive-waru. The lowest tensile strength of 153,642 MPa has occurred in composite with 4 layers of waru fibre.

Keywords : waru fiber, aluminium, laminate composite, woven basket, tensile strength

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan industri otomotif dewasa ini mendorong munculnya berbagai macam tantangan, seperti meningkatnya persaingan pasar global dengan berbagai inovasi yang sesuai dengan kebutuhan, kendaraan dengan performa dan efisiensi yang besar [1]. Pengembangan bahan komposit terus dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan material yang sesuai dengan kebutuhan. misalnya material komposit laminat polymer berpenguat serat-aluminium atau *fiber metal laminates* (FMLs). *Fiber metal laminates* (FMLs) merupakan struktur komposit hibrid yang terbentuk dari kombinasi lapisan-lapisan atau lembaran logam dengan berat ringan seperti aluminium atau titanium dan lapisan polimer yang diperkuat dengan serat dengan rasio berat terhadap kekuatan yang tinggi [2,3]. Meng, *et al.* (2016) [4] telah melaporkan bahwa Laminat serat-logam (FMLs) memiliki sifat mekanik yang baik, ketahanan lelah yang tinggi, kapasitas dalam menyerap energi dan ketahanan impak yang tinggi, tahan terhadap korosi dibandingkan dengan laminat komposit konvensional. FMLs dari serat sintesis seperti *Aramid fibre aluminium laminate* (ARALL), *glass laminate aluminium reinforced epoxy* (GLARE) dan *carbon reinforced aluminium laminates* (CARAL) telah banyak digunakan mulai dari bidang industry pesawat terbang, marinir, otomotif, olahraga dan biomedis [5,6]. Namun, penggunaan serat sintesis seperti *fiberglass* dan karbon sebagai bahan komposit laminat memiliki dampak pemanasan global dan sulit didegradasi oleh lingkungan. [7]. Hal ini telah mendorong para peneliti untuk mengembangkan penggunaan komposit berbahan dasar serat alam berbasis selulosa seperti serat kulit jagung dan serat kulit waru telah diselidiki dan dikembangkan [8,9]. Waru (*Hibiscus tiliacues*) merupakan jenis tanaman yang tumbuh berkelompok dan biasanya hidup berkelompok dengan serat terdapat pada kulit batang berbentuk lembaran [10,11]. Fadhillah (2017) [12] telah mengembangkan komposit serat pohon kulit waru dengan menggunakan resin bisphenol LP-1Q-EX menghasilkan kekuatan tarik saat patah total sebesar 329.09 MPa. Sepanjang sepengetahuan kami, pemanfaatan serat kulit waru sebagai bahan dasar untuk mengembangkan *fiber metal laminates* (FMLs) belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki perilaku kekuatan tarik dari komposit laminat aluminium berpenguat serat kulit waru dengan matrik bisphenol.

2. METODE DAN BAHAN

2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu serat kulit waru, plat aluminium dan resin bisphenol LP-1Q-EX. Serat kulit waru direndam di dalam air sampai terjadinya pembusukan daging kulit waru seperti ditunjukkan oleh Sari *et al* (2017) [13]. Serat kulit waru dipotong dengan lebar 5 mm dan panjang 400 mm kemudian dianyam dengan pola basket (2-2). Selanjutnya, serat direndam dalam larutan alkali NaOH 6% selama 2 jam [12].

Dengan tujuan untuk meningkatkan kandungan selulosa serat dan sifat mekanik pada komposit [14]. Serat kulit Waru sebelum dan setelah diberikan perlakuan alkali memiliki kekuatan tarik sebesar 268.72 MPa dan 247.71 MPa. Pelat aluminium dengan seri 1100 digunakan sebagai laminat dari komposit mempunyai ketebalan 0.5 mm. Resin bisphenol LP-1Q-EX dengan katalis dan promoter digunakan sebagai matrik dalam komposit yang dihasilkan. Resin bisphenol LP-1Q-EX memiliki kekuatan tarik sebesar 41 MPa.

2.2 Pembuatan Komposit

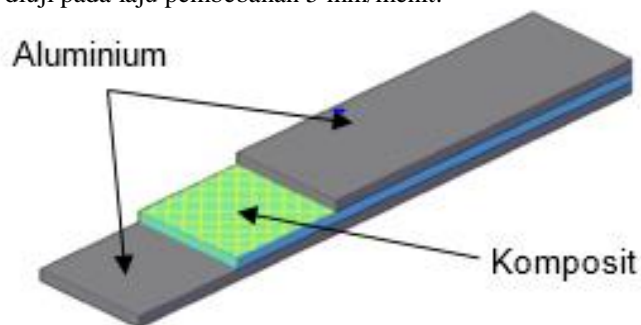
Pembuatan komposit laminat serat kulit waru-aluminium dilakukan dengan memvariasikan jumlah layer serat kulit waru yaitu 1 layer, 2 layer, 3 layer dan 4 layer dengan arah orientasi sudut 45/45. Skema komposit dengan variasi sudut anyam serat kulit waru. Orientasi serat dengan sudut 5/45 ditunjukkan dalam Gambar 1. Komposit laminat serat kulit waru-aluminium dibuat dengan metode *vacuum infusion resin*. Anyaman serat kulit waru dan aluminium dipotong sesuai dengan bentuk dan ukuran standar internasional uji tarik yaitu ASTM D-638-03, dengan susunan aluminium-serat kulit waru (sesuai variasi layer)-aluminium. Sebelum pelat Aluminium direkatkan dengan serat kulit Waru, pelat diberikan perlakuan annealing 1 jam pada suhu 300°C. Komposisi masing-masing komposit yang dibuat ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi dari komposit laminat serat kulit waru.

Kode	Komposisi
NH	2 Al + 1 anyaman serat kulit waru 45/45
NH1	2 Al + 2 anyaman sera kulit waru 45/45
NH2	2 Al + 3 anyaman serat kulit waru 45/45
NH3	2 Al + 4 anyaman serat kulit waru 45/45

2.3 Pengukuran Kekuatan Tarik Komposit

Kemampuan material untuk meregangkan tanpa putus disebut sebagai kekuatan tarik. Kekuatan tarik laminasi diukur dengan standar ASTM D638. Ujung spesimen dijepit di antara pencekam. Gerakan pencekam menawarkan kekuatan tarik pada spesimen. Kekuatan ini dicatat sehubungan dengan perubahan panjang ukur. Uji tarik dilakukan pada Universal Testing Machine (UTM) dengan kapasitas beban maksimum 20 (kN). Sampel diuji pada laju pembebanan 5 mm/menit.



Gambar 1 Skema pembuatan komposit dengan variasi sudut anyam serat kulit waru. 45/45.

Pengujian Tarik komposit laminat yang dilakukan kemudian didapat data berupa tegangan Tarik dan pemanjangan dari komposit laminat yang kemudian dihitung nilai regangan Tarik, kekuatan Tarik dan modulus elastis dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Nilai kekuatan Tarik komposit laminat serat kulit waru-aluminium yaitu beban tarik maksimum dibagi dengan luas penampang spesimen uji seperti pada persamaan 1. Sedangkan nilai regangan yang terjadi pada komposit laminat serat kulit waru dihitung dengan menggunakan persamaan 2.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (2)$$

$$\Delta L = \frac{P}{A} \times \frac{L_0}{E} \tag{3}$$

Persamaan 3 merupakan persamaan untuk mencari perubahan panjang yang terjadi pada komposit laminat, kemudian diturunkan untuk mencari nilai modulus elastisitas komposit laminat serat kulit warualuminium seperti persamaan 4 yang merupakan perbandingan antara tegangan Tarik dengan regangan

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \tag{4}$$

2.4 Scanning Electronic microscopy (SEM)

Sebuah *scanning electron microscope* (SEM, JEOL JM-6400) telah digunakan untuk mengamati permukaan patah dari komposit setelah di uji tarik dan bending. Emas *sputtering* ke permukaan patah dari spesimen yang digunakan untuk memberikan mereka konduktivitas listrik. Tegangan operasi SEM adalah 40 kV.

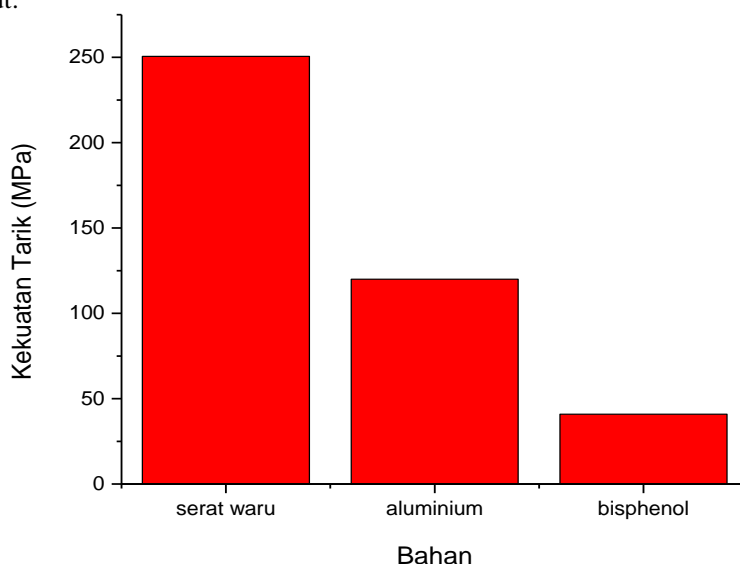
3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Kekuatan Tarik Bahan Penyusun Komposit Laminat.

Tabel 3.1 merupakan kekuatan tarik bahan penyusun komposit laminat,

No.	Bahan	Kekuatan Tarik (MPa)
1	Serat Kulit Waru	250,59
2	Aluminium	120
3	Bisphenol	40,9

dari tabel 3.1 hasil pengujian tarik bahan penyusun komposit laminat di atas maka ditarik grafik seperti gambar 2 berikut.



Gambar 1 kekuatan tarik bahan penyusun komposit laminat.

Dari gambar 1 diketahui bahwa kekuatan tarik tertinggi bahan penyusun komposit laminat dimiliki serat kulit waru kemudian diikuti oleh aluminium dan resin bisphenol. Dengan nilai kekuatan tarik serat kulit waru sebesar 250,59 MPa, aluminium sebesar 120 MPa, dan resin bisphenol sebesar 40,9 MPa.

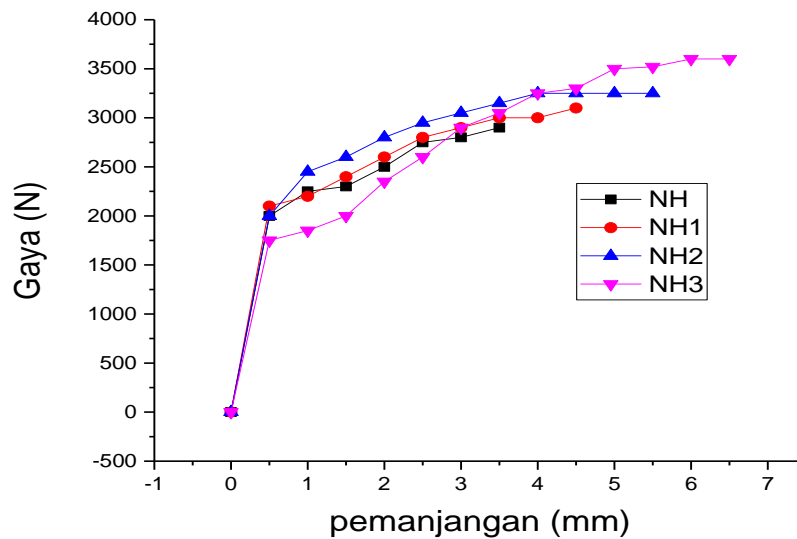
3.2 Analisa Sifat Kekuatan Tarik Komposit Laminat.

Hasil pengujian Tarik yang dilakukan pada komposit laminat serat kulit waru-aluminium dengan variasi jumlah layer serat kulit waru ditunjukkan pada tabel 2. Kemudian grafik hubungan antara gaya pembebanan Tarik-pemanjangan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut:

Tabel 2. Hasil pengujian Tarik yang dilakukan pada komposit laminat serat kulit waru-aluminium

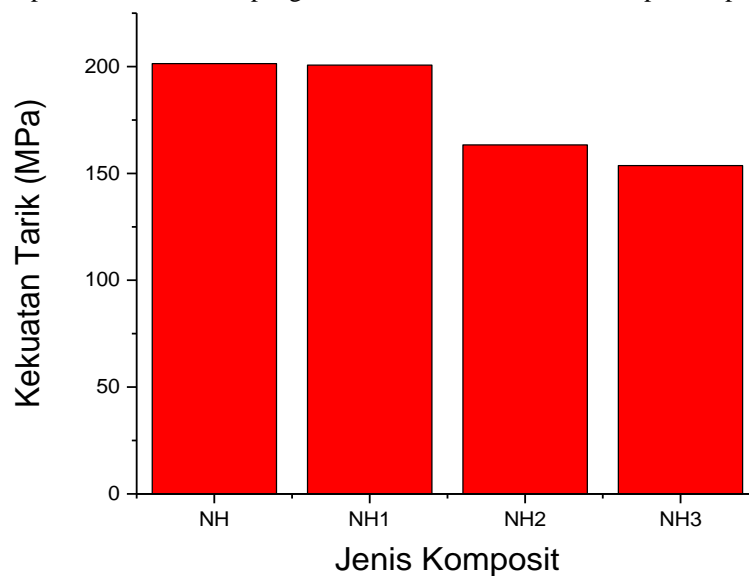
No.	Spesimen	P(N)	σ_t (MPa)	ϵ (%)	E (MPa)
1	NH 1 (Al -1 layer serat kulit waru)	2900	201,403	1,944	7250,5
2	NH 2 (Al -2 layer serat kulit waru)	3100	200,697	2,5	8027,86
3	NH 3 (Al 1-3 layer serat kulit waru)	3250	163,343	2,78	5345,77
4	NH 4 (Al -4 layer serat kulit waru)	3600	153,642	3,61	4254,7

Dari tabel 2 Hasil pengujian Tarik yang dilakukan pada komposit laminat serat kulit waru-aluminium dengan variasi jumlah layer serat kulit waru di atas maka ditarik grafik hubungan gaya-pembebanan sebagai berikut.



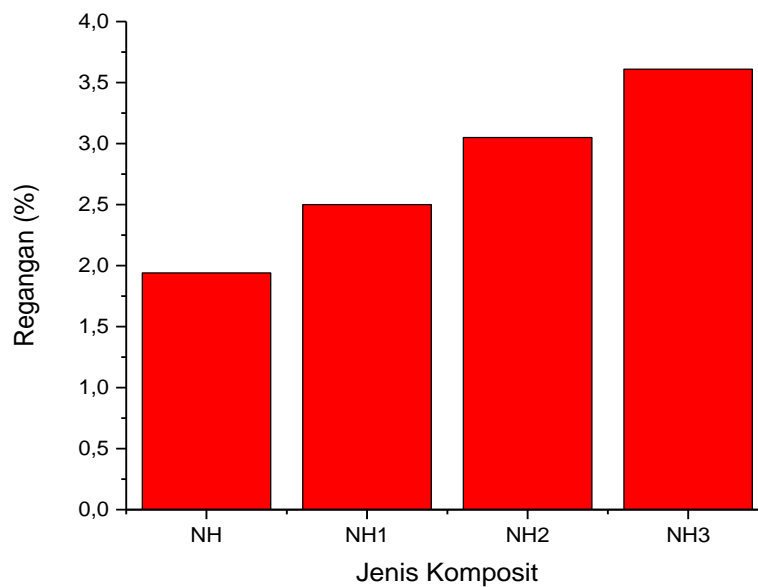
Gambar 2 gaya-pemanjangan komposit laminat serat waru-aluminium.

Gambar 2 menunjukkan bahwa gaya yang mampu ditahan dan pemanjangan yang dialami oleh komposit laminat sebelum mengalami kegagalan semakin tinggi seiring dengan bertambahnya jumlah layer serat kulit waru pada komposit laminat. Hasil pengukuran kekuatan tarik dari komposit diperlihatkan dalam Gambar 3 berikut.



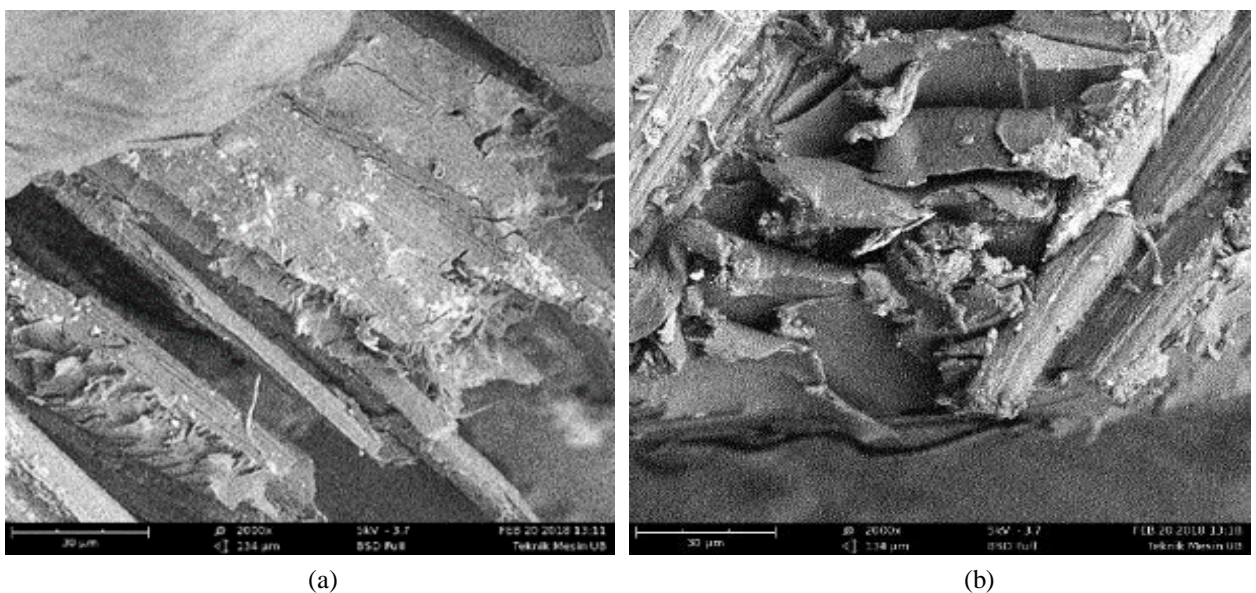
Gambar 3 kekuatan Tarik-variasi jenis jumlah layer komposit laminat.

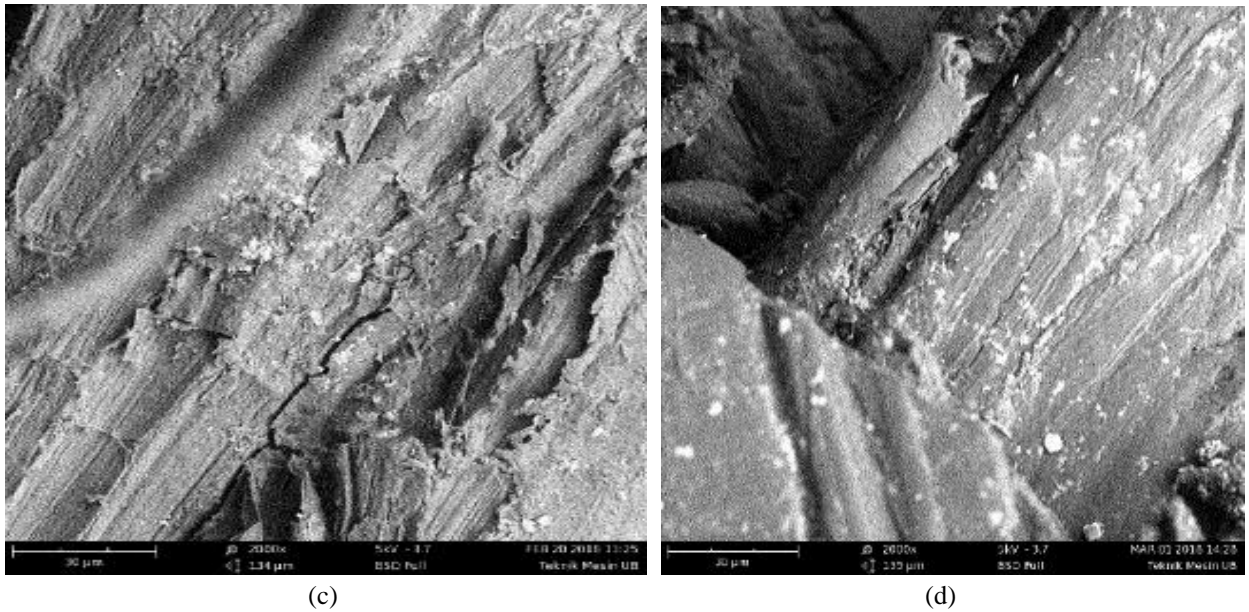
Dari Gambar 3 ditemukan bahwa kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh komposit NH (201,401 MPa) daripada komposit laminat NH1, komposit NH2 dan komposit NH3 yaitu 201,401 MPa, 200.697 MPa, 163,343 MPa, 153,642 MPa berturut-turut. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan lapisan serat waru dalam komposit laminat aluminium tidak memberikan efek terhadap peningkatan kekuatan tarik, tetapi meningkatkan regangan dari komposit laminat (lihat dalam Gambar 4), dengan ditemukannya elongasi paling tinggi diperoleh dari komposit NH3 (3,61 %). Penurunan kekuatan tarik dari komposit sangat tergantung pada lapisan serat kulit waru. Hal ini tidak mengejutkan karena kekuatan tarik dari laminat waru terutama diatur oleh kekuatan komponen material dalam arah pembebanan dan ikatan *interface* antara serat dan resin memainkan peran yang kecil. Hal serupa tetapi dengan komposit laminat berbeda telah dilaporkan oleh Harichandan, *et al.*, (2016) [15]. Ada beberapa penyebab penurunan kekuatan komposit laminat, i) penurunan kekuatan ikatan pada adhesive-aluminium dan adhesive-lapisan waru; ii) penurunan dari adhesi *polybond* sendiri. Kedua penurunan ini mempengaruhi kekuatan ikatan interlaminer dan hubungan kekuatan slab waru. Penurunan ini memainkan peran berbeda dalam tekan dan bending. Hasil ini juga telah dikonfirmasi dalam foto SEM (lihat dalam Gambar 5).



Gambar 4 regangan- variasi jenis jumlah layer komposit laminat.

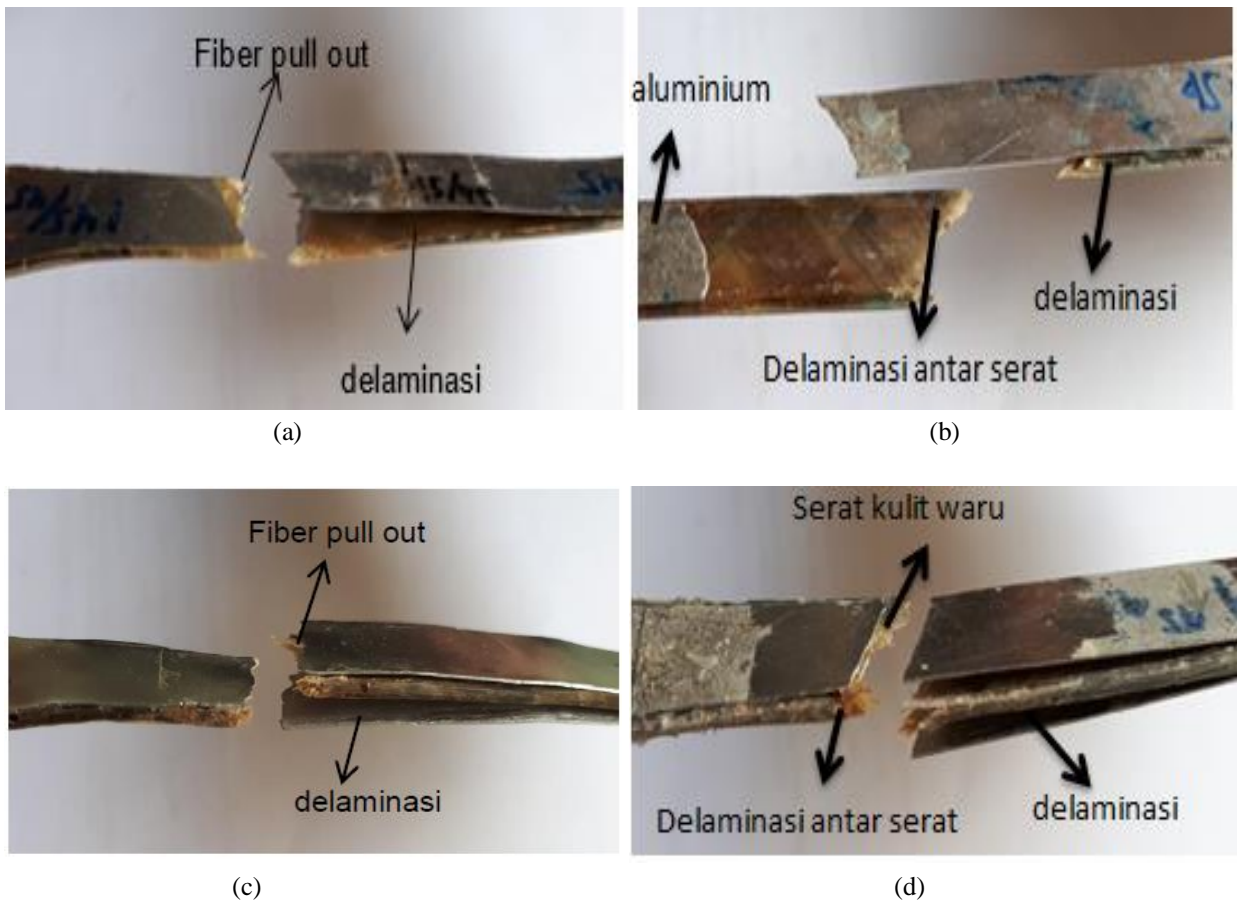
3.3 Hasil Pengamatan Penampang Patahan Komposit Akibat Uji Tarik





Gambar 5. Scanning electronic microscopy (SEM) (a) Komposit NH (b) Komposit NH1 (c) Komposit NH2, (d) Komposit NH3.

3.4 Analisa kegagalan akibat uji Tarik komposit laminat.



Gambar 6. Foto makro kegagalan spesimen akibat uji tarik. (a) Komposit NH (b) Komposit NH1 (c) Komposit NH2, (d) Komposit NH3.

Gambar 6a, 6b, 6c dan 6d menunjukkan foto makro kegagalan komposit laminat hasil pengujian tarik. Dengan setiap variasi dari komposit terjadi delaminasi antar lapisan serat kulit-resin bisphenol dengan lembaran aluminium. Bahkan, delaminasi antar lapisan serat juga terjadi, meskipun delaminasi antar lapisan serat tidak begitu jelas dengan pengamatan secara makro. Selain itu, sebagian besar serat kulit waru dengan layer lebih dari satu terjadi *pull out* serat, hal ini disebabkan oleh ikatan antara serat dengan matrik yang kurang kuat.

4. KESIMPULAN

Kekuatan tarik komposit laminat serat kulit waru-aluminium dengan orientasi sudut serat $45^\circ/45^\circ$ menunjukkan penurunan dalam kekuatan tarik ketika layer bertambah; *interface* serat-resin menjadi lemah dan terjadinya delaminasi pada Aluminium. Komposit NH menunjukkan kekuatan tarik lebih tinggi daripada komposit lainnya, tetapi regangan yang dihasilkan lebih rendah.

5. PERNYATAAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas dukungan berupa materil maupun nonmateril serta saran dan masukan dalam pelaksanaan penelitian sampai penulisan karya tulis ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ZAIN, N. M., ROSLIN, E. N., & AHMAD, S. "Preliminary study on bio-based polyurethane adhesive/aluminium laminated composites for automotive applications", *International Journal of Adhesion & Adhesives*. V. 71, pp. 1-9. 2016.
- [2] ZAKARIA, A. Z., SHELSH-NEZHAD, K., CHAKHERLOU, T. N., OLAD, A. "Effect of aluminium surface treatments on the interfacial fracture toughness of carbon-fiber aluminium laminates", *Engineering Fracture Mechanics*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfracmech.2017.01.004>, 2017.
- [3] MENDIBIL, I, O. DE., ARETXABALETA, L., SARRIONANDIA, M., MATEOS, M., AURRE-KOETXEA, J. "Impact behaviour of glass fibre-reinforced epoxy/aluminium fibre metal laminate manufactured by Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding" *Composite Structures*, 140 (2016) pp. 118–124. 2016.
- [4] MENG, M., LE, H., GROVE, S., RIZVI, M.J. "Moisture effects on the bending fatigue of laminated composites", *Composites Structures*. V. 154, pp. 49-60. 2016.
- [5] VIEIRA, L. M. G., SANTOS J.C.D., PANZERA, T.H., RUBIO, J.C.C., SCARPA, F. "Novel fibre metal laminate sandwich composite structure with sisal woven core", *Industrial Crops and Products*, v. 99, pp. 189-195, 2017.
- [6] KUMAR, A., CHAKRABARTI, A. "Failure analysis of laminated composite skew laminates", *Procedia Engineering*. v. 173, pp. 1560-1566. 2017.
- [7] SARI N.H., WARDANA I.N.G., IRAWAN Y.S., SISWANTO E. "Physical and acoustical properties of corn husk fiber panels. *Advances in Acoustics and Vibration*, v. 2016, Article ID 5971814, pp 1-8. 2016.
- [8] SARI N.H., WARDANA I.N.G., IRAWAN Y.S., SISWANTO E., "Corn husk fiber–polyester composites as sound absorber: nonacoustical and acoustical properties", *Advances in Acoustics and Vibration*, v. 2017, Article ID 4319389, <https://doi.org/10.1155/2017/4319389>. 2017.
- [9] PRIHAJATNO, M., ARAFAT, Y., NURFAUZI, A. "Karakterisasi kekuatan mekanis hybrid komposit berpenguat serat kulit waru (*Hibiscus tiliaceus*)", *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, v. 9, no. 2, pp. 17-29, 2018.
- [10] PRASETYO, A., PURWANTO, H., RESPATI, S.M.B. "Pengaruh waktu perendaman serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*) pada air laut terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik", *Momentum*, v. 12, n. 2 pp 42-47, 2016.
- [11] PRASETYA, B., ZAINURI, M. "Pengaruh fraksi berat serat waru terhadap sifat mekanik kanvas rem kereta api komposit non asbestos", *Journal Sains dan Seni ITS*, v. 6. no. 2, 2337-3520.
- [12] FADHILLAH, A. R., SETIYABUDI, S. A., PURNOWIDODO. A. "Karakteristik komposit serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*) berdasarkan jenis resin sintesis terhadap kekuatan tarik dan patahan komposit", *Rekayasa Mesin*, v.8, n.2 pp. 101 – 108. 2017.

- [13] SARI, N.H., WARDANA, I.N.G., IRAWAN, Y.S., SISWANTO, E. "Characterization of the Chemical, Physical, and Mechanical Properties of NaOH-treated Natural Cellulosic Fibers from Corn Husks", *Journal of Natural Fibers*, pp. 1-14. DOI:10.1080/15440478.2017.1349707. 2017.
- [14] SARI, N.H., WARDANA, I.N.G., IRAWAN, Y.S., SISWANTO, E. "The effect of sodium hydroxide on chemical and mechanical properties of corn husk fiber", *Oriental Journal of Chemistry*, v. 33, n 6, pp 3037-3042. 2017
- [15] HARICHANDAN, A., KUMAR, K. R. V. "Study on tensile behaviour of carbon jute aluminium-fiber metal laminates", *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, v. 4, n. 7, pp. 2320-2092, 2016.