

INVESTIGASI KARAKTERISTIK GETARAN KOMPOSIT SANDWICH BERBAHAN SERAT KARBON *UNI-DIRECTIONAL* BERPENGUAT *CRESTAPOL*

Nur Mufidatul Ula¹, Yusuf Giri Wijaya², Muksin³, Mikhael Gilang P.P.P⁴, dan Nurul Lailatul Muzayadah⁵

Pusat Teknologi Penerbangan, Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa (LAPAN)-BRIN, Jl Raya Rumpin, Bogor, 16350, Indonesia

E-mail : nur.mufidatul@lapan.go.id¹, yusuf.giri@lapan.go.id², muksin.muksin@lapan.go.id³, mikhael.gilang@lapan.go.id⁴, nurul.lailatul@lapan.go.id⁵

Abstrak-- Material Komposit Sandwich adalah jenis komposit yang terdiri dari susunan komposit laminate dengan core didalamnya. Pemanfaatan komposit sandwich saat ini sangat luas termasuk salah satunya sebagai struktur sekunder dalam pesawat mengingat masa komposit jenis ini lebih ringan dibandingkan komposit dengan full laminate. Salah satu pemanfaatannya adalah dalam pembuatan kompartemen float. Penggunaan komposit sebagai bahan kompartemen float perlu diketahui karakteristik dinamisnya. Dalam penelitian ini sampel yang digunakan dibuat dengan metode Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI). Variasi sampel komposit akan diambil data karakteristik dinamik nya berupa damping factor dan natural frekuensinya sebagai acuan awal pemilihan komposisi material. Sampel uji yang digunakan berukuran 50x230mm dengan metode pengujian menggunakan metode Oberst. Profil getaran yang digunakan untuk pengujian adalah jenis sapuan sinus dari 10Hz sampai 2000Hz. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel 3C3 memiliki Frekuensi natural yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 2C2 namun memiliki nilai Damping properties yang lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa sampel 3C3 memiliki nilai kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan 2C2. Dari hasil juga memperlihatkan bahwa sampel 2C2 memiliki kemampuan redaman yang lebih baik dibanding sampel 3C3. Pemilihan material berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa 2C2 memiliki keunggulan damping ratio dibandingkan 3C3 namun masih diperlukan lebih banyak variasi lagi untuk mendapatkan komposisi material terbaiknya.

Kata Kunci: Komposit sandwich, Vacuum assisted resin infusion, Getaran, Frekuensi Natural, Damping ratio.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur material saat ini terus mengalami peningkatan seiring dengan kebutuhan akan material-material baru yang lebih ringan dan kuat untuk digunakan. Banyak industri yang terus berinovasi untuk menggunakan material yang lebih ringan dengan volume yang lebih efisien dan salah satunya adalah teknologi penerbangan. Tren yang ada di dunia saat ini adalah mencoba menggantikan bahan-bahan struktur pesawat yang terbuat dari metal dengan material baru yang lebih ringan yakni komposit. Penelitian terkait komposit ini juga telah dilaksanakan di Pusat Teknologi penerbangan dengan menjadikan hasil data pengujiannya menjadi database komposit nasional. Data ini sangat diperlukan nantinya untuk digunakan sebagai variable - variable yang perlu dimasukkan dalam melakukan design dan simulasi struktur pesawat terbang.

Karakteristik mekanis komposit perlu diketahui untuk mengetahui ketahanan material tersebut dari

beban yang didapatkan saat strukturnya beroperasi. Kemampuan struktur untuk dapat bertahan terhadap getaran juga sangat penting terutama untuk bagian-bagian yang diharapkan bisa meredam getaran seperti kompartemen yang ada di dalam float. Dalam system engineering, struktur harus mampu untuk tetap stabil dan tidak mengalami kerusakan saat dikenai getaran dari luar [1]. Akustik dan Dynamical propertis menjadi kriteria kedua setelah Mechanical properties dan berat material sebagai pertimbangan utamanya[2]. Salah satu jenis komposit yang diharapkan bisa memenuhi kebutuhan mekanik dan dinamik ini adalah komposit sandwich. Komposit jenis ini tersusun atas beberapa lapisan komposit laminate yang ditengahnya diberi material core.

Beberapa penelitian dinamik komposit telah dilakukan baik komposit laminate berbaahan serat E-glass/Epoxy[3], komposit Kevlar-S Eglass/Epoxy[4], komposit berbaahan serat alam Abaca dan Arenga Pinata/Epoxy[5] maupun komposit dengan serat Karbon[6]. Damping properties dari penelitian yang

telah disebutkan sangat bervariasi. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa damping properties material komposit karbon lebih rendah dibandingkan dengan material komposit lainnya. Namun berdasarkan database yang ada di Laboratorium Uji Material-Pustekbang didapati bahwa komposit karbon memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkan material yang lain kecuali serat Kevlar yang tidak dipilih karena biaya bahan yang cukup mahal. Oleh karenanya, material komposit sandwich berbahan serat karbon dipilih dalam penelitian ini.

Ada tiga variable yang bisa digunakan oleh *structural designer* dalam menentukan design struktur dimana struktur tersebut berfokus pada penyerapan vibrasi yakni, rasio frekuensi, rasio damping dan penyerapan massa [7]. Dalam penelitian ini, variable yang akan didapatkan berupa frekuensi natural dan damping ratio dari masing-masing sampel uji yang berbeda jumlah lapisan laminatonya.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Komposit Material

Pembuatan spesimen komposit menggunakan metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI). Prinsip kerja dari metode ini adalah dengan mengalirkan resin ke serat yang tertutup plastic vakum dengan menggunakan pompa vakum. Sehingga saat cetakan telah vakum, resin dapat membasahi serat. Metode VARI memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode serupa seperti *Hand-layup*, dan *Vacuum bagging*. Adapun keunggulan dari penggunaan metode VARI adalah, komposit menjadi lebih seragam, nilai kekuatan mekanik lebih tinggi, dan tidak terapat rongga udara terperangkap dalam komposit[8]. Selain itu, metode VARI merupakan metode murah dibandingkan dengan metode prepreg[9], [10]. Selanjutnya, komposit *sandwich* merupakan komposit yang memiliki berat ringan dan memiliki kekakuan yang tinggi dan *high strength-to-weight ratio*. Bagian laminat komposit berfungsi sebagai transfer beban dari beban *flexural* dan *compression*. Sedangkan bagian *core*, mentransfer beban *shear*[11].

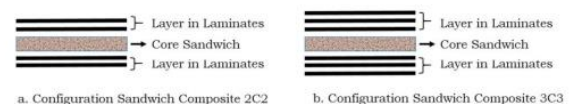
Adapun, untuk material yang digunakan adalah serat karbon UT70-20 G yang merupakan jenis serat *Uni-Directional*, *core* yang digunakan adalah *Divinycell foam*, dan resin yang digunakan adalah jenis *Crestapol 1260*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Oberst* dimana metode menyatakan bahwa eksitasi yang diberikan ditengan sampel sama dengan proprt mekanis dengan *free-free beam*. Adaptasi metode ini juga telah dilaksanakan

pada penelitian sebelumnya [12]. Pengambilan data berdasarkan *oberst method* untuk sampel komposit ukuran kecil juga didasarkan pada standar ASTM E756. Adapun konfigurasi lebih detail dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Sampel Pengujian Vibrasi

Komposit	Konfigurasi	Fraaksi massa (%)	Massa (gr)	Thick ness (mm)
Komposit sandwich UT70-20G+Dyvinylcell+Crestapol 1260	2C2	Serat=29,108% Core=28,545% Matriks=42,436%	41,14	11,01
Komposit sandwich UT70-20G+Dyvinylcell+Crestapol 1260	3C3	Serat=37,01% Core=24,2% Matriks=38,787%	50,23	11,55

Adapun konfigurasi dari laminat dan *core* dapat dilihat pada gambar 1.

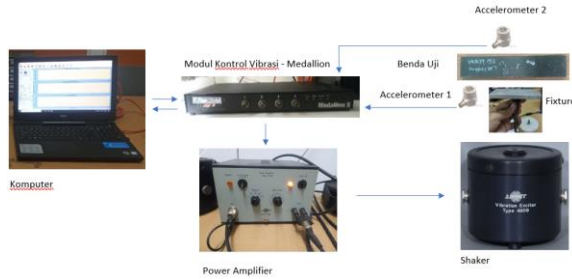


Gambar 1. Merupakan Konfigurasi dari Material test[9]

Adapun serat *uni-directional* merupakan serat dengan arah angle 0 derajat.

2.2 Peralatan dan prosedur pengujian

Pada penelitian yang dilakukan, variable yang akan dicari dari suatu material komposit sandwich didapatkan dengan cara melakukan uji getar. Skema alat uji getar yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema set-up peralatan uji getaran

Alat uji getaran yang digunakan terdiri atas:

1. Modul Kontrol vibrasi
Modul ini berfungsi untuk mengontrol shaker sesuai dengan profil uji yang ditetapkan. Modul ini bernama medallion yang merupakan buatan dari Vibration Research.
2. Shaker
Shaker yang digunakan dalam penelitian ini adalah shaker dengan tipe 4809 buatan dari bruel & Kjaer. Shaker berfungsi sebagai alat penggerak atau penghasil vibrasi. Shaker ini mempunyai gaya maksimal sebesar 45 N untuk pengujian vibrasi jenis sine. Frekuensi yang dapat dihasilkan adalah antara 10 Hz sampai dengan 20 KHz.
3. Power Amplifier
Power amplifier yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan tipe 2706 buatan dari bruel & Kjaer. Power amplifier berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran dari modul kontrol vibrasi agar dapat menggerakkan shaker.
4. Accelerometer
Accelerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan. Berdasarkan percepatan dapat diketahui getaran yang terjadi pada suatu benda. Pada penelitian ini, accelerometer yang digunakan adalah accelerometer buatan senz dengan model SZ3055B2. Accelerometer ini dapat mengukur percepatan sampai 50 g. Accelerometer yang digunakan berjumlah dua. Accelerometer yang pertama digunakan sebagai acuan kontrol. Accelerometer yang pertama memiliki sensitivitas 98.92 mV/g. Accelerometer yang kedua digunakan sebagai pembacaan respon vibrasi yang terjadi di benda uji. Accelerometer yang kedua memiliki sensitivitas 97.49 mV/g.
5. Komputer
Komputer digunakan untuk menampilkan data hasil dari pengukuran dan untuk mengatur jenis atau profil pengujian vibrasi di dalam software.

Pada saat pengujian vibrasi, material komposit sandwich diletakkan di atas alat uji getar. Posisi sensor pada material komposit sandwich dibuat menjadi dua variasi. Posisi pertama diletakkan sejauh 9 cm dari sumber getaran dan posisi kedua diletakkan sejauh 11 cm dari sumber getaran. Posisi utama yang ditentukan adalah pada jarak 11 cm dari pusat sampel karena diujung sampel sesuai dengan *half-cantilever beam* yang disebutkan dalam oberst method. Posisi 9 cm hanya sebagai variasi lain untuk melihat apakah trend yang sama juga terlihat pada posisi tersebut meskipun nilai yang digunakan acuan adalah pada posisi 11 cm.

Langkah – Langkah pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberi tanda pada material komposit sandwich untuk tempat peletakan sensor dengan berbagai variasi yang telah ditentukan.
2. Meletakkan benda uji di alat uji getaran.
3. Meletakkan sensor sesuai dengan posisi yang telah ditentukan.
4. Menghidupkan alat uji getaran dan melakukan setting parameter.
5. Menjalankan alat uji getaran.
6. Mengambil data yang tersimpan di sistem pengujian getaran.
7. Mengulangi langkah 3 – 6 untuk benda uji yang sama, dan jika benda uji divariasi lakukan pengujian mulai dari langkah 1.

Kegiatan pengujian material komposit sandwich dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kegiatan pengujian getaran

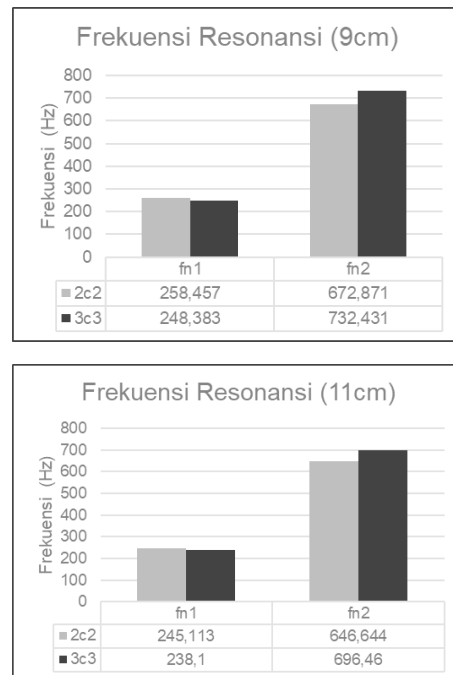
III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian ini merupakan hasil data awal yang bisa digunakan sebagai acuan bantuan dalam pemilihan material pada desain dan simulasi struktur float/pesawat yang memerlukan data tambahan berupa sifat dinamis material tersebut. Namun data ini masih perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut dan dihitung secara statistik dengan jumlah pengujian berulang dan dibandingkan dengan variasi lainnya agar bisa digunakan dalam simulasi. Hasil pengujian yang dilakukan pada dua titik yang berbeda pada sampel komposit sandwich telah didapatkan yakni pada titik 9 cm dan titik 11 cm dari

tengah sampel. Jenis serat yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis serat Uni-Directional dimana nilai frekuensi naturalnya lebih besar dibandingkan dengan komposit dengan jenis serat Twill [9].

Hasil pengujian dengan dua jenis sampel yakni 2C2 dan 3C3 bisa dilihat pada gambar 4. Hasil menunjukkan bahwa untuk kedua jenis sampel baik posisi sensor ada di posisi 9 cm maupun 11 cm memiliki dua peak. Dua peak yang muncul memiliki tren yang berbeda dimana peak pertama pada kisaran frekuensi 200 Hz memiliki amplitude G yang rendah sehingga yang perlu diperhatikan adalah peak kedua yang memiliki amplitude G yang tinggi. Pada posisi 9 cm frekuensi natural sampel 3C3 adalah sebesar 732,43 Hz lebih tinggi dari sampel 2C sebesar 672,87 Hz. Pada posisi 11 cm juga memiliki tren yang sama dengan hasil frekuensi natural pada sampel 3C3 sebesar 696,46 Hz sedangkan frekuensi natural pada sampel 2C2 sebesar 646,64 Hz. Dari kedua posisi ini bisa disimpulkan bahwa frekuensi natural dari sampel 3C3 lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 2C2 sedangkan massa dari sampel 3C3 ini lebih besar dibandingkan dengan sampel 2C2, ini menunjukkan bahwa nilai kekakuan dari sampel 3C3 lebih tinggi dibandingkan sampel 2C2. Hasil ini juga bisa dibuktikan pada nilai damping ratio kedua sampel. Dimana semakin kaku sebuah sampel, maka akan semakin kecil kemampuan sampel tersebut untuk melakukan redaman. Semakin kaku juga sebuah

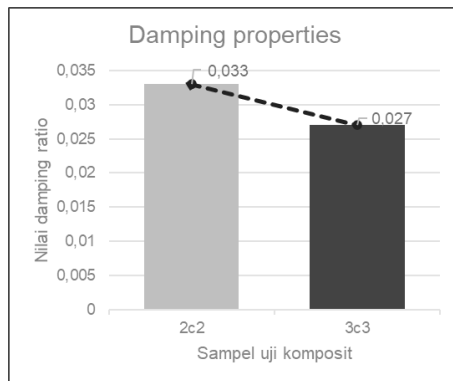
material maka kemampuan material tersebut untuk meneruskan energi juga semakin besar [13].



Gambar 4. Hasil frekuensi natural untuk dua posisi yang berbeda.

Hasil perhitungan damping ratio bisa dilihat pada gambar 5 dimana terlihat bahwa damping ratio untuk sampel 3C3 lebih kecil dibandingkan sampel 2C2. Didapatkan bahwa sampel 3C3 memiliki damping ratio sebesar 0.027 dan sampel 2C2 sebesar 0,033. Hasil ini menegaskan hasil sebelumnya yang menyatakan bahwa nilai kekakuan sampel 3C3 lebih tinggi. Dari hasil ini didapati bahwa untuk keperluan

material redaman sampel 2C2 lebih bagus dibandingkan sampel 3C3.



Gambar 5. Damping ratio kedua jenis sampel.

IV. KESIMPULAN

Karakteristik dinamik material komposit perlu diketahui sebagai acuan awal untuk pemilihan material dengan kebutuhan akan material sebagai redaman getaran. Data karakteristik dinamik dua jenis sampel komposit sandwich dengan variasi sampel uji 3C3 dan 2C2 telah didapatkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel uji 3C3 memiliki frekuensi natural yang lebih besar dibandingkan sampel 2C2 namun memiliki damping ratio yang lebih kecil. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sampel 3C3 memiliki kekakuan yang lebih besar dan kemampuan menyerap getaran yang lebih kecil dibandingkan dengan sampel 2C2. Hasil ini masih sangat awal dan perlu diperkaya dengan data pengujian dengan variasi material, ukuran dan jumlah sampel yang lain. Hasil ini bisa dimasukkan sebagai salah satu data pada database material nantinya dengan menambahkan jumlah pengambilan data pada penelitian selanjutnya dan dilakukan perhitungan secara analitik dan statistik. Hasil ini juga bukan merupakan acuan utama dalam memasukkan karakteristik dinamis sebuah bahan material. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan data yang lebih banyak untuk menyimpulkan material mana yang paling tepat.

V. ACKNOWLEDGMENT

Penelitian ini didukung oleh Pusat Teknologi Penerbangan, Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa (LAPAN) – BRIN. Penelitian ini didanai oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) untuk penelitian material dan struktur float N219 Amfibi.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Sarlin *et al.*, “Vibration damping properties of steel/rubber/composite hybrid structures,” *Compos. Struct.*, vol. 94, no. 11, pp. 3327–3335, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.compstruct.2012.04.035.
- [2] J. J. Sargianis, H. I. Kim, E. Andres, and J. Suhr, “Sound and vibration damping characteristics in natural material based sandwich composites,” *Compos. Struct.*, vol. 96, pp. 538–544, Feb. 2013, doi: 10.1016/J.COMPSTRUCT.2012.09.006.
- [3] “Vibration Analysis of Woven Fiber Glass/Epoxy Composite Plates - thesis.” <http://ethesis.nitrkl.ac.in/4350/> (accessed Apr. 25, 2021).
- [4] M. Bulut, A. Erklig, and E. Yeter, “Experimental investigation on influence of Kevlar fiber hybridization on tensile and damping response of Kevlar/glass/epoxy resin composite laminates,” *J. Compos. Mater.*, vol. 50, no. 14, pp. 1875–1886, Jun. 2016, doi: 10.1177/0021998315597552.
- [5] N. Wahyuni, H. Abbas, and L. Johannes, “Analisis Eksperimental dan Numerik Pengaruh Variasi Arah Serat terhadap Getaran Balok Komposit Serat Abaca dan Ijuk Bermatriks Epoksi dengan Metode Elemen Hingga,” in *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV*, 2012, pp. 1634–1641, Accessed: Apr. 25, 2021. [Online]. Available: <http://prosiding.bkstm.org/prosiding/2012/MAT-053.pdf>.
- [6] G. Fairlie and J. Njuguna, “Damping Properties of Flax/Carbon Hybrid Epoxy/Fibre-Reinforced Composites for Automotive Semi-Structural Applications,” *mdpi J.*, vol. 8, no. 10, pp. 1–15, 2020, doi: 10.3390/fib8100064.
- [7] N. Wagner and R. Helfrich, “Dynamic Vibration Absorbers and its Applications,” Stockholm, 2017.
- [8] K. Abdurrohman, T. Satrio, N. L. Muzayadah, and Teten, “A comparison process between hand lay-up, vacuum infusion and vacuum bagging method toward e-glass EW 185/lycal composites,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1130, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1130/1/012018.
- [9] N. M. Ula, Y. G. Wijaya, Muksin, P. P. P. Mikhael Gilang, N. L. Muzayadah, and R. A. Ramadhan,

- “Vibration characteristics investigation of sandwich composite materials of uni-directional and twill carbon fibers,” *Meas. Sensors*, vol. 18, p. 100230, 2021, doi: 10.1016/j.measen.2021.100230.
- [10] K. Abdurrohman and A. Marta, “Kajian Eksperimental Tensile Properties Komposit Poliester Berpenguat Serat Karbon Searah Hasil Manufaktur Vacuum Infusion Sebagai Material Struktur Lsu,” *J. Teknol. Dirgant.*, vol. 14, no. 1, p. 61, 2018, doi: 10.30536/j.jtd.2016.v14.a2948.
- [11] A. Krzyzak, M. Mazur, M. Gajewski, K. Drozd, A. Komorek, and P. Przybyłek, “Sandwich Structured Composites for Aeronautics: Methods of Manufacturing Affecting Some Mechanical Properties,” *Int. J. Aerosp. Eng.*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/7816912.
- [12] A. Shahdin, J. Morlier, L. Mezeix, C. Bouvet, and Y. Gourinat, “Evaluation of the impact resistance of various composite sandwich beams by vibration tests,” *Shock Vib.*, vol. 18, no. 6, 2011, doi: 10.3233/SAV-2010-0597.
- [13] S. Nugroho, “Kaji eksperimental frekuensi pribadi dan rasio redaman komposit sandwich aluminium dengan core polyurethane,” 2015, Accessed: Nov. 19, 2021. [Online]. Available: <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/download/45175/MTYzNDkz/Kaji-eksperimental-frekuensi-pribadi-dan-rasio-redaman-komposit-sandwich-aluminium-dengan-core-polyurethane-AWAL.pdf>.