



Analisis Kekuatan Komposit Serat Ceiba Pentandra dan Fiberglass Menggunakan Metode Vacuum Assisted Resin Infusion Terhadap Uji Impact dan Bending Untuk Knee Pad Kopasgat

Analysis Of The Strength Of Ceiba Pentandra and Fiberglass Composites Using The Vacuum Assisted Resin Infusion Method On Impact and Bending tests For KOPASGAT Knee Pad

Mochamad Naufal Haq^{1*}, Dedy Eko Sulistiyono²

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: haqnaufal@gmail.com

Abstract— *This study investigates the mechanical strength of composites made from Ceiba pentandra fiber and fiberglass using the Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) method for Kopasgat knee pad applications. Impact and bending tests were conducted on three specimen types: pure fiberglass, 70% fiberglass–30% Ceiba, and 50%–50% mixtures. Results showed pure fiberglass had the highest impact energy (27.36 J), while all composites absorbed more energy than the original knee pad material (6.96 J). Adding Ceiba fibers improved flexibility and reduced weight. Overall, the Ceiba–fiberglass composite is suitable as a lightweight, strong, and comfortable alternative for knee pads.*

Keywords— *Composite, Fiberglass, Ceiba pentandra, VARI, Impact Test, Bending Test, Knee pad, Kopasgat.*

Abstrak— *Penelitian ini mengkaji kekuatan mekanik komposit yang terbuat dari serat Ceiba pentandra dan fiberglass dengan menggunakan metode Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) untuk aplikasi knee pad Kopasgat. Pengujian impact dan bending dilakukan pada tiga jenis spesimen: fiberglass murni, campuran 70% fiberglass–30% Ceiba, serta campuran 50%–50%. Hasil menunjukkan bahwa fiberglass murni memiliki energi benturan tertinggi (27,36 J), sementara semua komposit mampu menyerap energi lebih besar dibandingkan bahan knee pad asli (6,96 J). Penambahan serat Ceiba meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi berat material. Secara keseluruhan, komposit Ceiba–fiberglass dinilai cocok sebagai bahan alternatif knee pad yang ringan, kuat, dan nyaman.*

Kata Kunci— *Komposit, Fiberglass, Ceiba pentandra, VARI, Uji Impact, Uji Bending, Knee pad, Kopasgat.*

*Mochamad Naufal Haq
E-mail: haqnaufal@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Komando Pasukan Gerak Cepat (Kopasgat) merupakan salah satu satuan elit di bawah Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara (TNI AU) yang memiliki kemampuan khusus dalam operasi udara, seperti lintas udara, pertahanan pangkalan, pengendalian tempur udara, serta operasi penanggulangan terorisme. Dalam menjalankan setiap misi, personel Kopasgat dilengkapi dengan berbagai peralatan pendukung, salah satunya adalah knee pad (pelindung lutut). Knee pad yang digunakan saat ini umumnya terbuat dari bahan plastik. Namun, dalam penggunaannya sering terjadi kerusakan akibat benturan atau tekanan dari permukaan lain.

Meskipun knee pad berfungsi melindungi lutut selama pelaksanaan operasi, kerusakan akibat penggunaan masih sering terjadi. Hal ini tentu dapat menghambat pergerakan serta menurunkan tingkat keamanan dan kenyamanan pengguna. Untuk meningkatkan efektivitas pergerakan, dibutuhkan bahan yang lebih ringan dan nyaman, sementara bahan plastik yang digunakan saat ini dinilai masih kurang ringan. Di Indonesia sendiri banyak terdapat tanaman Ceiba pentandra (randu) yang memiliki buah berserat, dan ketika kering buah tersebut akan pecah serta mengeluarkan serat kapuk.

Serat kapas dari buah pohon randu (Ceiba pentandra) berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan material komposit untuk menggantikan bahan knee pad. Penggantian bahan utama dari plastik menjadi fiberglass yang dikombinasikan dengan serat Ceiba pentandra diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengurangi kerusakan serta meningkatkan kualitas knee pad yang digunakan oleh personel Kopasgat.

II. LANDASAN TEORI

A. *Knee pad (Deker Lutut).*

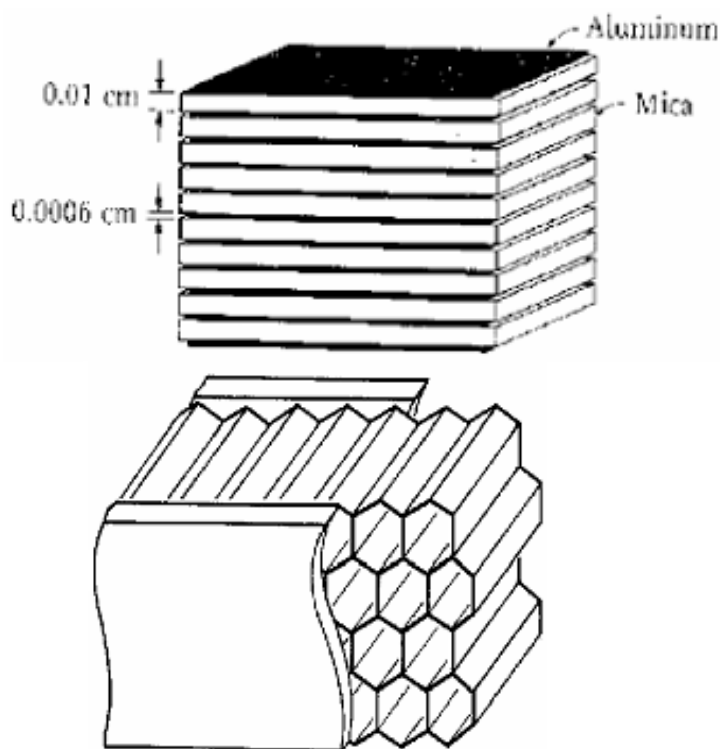
Dikutip dari (<https://kopasgat.tni-au.mil.id/>) Deker lutut memiliki banyak bentuk dan fungsi, salah satunya adalah deker lutut tactical yang dirancang untuk personel KOPASGAT. Deker ini adalah alat pelindung lutut yang dirancang khusus untuk personel militer elite TNI AU, terutama saat melakukan misi taktis, tempur, atau latihan ekstrem. Fungsinya adalah untuk melindungi sendi lutut dari cedera akibat benturan, gesekan, atau tekanan berulang selama operasi darat, terjun payung, pertempuran jarak dekat, atau manuver taktis.

B. *Komposit.*

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsurnya. Secara umum terdapat dua kategori material penyusun komposit yaitu matriks dan reinforcement.

C. *Komposit struktural.*

Merupakan material yang terbentuk dari lembaran reinforcement seperti tampak pada gambar 1 yang disusun bertingkat dan dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu laminate dan sandwich panels. Laminate adalah gabungan dari beberapa lapisan lamina dengan arah serat berbeda yang digabungkan melalui proses laminasi untuk membentuk struktur yang kuat dan kaku. Sementara itu, sandwich panels terdiri atas tiga lapisan, yaitu dua lapisan kulit (skin) dan satu lapisan inti (core) di bagian tengah, yang biasanya terbuat dari bahan ringan seperti polyurethane (PU), polyvinyl chloride (PVC), atau honeycomb. Jenis komposit ini dirancang untuk menghasilkan struktur yang ringan namun memiliki kekakuan dan kekuatan tinggi.

Gambar 1. *Laminate dan Sandwich*

D. *Resin Fiber.*

Resin Fiber pada gambar 2 merupakan salah satu jenis polimer berbasis senyawa organik dengan berat molekul rendah, memiliki nilai viskositas tinggi dan dapat dikeringkan pada suhu rendah maupun tinggi dengan menggunakan curing agent atau hardener

Gambar 2. *Resin fiber*

E. *Fiberglass.*

adalah material komposit yang terdiri dari serat-serat halus kaca (glass fiber) yang dipadukan dengan resin sebagai bahan pengikat. Material ini memiliki sifat kuat, ringan, tahan panas, dan tahan korosi, sehingga banyak digunakan dalam berbagai bidang industri pertahanan. Dalam struktur komposit, serat kaca berfungsi sebagai penguat yang memberikan kekuatan dan kekakuan, sedangkan resin berperan menjaga bentuk serta melindungi serat dari kerusakan.

TABEL I
TABEL HASIL DATA PERHITUNGAN UJI IMPACT.

NO	KODE <i>SPECIMENT</i>	PANJANG (mm)	LEBAR (mm)	TINGGI (mm)	A (mm ²)	Cos a	Cos b	E (J)	HI (J/mm ²)
1.	FIBER 1	100	10	4.3	43	150°	129°	21,11	0.4909
2.	FIBER 2	100	10	4.2	42	150°	124°	27,36	0,6514
3.	FIBER 3	100	10	4.0	40	150°	146°	3,30	0,0825
4.	FICE 70/30 1	100	10	6.2	62	150°	132°	17,56	0.2832
5.	FICE 70/30 2	100	10	6.4	64	150°	138°	10,96	0,1712
6.	FICE 70/30 3	100	10	7.8	78	150°	135°	14,17	0,1816
7.	FICE 50/50 1	100	10	7.5	75	150°	136°	13,08	0.1744
8.	FICE 50/50 2	100	10	7.6	76	150°	134°	15,28	0,2010
9.	FICE 50/50 3	100	10	8.4	84	150°	133°	16,41	0,1953
10.	<i>KNEE PAD</i>	100	10	5	50	150°	142°	6,96	0,1392

TABEL II
TABEL HASIL DATA PERHITUNGAN UJI IMPACT.

NO	d (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	S (Mpa)
FIBER 1	4.3	20	150	1086.56	661.10
FIBER 2	4.1	20	150	990.95	663.19
FIBER 3	4.5	20	150	990.36	550.20
FICE 70/30 1	5.0	20	150	624.27	280.92
FICE 70/30 2	6.0	20	150	809.71	253.03
FICE70/30 3	5.1	20	150	1028.67	444.28
FICE 50/50 1	6.1	20	150	1026.25	310.25
FICE 50/50 2	7.0	20	150	1211.48	277.79
FICE 50/50 3	5.6	20	150	1126.06	402.02
<i>KNEE PAD</i>	5.0	20	100	82.20	26,16

III. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian . Metode penelitian adalah cara atau prosedur yang dilakukan peneliti dalam melaksanakan penelitiannya. Didalam metode penelitian terdapat unsur-unsur yang akan menjelaskan secara besar langkah penelitian yang dilakukan peneliti.

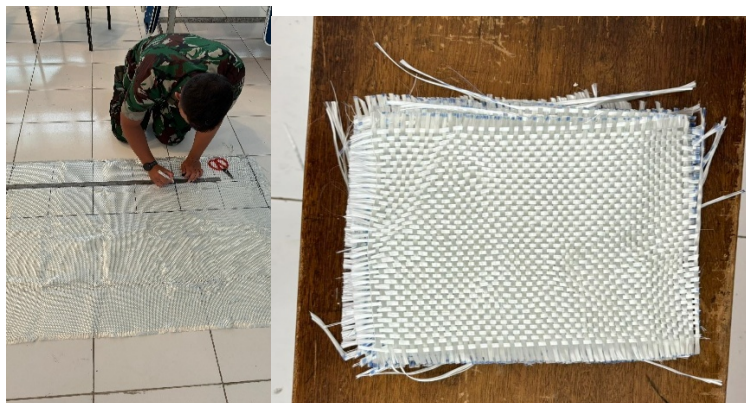
Proses Manufaktur. Proses manufaktur adalah proses pembuatan komposit hingga menjadi sebuah *speciment* yang akan digunakan pada penelitian, Proses ini menggunakan metode *VARI* yang akan dilakukan sebanyak 3 kali terhadap kandungan serat yang berbeda. Aproses ini diawali dengan menghitung massa tiap bahan sehingga dapat menghasilkan komposit dengan volume yang sesuai. Berikut adalah langkah dari pembuatan komposit yang kami lakukan di LAB Material Teknik Departemen Aeronautika Pertahanan AAU.

1. Siapkan semua bahan mulai dari resin fiber, serat *Fiberglass*, serat *Ceiba pentandra*, serta semua alat yang akan digunakan untuk pembuatan komposit.



Gambar 4. 1 Serat *Ceiba pentandra* dan *Fiberglass*

2. Buat pola sebesar 20cm x 20cm sebanyak 30 lembar, kemudian lakukan proses pemotongan menggunakan gunting.



Gambar 4. 2 Proses pemotongan serat

3. Siapkan serat *Ceiba pentandra* dan larutan NaOH. Kemudian rendam selama 30 menit lalu bilas dan jemur hingga kering. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan getah dari serat alam karena getah dapat mengurangi kemampuan merekatnya resin yang nanti akan digunakan.



Gambar 4. 3 Proses perendaman dengan NaOH

4. Pembuatan benda uji diawali dengan menyusun serat yang akan dibuat pada meja sesuai dengan jumlah yang sudah dihitung pada masing masing komposit, kemudian lakukan sebanyak 3 kali sesuai dengan perhitungan.



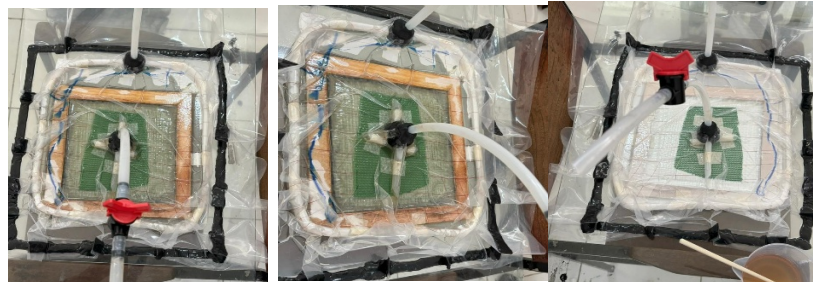
Gambar 4. 4 Serat yang sudah ditimbang

5. Membuat *Vacumm Assisted Resin Infusion (VARI)*, dengan cara membuat rangkaian *tube*, kantong vacuum, susunan serat yang sudah diletakan pada cetakan.



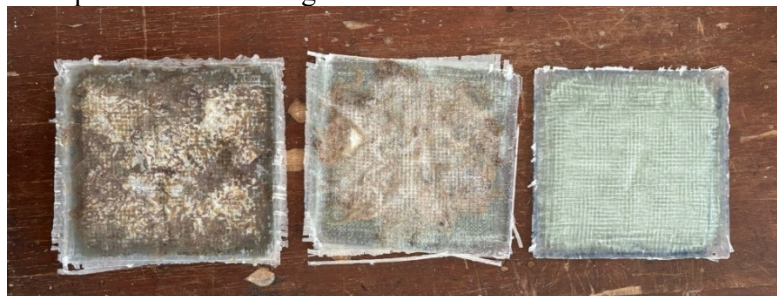
Gambar 4. 5 Pembuatn media vacuum

- 6) Pelaksanaan pembuatan Komposit metode (*VARI*). Pelaksanaan ini dilaksanakan sebanyak jumlah *speciment* komposit yang diinginkan (tiga).



Gambar 4. 6 Proses *VARI*

- 7) Hasil Komposit metode (*VARI*). Dibawah ini adalah hasil dari ketiga komposit yang telah dilepas dari vacuum bag dan cetakan.



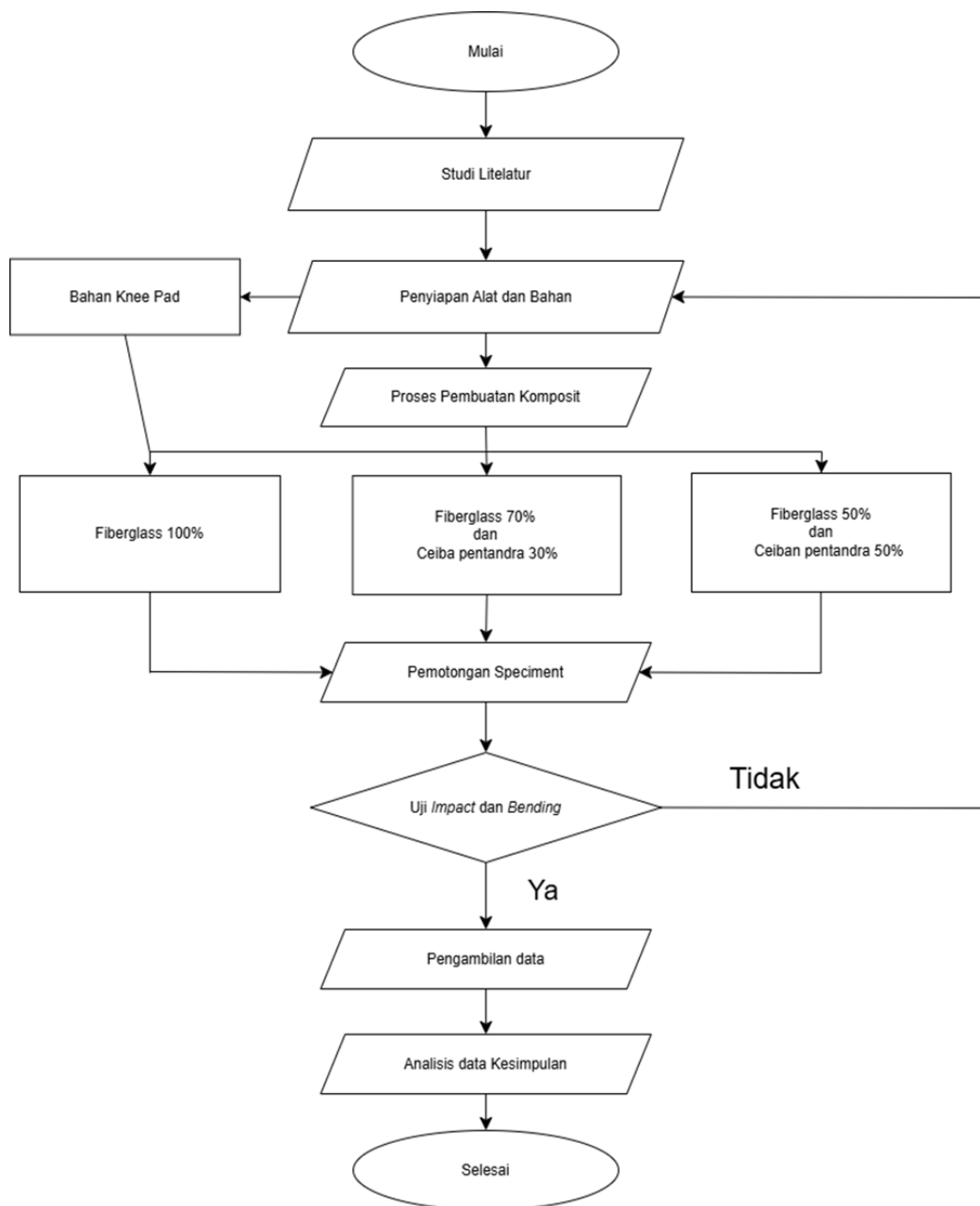
Gambar 4. 7 Hasil *VARI*

- 8) Pemotongan *speciment* sesuai dengan yang yang ditentukan. *Speciment* uji *impact* dipotong sebesar 10cm x 1cm dan *speciment* uji *bending* sebesar 15 cm x 2 cm. Masing-masing *speciment* dipotong sejumlah 3 buah *speciment*.



Gambar 4. 8 Proses pemotongan *specimen*

Diagram alir penyusun penelitian ini digambarkan pada gambar dibawah ini



IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan terhadap komposit serat *Ceiba pentandra* dan *Fiberglass* menggunakan metode Vacuum Assisted Resin Infusion (*VARI*), maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

B. Pembahasan

Data-data yang didapat dari pengujian impact dan bending masing masing komposit :

TABEL III
TABEL ENERGI IMPACT

NO	BENDA UJI	ENERGI <i>IMPACT</i> (Joule)	HARGA <i>IMPACT</i> (J/mm ²)
1	FIBER 1	21,11	0.4909
2	FIBER 2	27,36	0,6514
3	FIBER 3	3,30	0,0825
4	FICE 70/30 1	17,56	0.2832
5	FICE 70/30 2	10,96	0,1712
6	FICE 70/30 3	14,17	0,1816
7	FICE 50/50 1	13,08	0.1744
8	FICE 50/50 2	15,28	0,2010
9	FICE 50/50 3	16,41	0,1953
10	<i>KNEE PAD</i>	6,96	0,1392

TABEL IV
TABEL GAYA BEBAN DAN TEGANGAN BENDING

<i>SPECIMENT</i> BENDA UJI	GAYA BEBAN (N)	KEKUATAN <i>BENDING</i> (Mpa)
FIBER 1	1086.56	661.10
FIBER 2	990.95	663.19
FIBER 3	990.36	550.20
FICE 70/30 1	624.27	280.92
FICE 70/30 2	809.71	253.03
FICE 70/30 3	1028.67	444.28
FICE 50/50 1	1026.25	310.25
FICE 50/50 2	1211.48	277.79
FICE 50/50 3	1126.06	402.02
<i>KNEE PAD</i>	82,20	24,66

Berdasarkan hasil pengujian, komposit Fiberglass–Ceiba pentandra menunjukkan karakteristik mekanik yang jauh lebih baik dibandingkan bahan knee pad asli. Pada uji impact, knee pad asli hanya mampu menyerap energi 6,96 Joule (0,1392 J/mm²), sedangkan Fiberglass murni mencapai 27,36 Joule (0,6514 J/mm²) dan campuran 70% Fiberglass–30% Ceiba pentandra sebesar 17,56 Joule (0,2832 J/mm²), menunjukkan kemampuan menahan benturan yang

Analisis kekuatan komposit serat ceiba pentandra dan fiberglass menggunakan metode vacuum assisted resin infusion terhadap uji impact dan bending untuk knee pad kopasgat (Mochamad Naufal Haq)

signifikan. Penambahan serat alami Ceiba pentandra meningkatkan daya serap energi berkat sifatnya yang berongga, elastis, dan mampu meredam getaran, sekaligus membuat komposit lebih ringan dibanding bahan plastik, sehingga lebih nyaman digunakan dalam aktivitas militer. Hasil uji bending menunjukkan pola serupa, dengan kekuatan lentur tertinggi pada Fiberglass murni (624,83 MPa) dan 70:30 campuran (326,07 MPa), jauh lebih tinggi dibanding knee pad asli (24,66 MPa). Meskipun semakin tinggi kandungan Ceiba pentandra menurunkan kekakuan, fleksibilitas dan ketahanan terhadap deformasi meningkat, sehingga komposisi 70:30 memberikan keseimbangan optimal antara kekuatan, elastisitas, dan daya serap benturan. Secara keseluruhan, Fiberglass–Ceiba pentandra yang diproduksi dengan metode VARI memiliki performa mekanik unggul, ringan, dan fleksibel, menjadikannya material potensial sebagai pengganti knee pad Kopasgat, dengan kombinasi 70% Fiberglass dan 30% Ceiba pentandra direkomendasikan sebagai yang paling ideal.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis komposit serat Ceiba pentandra dan Fiberglass menggunakan metode Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI), dapat disimpulkan bahwa material ini layak dijadikan alternatif pengganti knee pad Kopasgat. Hasil uji impact dan bending menunjukkan kekuatan mekanik komposit jauh lebih tinggi dibanding bahan knee pad asli, dengan kemampuan menyerap energi benturan lebih dari dua kali lipat dan kekuatan lentur meningkat puluhan kali lipat. Kombinasi Fiberglass dan serat Ceiba pentandra menghasilkan material yang kuat, ringan, dan fleksibel; penambahan serat alami meningkatkan daya serap energi serta kemampuan meredam getaran, meskipun kekakuan sedikit berkurang, material menjadi lebih tangguh terhadap retak dan deformasi akibat beban berulang. Komposisi optimal terdapat pada campuran 70% Fiberglass dan 30% Ceiba pentandra, memberikan keseimbangan terbaik antara kekuatan dan fleksibilitas sehingga cocok untuk pelindung lutut. Metode VARI terbukti efektif menghasilkan komposit berkualitas tinggi dengan resin terdistribusi merata, struktur padat, kuat, dan minim porositas, meningkatkan performa material secara keseluruhan. Dibandingkan bahan knee pad konvensional berbasis plastik, komposit ini jauh lebih unggul, menghasilkan pelindung lutut yang lebih kuat, nyaman, dan tahan lama bagi personel Kopasgat.

REFERENSI

- [1] Beliu, H. N., Pelle, Y. M., & Jarson, J. U. (2016). Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri–polyester. *Jurnal Teknik Mesin UNDANA - Lontar*, 03(02), 11– 20.
- [2] Francisco, A. R. L. (2013). Pengujian impact. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1–20.
- [3] Ghazali, M., Saputra, A. H., Triwulandari, E., & Haryono, A. (2014). Modifikasi epoksi dengan poliuretan tanpa melalui tahap prepolimer poliuretan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(4), 208–213.
- [4] Putranto, B. (2011). *Perancangan alat uji impak Charpy untuk material komposit berpenguat serat alam (natural fiber)*. 3, 15.
- [5] Rizky, A. (2010). Evaluasi penggunaan metode VARI (Vacuum Assisted Resin Infusion) pada komposit epoxy–E glass, 32–82.