

PENGARUH PENAMBAHAN *COREMATE* TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA KOMPOSIT TIPE SANDWICH

COREMATE MATERIAL EFFECT TO TENSILE STRENGTH OF SANDWICH COMPOSITE

Kosim Abdurohman, Mabe Siahaan
Pusat Teknologi Penerbangan, LAPAN, Bogor, Indonesia
kosim.abdurohman@lapan.go.id

Abstrak

Material utama yang digunakan sebagai struktur UAV di LAPAN adalah komposit. Komposit dipilih karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya ringan, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, *mechanical properties* dapat disesuaikan, dan tahan terhadap *fatigue*. Diantara komposit yang digunakan yaitu komposit berpenguat serat e-glass mat300 menggunakan inti *coremate* atau biasa disebut struktur *sandwich*. Inti *coremate* digunakan karena material ini memiliki densitas yang rendah dan mampu menambah kekakuan komposit. Untuk keperluan analisa, perlu dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan tarik dari komposit. Pengujian tarik dilakukan menggunakan standar ASTM D3039 yang merupakan standar pengujian tarik untuk komposit dengan matriks polimer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin bertambah lapisan *coremate* pada komposit, maka kekuatan komposit semakin rendah. Data pengujian menunjukkan penambahan dua lapis *coremate* menurunkan kekuatan tarik 10% dan penambahan tiga lapis *coremate* menurunkan kekuatan tarik 43%. Hal ini menunjukkan bahwa inti *coremate* mampu menambah kekakuan struktur komposit tapi tidak menambah kekuatan struktur.

Kata kunci : Komposit, *Coremate*, Pengujian Tarik

Abstract

Composite is the main material used as UAV structure at LAPAN. It has some advantages such as light-weight, high strength to weight ratio, tailorable mechanical properties, and fatigue resistance. Composite reinforced e-glass mat300 using coremate material, called sandwich structure is one kind of material used. Coremate material used because of its low density, and to improve composite stiffness. It needs tensile test to get tensile properties of composite. Tensile test conducted using ASTM D3039 as a standart for polymer matrix composite. Test result show that tensile strength reduced 10% for 2-ply additional coremate, and 43% for 3-ply additional coremate. It means that coremate can improve stiffness but no tensile strength.

Keyword : Composite, Coremate, Tensile Test

1. PENDAHULUAN

Teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh Pusat Teknologi Penerbangan - LAPAN sejak tahun 2011. Struktur utama UAV merupakan komposit dan hanya sebagian kecil saja menggunakan aluminium. Komposit dipilih karena memiliki kekuatan yang baik, mudah untuk dimanufaktur dan lebih ringan daripada logam [1]. Komposit yang digunakan ada yang terbuat dari serat karbon (CFRP) maupun serat e-glass (GFRP) [2]. Pertimbangan lain penggunaan komposit didasarkan pada rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, sifat mekanik dapat disesuaikan, dan tahan terhadap *fatigue* [3].

Salah satu jenis komposit yang banyak digunakan yaitu komposit *sandwich*. Komposit *sandwich* merupakan beberapa lapis material yang terdiri atas resin (*adhesive*), *skin*, dan material inti. Material *sandwich* banyak digunakan dalam bidang penerbangan, kapal laut, dan bidang lainnya [4]. Pada umumnya struktur *sandwich* terdiri atas dua permukaan dan satu inti yang direkatkan bersama. Keuntungan paling penting dari struktur *sandwich* yaitu isolasi yang baik terhadap panas dan akustik, redaman yang baik terhadap getaran, kekuatan dan kekakuan tinggi serta ringan [5].

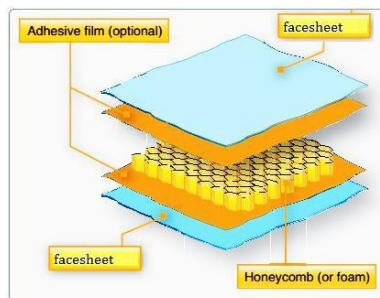
Komposit *sandwich* yang dibuat terdiri atas *skin* menggunakan *fiberglass* Mat300, bagian inti *coremate*, dan resin poliester. Komposit *sandwich* ini nantinya akan diaplikasikan sebagai material *rib* pada sayap LSU. *Coremate* adalah jaringan serat yang tidak bergelombang dan berupa lembaran kain yang dihasilkan dari serat poliester sintetik yang tidak teranyam (*non woven*) dan digabung dengan pengikat [6]. *Coremate* mengandung *microspheres* dan digunakan sebagai lapisan inti yang tipis dalam produk FRP yang diproduksi dengan *hand layup* atau *sprayup* [7]. *Fiberglass* mat adalah suatu material serat kaca silika yang ringan dan kuat dengan banyak kegunaan, seperti bahan pelapis dalam pembuatan perahu, bemper mobil, *customade body* motor, tangki air, kolam ikan, pelapis atap anti bocor, perpipaian, pelapisan, *box* motor *delivery*, payung promosi, *booth fiberglass*, kursi taman fiberglass, tempat sampah fiberglass, kolam renang fiberglass, seluncuran kolam renang [8]. *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) adalah jenis polimer termoset yang terbuat dari reaksi polimerisasi antara asam dikarboksilat dengan glikol. Polimer dilarutkan dalam monomer reaktif seperti *styrene* untuk menghasilkan cairan dengan viskositas rendah. Ketika mengering, monomer bereaksi dengan ikatan tak jenuh pada polimer dan berubah menjadi struktur termoset padat [7].

Komposit *sandwich* dibuat dalam bentuk panel kemudian dipotong menjadi spesimen uji tarik dan dilakukan pengujian tarik terhadap komposit. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat tarik dari komposit yang terdiri atas kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit.

2. DASAR TEORI

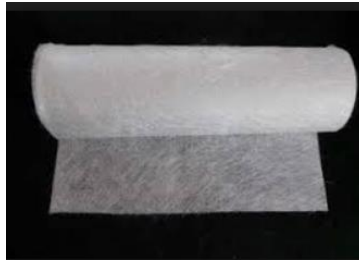
2.1. Komposit Struktur *Sandwich*

Berdasarkan strukturnya komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur *laminat* dan struktur *sandwich*. Pada paper ini pengujian dilakukan terhadap komposit struktur *sandwich*. Komposit *sandwich* merupakan komposit yang tersusun dari tiga lapisan yang terdiri dari *flat composite* sebagai *skin* serta material inti (*core*) di bagian tengahnya. Komposit *sandwich* dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi [9]. Konsep struktur *sandwich* telah ada sejak 1849. Di Inggris struktur *sandwich* pertama kali digunakan pada pesawat *bomber* Mosquito dalam Perang Dunia II. Konsep struktur *sandwich* pertama kali di Amerika Serikat menggunakan lapisan permukaan yang terbuat dari plastik yang diperkuat dan inti dengan densitas yang rendah. Pada tahun 1943 Wright Patterson Air Force Base telah mendesain dan memproduksi *fuselage* Vultee BT-1 5 dari *sandwich* struktur menggunakan *fiberglass-reinforced polyester* sebagai material *skin* dan menggunakan *honeycomb* serat kaca dan kayu balsa sebagai inti [10].



Gambar 1. Komposit Struktur *Sandwich* [9]

Struktur *sandwich* merupakan material ringan yang menunjukkan rasio kekakuan dan kekuatan terhadap berat yang amat tinggi. Konsep utama panel *sandwich* yaitu permukaan luar mentransfer beban yang disebabkan oleh beban *bending* dan tekan, dimana bagian inti mentransfer beban yang disebabkan oleh beban geser [11]. Komposit *sandwich* yang dibuat dalam pengujian ini tersusun atas serat gelas acak Mat300 pada bagian *skin* dan *coremate* sebagai inti. Serat gelas acak mempunyai bentuk random, serta gelas yang teranyam dibuat bertindih secara tidak teratur ke segala arah. *Coremate* merupakan bahan inti yang digunakan dalam berbagai konstruksi komposit yang diperkuat dengan serat. *Coremate* merupakan bahan yang murah dan dapat digunakan untuk komposit dengan semua jenis resin. Bahan *coremate* tersedia dalam bentuk gulungan (*roll*) dengan panjang 50 m dan lebar 1 m [6].



Gambar 2. Serat Mat300 [12]



Gambar 3. Coremate [6]

2.2. Pengujian Tarik Komposit

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan struktur pada kondisi tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material dapat dilakukan pengujian terhadap material tersebut. Tegangan tarik terbesar dapat diterima akibat adanya pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar. Besarnya kekuatan tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{P}{t \cdot l} \quad (1)$$

dengan: σ = tegangan tarik (MPa), t = tebal spesimen benda uji (mm), l = lebar spesimen benda uji (mm), P = beban tarik maksimum (N). Regangan tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut.

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

dengan: ε = regangan (%), ΔL = pertambahan panjang (mm), L = panjang awal (mm). Modulus elastisitas adalah sifat material yang menunjukkan kekakuan material saat menerima beban. Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut.

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

dengan: E = modulus elastisitas (GPa), σ = tegangan tarik (MPa), ε = regangan (%) [13].

3. METODE DAN TEKNIK PENGUJIAN

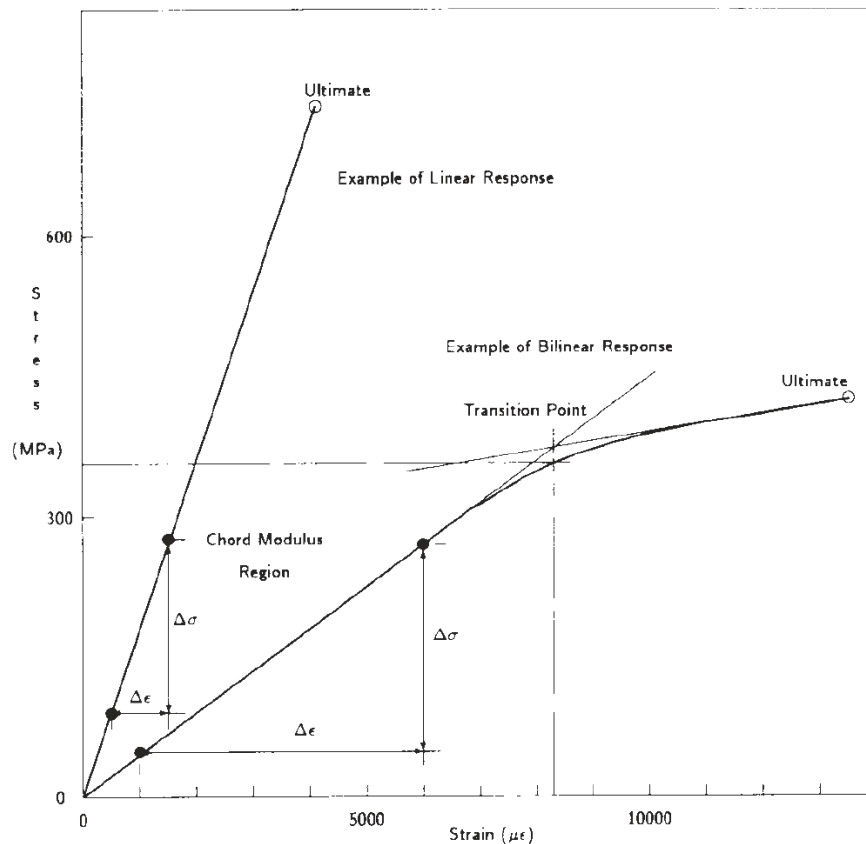
Metode pengujian menggunakan standar ASTM D3039 yang merupakan standar metode pengujian untuk sifat-sifat tarik material komposit ber-matrik polimer. Komposit dibuat tiga variasi susunan *sandwich* yaitu mat300/coremat/mat300, mat300/coremat/coremat/mat300, dan mat300/coremat/coremat/coremat/mat300. Coremat yang digunakan merupakan coremat dari Justus dengan ketebalan 1 mm. Komposit dibuat dalam bentuk panel menggunakan metode *hand layup* manual di atas cetakan kaca. Spesimen uji dibuat sesuai rekomendasi geometri spesimen uji tarik ASTM D3039 untuk arah serat *random-discontinuous* masing-masing tujuh spesimen untuk setiap variasi. Material tab untuk tiap spesimen menggunakan kain amplas kasar (*emery cloth*) sesuai rekomendasi dari ASTM pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekomendasi Geometri Spesimen Uji Tarik [13]

Fiber Orientation	Width, mm [in.]	Overall Length, mm [in.]	Thickness, mm [in.]	Tab Length, mm [in.]	Tab Thickness, mm [in.]	Tab Bevel Angle, °
0° unidirectional	15 [0.5]	250 [10.0]	1.0 [0.040]	56 [2.25]	1.5 [0.062]	7 or 90
90° unidirectional	25 [1.0]	175 [7.0]	2.0 [0.080]	25 [1.0]	1.5 [0.062]	90
balanced and symmetric	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—
random-discontinuous	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—

Tabel 1 menunjukkan rekomendasi dimensi spesimen komposit uji tarik dengan variabel arah serat, lebar, panjang, dan tebal spesimen serta panjang, tebal, dan kemiringan sudut tab. Pengujian ini mengikuti rekomendasi untuk arah serat random-discontinuous karena menggunakan serat mat.

Pengujian dilakukan pada temperatur ruangan $\pm 23^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $\pm 50\%$ menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) Tensilon RTF 2410 dari AND kapasitas 100kN di lab Aerostruktur Pustekbang-LAPAN. Kecepatan *head* disetting konstan 2 mm/menit. Nilai modulus elastisitas disetting pada *range* regangan 0,001 sampai 0,003 yang diambil dari kurva tegangan-regangan. Ilustrasi pengambilan nilai modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 4. Data tegangan dan regangan langsung ditampilkan secara otomatis pada *software* pengujian setelah spesimen mengalami kegagalan.



Gambar 4. Tipe Kurva Tegangan-Regangan Tarik [13]

Gambar 4 menunjukkan tipe grafik *stress-strain* hasil uji tarik komposit berdasarkan ASTM. Ada dua tipe grafik hasil uji tarik yaitu *linear response* dan *bilinear response*. Pada grafik *bilinear response* ada titik transisi sebelum mencapai titik *ultimate*.



Gambar 5. Pemasangan Spesimen Pada Grip UTM

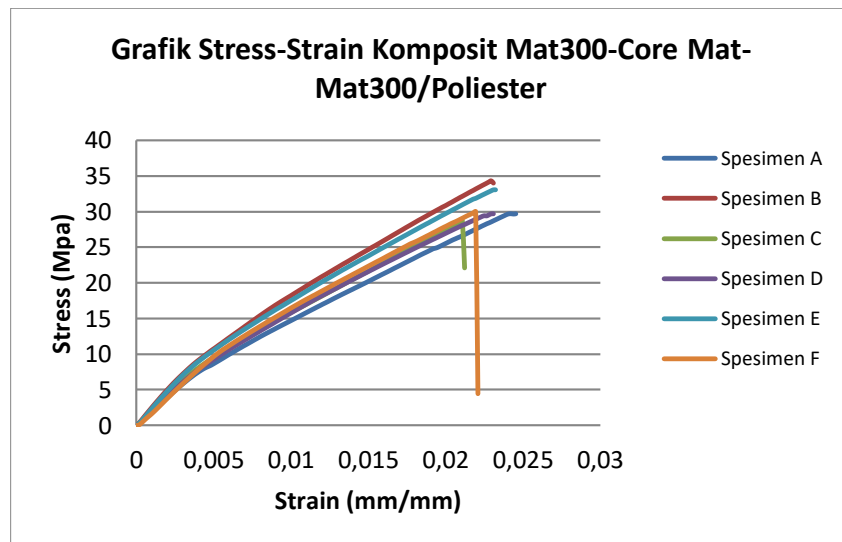
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesimen diuji sampai mengalami kegagalan untuk mendapatkan nilai kekuatan *ultimate*-nya. Gambar 6 menunjukkan spesimen telah mengalami kegagalan setelah diberikan pembebanan tarik.

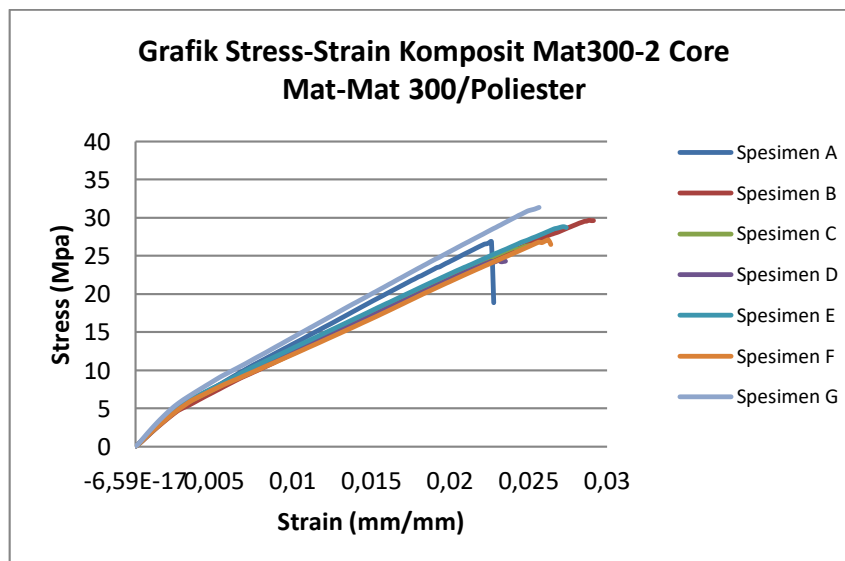


Gambar 6. Spesimen Telah Mengalami Kegagalan

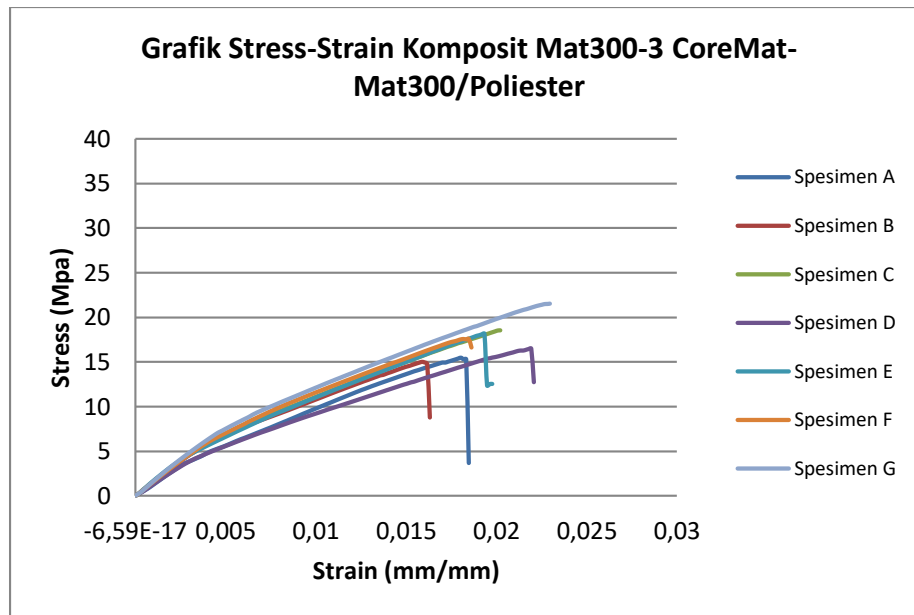
Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7-8 dan Tabel 2. Gambar 7-8 menunjukkan bahwa ketiga variasi *coremate* pad komposit memiliki kurva tegangan-regangan yang setipe.



Gambar 7. Kurva Tegangan-Regangan Komposit Mat300/coremate/mat300



Gambar 8. Kurva Tegangan-Regangan Komposit Mat300/2-coremate/mat300



Gambar 9. Kurva Tegangan-Regangan Komposit Mat300/3-coremate/mat300

Tabel 2. *Ultimate Strength* dan *Modulus Elastisitas* Komposit *Sandwich*

Lapisan Komposit	<i>Ultimate Strength</i> (MPa)	<i>Elastic Modulus</i> (GPa)	<i>Stiffness</i> (N/m)
Mat300/Coremat/Mat300	30,9	2,22	1447123
Mat300/2-Coremat/Mat300	27,8	1,96	1669567
Mat300/3-Coremat/Mat300	17,5	1,57	1727417

Kurva tegangan-regangan menunjukkan *bilinear response* dari komposit *sandwich* saat menerima beban tarik. Kurva linier dari regangan 0 dengan *slope* tertentu kemudian mengalami transisi pada area sekitar 0,003 regangan. Setelah melewati area transisi, kurva linier mengalami perubahan *slope* lebih landai sampai pada titik *ultimate* dan kemudian spesimen patah. Perbedaan *slope* kurva ini menandakan bahwa modulus elastisitas material sebelum area transisi berbeda dengan setelah area transisi. Slope kurva sebelum transisi lebih curam menandakan modulus elastisitasnya lebih tinggi daripada setelah transisi atau dengan kata lain komposit sebelum area transisi kekakuannya lebih tinggi daripada setelah area transisi. Meskipun demikian nilai modulus elastisitas yang diambil dalam pengujian ini yaitu pada *slope* sebelum area transisi sesuai dengan ASTM D3039 seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Ketiga gambar menunjukkan komposit langsung patah setelah titik *ultimate*-nya tanpa ada daerah plastis, hal ini menunjukkan bahwa komposit merupakan material yang *brittle* (getas).

Disamping menunjukkan kurva tegangan-regangan yang setipe, Gambar 7-9 menunjukkan perbedaan *slope* untuk masing-masing variasi *coremate* utamanya pada kurva linier sebelum area transisi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas untuk masing-masing variasi *coremate* berbeda. Semakin curam *slope* dari kurva maka semakin tinggi nilai modulus elastisitasnya. Gambar 7-9 menunjukkan komposit dengan satu lapis *coremate* memiliki *slope* kurva tegangan-regangan yang lebih curam daripada komposit dengan dua lapis *coremate*. Demikian pula komposit dengan dua lapis *coremate* memiliki *slope* kurva tegangan-regangan yang lebih curam daripada komposit dengan tiga lapis *coremate*. Dapat disimpulkan bahwa komposit dengan satu lapis *coremate* memiliki nilai modulus elastisitas lebih tinggi daripada komposit dengan dua lapis *coremate* dan komposit dengan dua lapis *coremat* memiliki nilai modulus elastisitas lebih tinggi daripada komposit dengan tiga lapis *coremate*.

Ketiga grafik menunjukkan komposit *sandwich* satu lapis *coremat* memiliki nilai *ultimate strength* paling tinggi. Komposit dengan tiga lapis *coremate* memiliki nilai *ultimate strength* paling rendah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak lapisan *coremat* maka kekuatan tarik material semakin kecil. Hal ini sangat dimungkinkan karena *coremat* bukanlah serat yang memiliki kekuatan pada arah tertentu

ditambah dengan banyaknya lubang pada *coremat*. Lubang menjadikan konsentrasi tegangan ketika material menerima beban sehingga kekuatan material berlubang menjadi lebih kecil dibanding tanpa lubang. Banyaknya jumlah lubang sangat memungkinkan terjadinya perambatan kerusakan pada material ketika menerima beban sehingga akan mempercepat terjadinya kerusakan.

Tabel 2 menunjukkan penurunan nilai rata-rata kekuatan maupun modulus elastisitas komposit seiring dengan penambahan *coremat*. Penambahan menjadi dua lapis *coremat* dalam komposit menurunkan kekuatan tarik 10% dan menurunkan modulus elastisitas 11%. Penambahan menjadi tiga lapis *coremate* menurunkan kekuatan tarik komposit *sandwich* 43% dan menurunkan modulus elastisitas 29%.

Maria Luminita Scutaru, et al. (2017) melakukan penelitian terhadap sifat tarik komposit *sandwich* dengan *coremate* dan *skin* yang berbeda, tipe grafik stress-strain hasil pengujian memiliki kemiripan dimana grafik menunjukkan *bilinear response*. Perbedaan terjadi pada grafik saat patah, dimana pada pengujian ini grafik langsung turun saat patah sedangkan pada referensi terjadi *vibrating curve* sebelum patah. Hal ini dimungkinkan karena perbedaan material *skin* yang digunakan pada penelitian Maria Luminita Scutaru yaitu menggunakan serat *glass roving fabric*, serat *chopped glass mat*, dan lapisan gelcoat. Hasil penelitian sesuai dengan referensi dimana penambahan *coremate* dapat meningkatkan *stiffness* [15].

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penambahan jumlah lapisan inti *coremate* menurunkan kekuatan tarik komposit *sandwich* Mat300-*coremat*-poliester. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi terdapat pada komposit dengan satu lapis inti *coremate*. Kekuatan tarik komposit turun 10% dengan penambahan dua lapis *coremate*, dan turun 43% dengan penambahan tiga lapis *coremate*. Meskipun demikian, penambahan *coremate* mampu meningkatkan *stiffness* dari struktur komposit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Agus Aribowo selaku Kepala Bidang Progfas dan Bapak Gunawan Prabowo selaku Kepala Pusat Teknologi Penerbangan-LAPAN yang telah mendukung kegiatan ini. Terimakasih juga kami ucapkan kepada seluruh tim laboratorium Aerostruktur Pustekbang-LAPAN.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdurohman, K., Ari Wandono, F., & Hidayat, D. "Design and Stress Analysis of LSU 05 Twin Boom Using Finite Element Method", *International Seminar Aerospace and Science Technology 2014/II* (p. 9), 2014.
- [2] Abdurohman, K., & Ari Wandono, F. (2015). "Optimasi Berat Wing LSU-05 Menggunakan Finite Element Method", *Seminar Iptek Penerbangan dan Antariksa*, 2015.
- [3] K.G. Satish, et al. "Characterization of In-Plane Mechanical Properties of Laminated Hybrid Composite", *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 105-114, 2010.
- [4] Shen, W. et al. "The Mechanical Behavior of *Sandwich* Composite Joints for Ship Structure", *Ocean Engineering 144*, pp. 78-89, 2017.

- [5] Moita, J. S. (2016). "Geometrically Nonlinear Analysis of *Sandwich Structure*", *Composite Structures* 156, pp. 135-144, 2016.
- [6] Tamba, A. H. "Sifat Kelenturan Komposit Hibrid Serat Gelas-*Coremat* dengan Matrik Polietser 157 BQTN-EX", USU, 2011.
- [7] <https://www.justus.co.id/?product/3/lantor/70631/id>.
- [8] <http://supplier2industry.indonetwork.co.id/product/fiberglass-mat-300-gram-2932800>
- [9] Nayiroh, N. "Technology Material Komposit", 2017.
- [10] Rayjade, G. R., & Seshagiri Rao, G.V.R. (2015). "Study of Composite *Sandwich Structure* and Bending Characteristics - A Review". *International Journal on Current Engineering and Technology*, vol. 5 no.2, pp. 797-802, 2015.
- [11] Krzyzak, A. et al. "*Sandwich Structure Composite for Aeronautics: Methods of Manufacturing Affecting Some Mechanical Properties*", *International Journal of Aerospace Engineering*, Hindawi Publishing Corporation. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7816912>, 2016.
- [12] <http://www.indonetwork.co.id/product/fiberglass-mat-300-gram-2932800>.
- [13] Rahman, M. B. N., & Kamiel, B. P. "Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-Sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol. 14, no.2, pp. 133-138, 2011.
- [14] ASTM International. *ASTM D3039/D3039M-00 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Material*. West Conshohocken, United States, 2002.
- [15] Scutaru, M. L., Mihalcica, M., Modrea, A., Purcarea, R., & Scarlatescu, D. "An Advanced High Rigidity Thin *Sandwich Composite Laminat*e with *COREMAT* and Dissimilar Skins", *Procedia Manufacturing* 22, pp. 35-40, 2017.