

ANALISA SIFAT FISIK DAN MEKANIK DARI GREEN COMPOSITE MATERIAL DARI LIMBAH STYROFOAM, AMPAS TEBU DAN CANGKANG TELUR SEBAGAI RANGKA DRONE

Oleh :

Mastariyanto Perdana, Syafrul Hadi, Erix Gusti Rahman, Prastiawan

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Padang

mastariyanto.perdana@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan material limbah untuk dijadikan sebagai material dibidang keteknikkan mulai dikembangkan. Pemanfaatan material limbah bertujuan untuk mendapatkan sifat yang ramah lingkungan. Salah satu material limbah yang bisa dikembangkan adalah limbah dari styrofoam, ampas tebu dan cangkang telur. Pada penelitian ini styrofoam dijadikan bahan pengikat (matriks) sedangkan ampas tebu dan cangkang telur dijadikan bahan penguat (reinforcement) material green composite. Ampas tebu dan cangkang telur sebagai bahan penguat dihaluskan menjadi serbuk ukuran 64-72 μm . Variasi fraksi volume dari styrofoam, ampas tebu dan cangkang telur adalah 80%:10%:10%, 70%:15%:15%, 60%:20%:20% dan 50%:25%:25%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi volume terhadap sifat fisik dan mekanik dari material green composite berbahan limbah styrofoam, ampas tebu dan cangkang telur. Pengujian sifat fisik yang dilakukan adalah pengujian densitas dan pengujian mekanik yang dilakukan adalah pengujian tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa densitas dari material green composite semakin meningkat dengan penambahan komposisi dari material reinforcement. Densitas dari green composite pada fraksi volume 80%:10%:10%, 70%:15%:15%, 60%:20%:20% dan 50%:25%:25% berturut-turut sebesar 0,90 gr/cm^3 , 0,95 gr/cm^3 , 1,01 gr/cm^3 dan 1,21 gr/cm^3 . Kekuatan tarik dari material green composite semakin meningkat dengan penambahan komposisi dari material reinforcement. Kekuatan tarik dari green composite pada fraksi volume 80%:10%:10%, 70%:15%:15%, 60%:20%:20% dan 50%:25%:25% berturut-turut sebesar 20,10 MPa, 28,25 MPa, 29,79 MPa dan 34,56 MPa. Berdasarkan hasil penelitian, material komposit berbahan dasar limbah dari styrofoam, ampas tebu dan cangkang telur memenuhi standar untuk dijadikan sebagai material alternatif sebagai rangka/frame dari drone.

Kata kunci : green composite, sifat fisik, sifat mekanik, material limbah, drone

1. PENDAHULUAN

Salah satu dampak dari pertambahan jumlah penduduk adalah sampah yang dihasilkan dari kehidupan penduduk itu sendiri. Sampah tersebut ada yang tidak mudah terurai sehingga hal ini berdampak peningkatan jumlah sampah.

Pada saat sekarang ini banyak penelitian yang berkonsentrasi memanfaatkan sampah sebagai barang guna atau dikenal dengan istilah daur ulang sampah. Pemanfaatan sampah di bidang keteknikkan sampai saat ini belum banyak pengaplikasiannya padahal banyak sampah yang bisa dimanfaatkan pada bidang keteknikkan.

Beberapa material limbah yang bisa dimanfaatkan dalam bidang keteknikkan adalah styrofoam bekas, serat ampas tebu dan cangkang telur. Material tersebut bisa dimanfaatkan kembali menjadi material yang memiliki nilai tambah salah satunya sebagai material komposit ramah lingkungan.

Limbah styrofoam merupakan masalah besar bagi lingkungan, sebab styrofoam ini tak dapat terurai dengan cepat atau membutuhkan waktu hampir ratusan tahun [1]. Kita masih menganggap styrofoam bekas adalah benda yang tidak berguna, padahal dengan sedikit usaha sebenarnya kita dapat memanfaatkannya kembali menjadi benda yang memiliki nilai tambah, salah satunya sebagai pengikat (*binder*) dalam pembuatan material komposit. Penggunaan styrofoam sebagai *binder* komposit telah diteliti. Penggunaan styrofoam sebagai *binder* pada komposit serat sisal dan pisang dapat meningkatkan kekakuan dari komposit [2]. Satu dekade terakhir, para peneliti telah banyak melakukan penelitian tentang material komposit yang bisa terurai di alam dengan cepat. Salah satu penelitiannya adalah pemanfaatan serat alam untuk material komposit. Komposit serat alam atau *natural fiber composite* ini banyak dikembangkan di bidang otomotif sebagai pengganti komposit serat buatan *fiberglass* [3]. Penelitian lain

juga telah dilakukan, komposit serat alam diaplikasikan sebagai bahan lantai [4].

Penelitian terakhir menyebutkan bahwa penguat yang berukuran partikel lebih memberikan sifat mekanik yang baik pada komposit dari pada komposit serat [5][6]. Komposit paerikel juga lebih baik dari komposit serat dalam sifat thermal dan penyerapan cahaya [7].

Limbah/ampas tebu merupakan salah satu limbah yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan dasar komposit. Penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan memanfaatkan ampas tebu. Ampas tebu (*bagasse*) telah dimanfaatkan menjadi komposit polimer dengan melihat sifat mekaniknya baik statik maupun dinamik [8] [9].

Limbah lain yang bisa dimanfaatkan sebagai material komposit adalah cangkang telur. Penelitian komposit berbahan cangkang telur/polipropilen telah dilakukan, hasil menunjukkan penambahan cangkang telur sebagai penguat pada komposit meningkatkan stabilitas termal dan kekuatan tarik komposit cangkang telur/polipropilen [10]. 94% dari komposisi dari cangkang telur adalah kalsium karbonat (CaCO_3) alami [11]. Kalsium karbonat dari cangkang telur bisa dijadikan material pengganti kalsium karbonat komersial yang potensial. Sifat mekanik dari komposit karet/cangkang telur semakin meningkat seiring dengan penambahan cangkang telur [12].

Pemanfaatan *styrofoam* sebagai *binder* dan penguat dari serbuk ampas tebu dan cangkang telur akan mengurangi limbah pada lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan sifat fisik (densitas dan permukaan patahan) dari komposit berbahan serbuk ampas tebu dan cangkang telur dengan pengikat *styrofoam* dan material rangka drone yang ada dipasaran sebagai pembanding. Komposit ini nantinya diharapkan bisa menjadi material komposit ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan dibidang keteknikkan khususnya rangka/bodi sebuah *drone*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, material yang digunakan adalah limbah dari *styrofoam*, ampas tebu dan cangkang telur. *Styrofoam* digunakan sebagai material pengikat (*binder*) pada komposit sedangkan ampas tanaman tebu dan cangkang telur digunakan sebagai material penguat (*reinforcement*) pada komposit. *Styrofoam* bekas yang akan digunakan dilarutkan menggunakan larutan *acetone* untuk membuat *styrofoam* menjadi cair setelah itu ditambahkan zat aditif/kompatibilizer. Tujuan penambahan zat aditif ini agar *styrofoam* menjadi lebih homogen. Pada *styrofoam* cair ini juga ditambahkan zat DPO (*Diocetyl Phthalate*) supaya *styrofoam* menjadi lebih ulet.

Ampas tanaman tebu diperoleh dari perkebunan tebu rakyat di daerah Lawang, Sumatera Barat. Sedangkan cangkang telur diperoleh dari daerah Payakumbuh, Sumatera Barat. Ampas tebu dan cangkang telur dibersihkan menggunakan air bersih dan kemudian dikeringkan tanpa cahaya matahari langsung. Setelah ampas tebu dan cangkang telur kering, kemudian dilakukan proses *blending* sehingga ampas tebu dan cangkang telur menjadi serbuk dengan ukuran 64-72 μm .

Untuk membuat panel komposit, cetakan disiapkan dengan ukuran 100 mm x 100 mm x 5 mm untuk pengujian densitas dan 170 mm x 170 mm x 5 mm untuk pengujian tarik. *Styrofoam* yang telah cair dicampurkan dengan serbuk ampas tebu dan serbuk cangkang telur menggunakan *mixer* selama 10 menit. Kemudian campuran *styrofoam*, ampas tebu dan cangkang telur dimasukkan kedalam cetakan. Variasi fraksi volume antara *styrofoam*, serbuk ampas tebu dan serbuk cangkang telur adalah 80%:10%:10%, 70%:15%:15%, 60%:20%:20% dan 50%:25%:25%. Setelah cetakan penuh, dilakukan proses *compression molding* pada *green composite*. Kemudian tunggu *green composite* kering merata. Gambar 1 menunjukkan panel *green composite* berbahan dasar *styrofoam*, ampas tebu dan cangkang telur yang telah kering. Panel *green composite* kemudian dibentuk menjadi spesimen pengujian tarik dengan standar ASTM-D638 (Gambar 2).



Gambar 1. Panel *green composite* material berbahan material limbah dari *styrofoam*, serbuk ampas tebu dan serbuk cangkang telur



Gambar 2. Spesimen uji tarik komposit berdasarkan ASTM D-638

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Densitas *Green Composite*

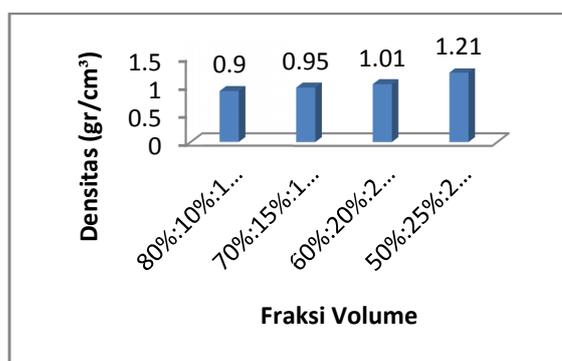
Tabel 1 menunjukkan nilai densitas dari *green composite* untuk tiap variasi fraksi volume. Dari hasil pengujian densitas, densitas tertinggi pada fraksi volume 50%:25%:25% sebesar 1,21 gr/cm³ dan densitas yang terendah pada fraksi volume 80%:10%:10% sebesar 0,90 gr/cm³.

Tabel 1. Densitas dari *green composite*

No	Volume Fraction (<i>styrofoam:bagasse:eggshell</i>)	Densitas (gr/cm ³)
1	80%:10%:10%	0.90
2	70%:15%:15%	0.95
3	60%:20%:20%	1.01
4	50%:25%:25%	1.21

Gambar 3 menunjukkan grafik nilai densitas untuk masing-masing variasi fraksi volume dari *green composite*. Hasil pengujian densitas menunjukkan bahwa

penambahan jumlah komposisi dari unsur penguat (*reinforcement*) akan meningkatkan nilai dari densitas komposit. Densitas dari *styrofoam*, ampas tebu dan cangkang telur berturut-turut sebesar 1.00 gr/cm³, 0.12 gr/cm³ dan 2.83 gr/cm³. Densitas cangkang telur yang lebih tinggi dari *styrofoam* dan ampas tebu, menyebabkan terjadinya peningkatan densitas total dari komposit.



Gambar 3. Densitas *green composite* dari *styrofoam*, serbuk tebu dan serbuk cangkang telur

Peningkatan jumlah/komposisi dari serbuk cangkang telur, maka akan meningkatkan nilai densitas dari komposit. Komposisi cangkang telur terdiri dari kalsium karbonat (CaCO₃) sebagai senyawa utama, dimana kalsium karbonat ini memiliki densitas yang tinggi, sehingga densitas dari cangkang telur keseluruhan juga semakin tinggi.

Dari hasil pengujian densitas *green composite* berbahan limbah *styrofoam*, serbuk ampas tebu dan serbuk cangkang telur dapat disimpulkan bahwa komposit dengan fraksi volume 50%:25%:25% dengan densitas 1,21 gr/cm³ bisa diaplikasikan sebagai bahan alternatif untuk bodi/frame sebuah *drone*. Ini dikarenakan nilai densitas dari komposit memenuhi standar material untuk *drone*. Dimana densitas dari sebuah *drone* yang digunakan saat ini adalah 1,10 gr/cm³ – 7,8 gr/cm³ [13]

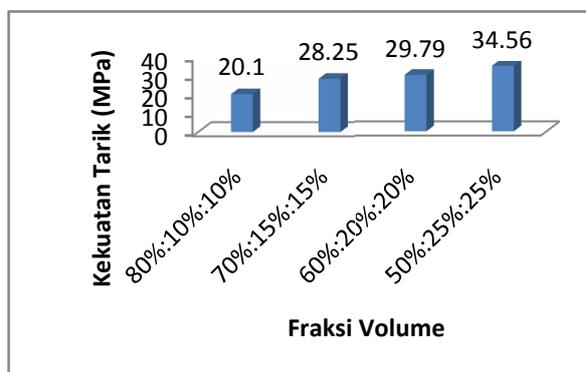
3.2 Kekuatan Tarik *Green Composite*

Nilai kekuatan tarik dari *green composite* berbahan dasar material limbah dari *styrofoam*, serbuk ampas tebu dan cangkang telur ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kekuatan tarik dari *green composite*

No	Volume Fraction (styrofoam:bagasse:eggshell)	Kekuatan Tarik (MPa)
1	80%:10%:10%	20.10
2	70%:15%:15%	28.25
3	60%:20%:20%	29.79
4	50%:25%:25%	34.56

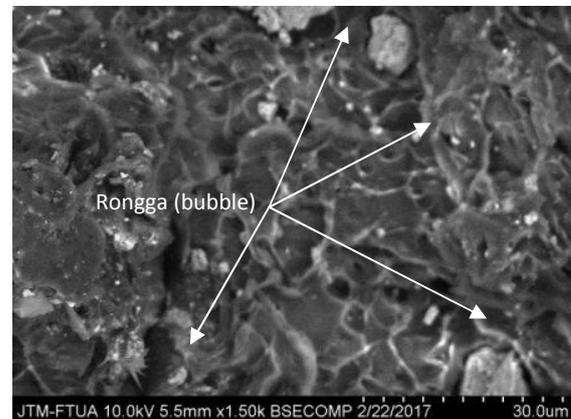
Dari Tabel 2 dapat dilihat nilai kekuatan tarik tertinggi pada komposit dengan fraksi volume 50%:25%:25% yaitu sebesar 34.56 MPa dan kekuatan tarik terendah pada komposit dengan fraksi volume 80%:10%:10% sebesar 20.10 MPa

**Gambar 4.** Kekuatan tarik *green composite* dari *styrofoam*, serbuk tebu dan serbuk cangkang telur

Gambar 4 menunjukkan grafik kekuatan tarik dari tiap fraksi volume *green composite*. Semakin banyak komposisi dari serbuk ampas tebu dan serbuk cangkang telur maka semakin tinggi kekuatan tarik dari *green composite*. Serbuk ampas tebu dan cangkang telur cenderung menjadikan kekuatan komposit semakin meningkat, lebih elastis dan kaku sedangkan *styrofoam* lebih cenderung mempengaruhi sifat ringan dari komposit.

Kekuatan tarik dari *green composite* akan meningkat seiring dengan penambahan komposisi dari serbuk ampas tebu dan cangkang telur, ini disebabkan oleh dengan adanya peningkatan komposisi dari serbuk tebu dan cangkang telur membuat ikatan (*interfacial bonding*) antara *styrofoam*, serbuk tebu dan cangkang telur lebih baik. Kekuatan bending *green composite* juga meningkat dengan adanya penambahan komposisi dari serbuk tebu dan cangkang telur [14].

Interfacial bonding yang sempurna antara *binder* dan *reinforcement* ditandai dengan tidak adanya rongga udara pada komposit. Rongga udara (*bubble*) yang banyak pada komposit akan menyebabkan kekuatan tarik komposit menurun [15].

**Gambar 5.** *Fracture surface* dari *green composite* dengan fraksi volume 80%:10%:10%

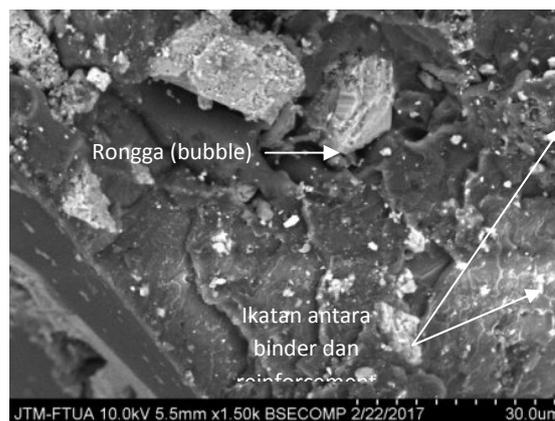
Gambar 5 menunjukkan permukaan patahan (*fracture surface*) menggunakan *Scanning Electrone Microscope* (SEM) dari *green composite* berbahan dasar material limbah dari *styrofoam*, serbuk ampas tebu dan cangkang telur untuk fraksi volume 80%:10%:10%. Dari pengamatan *fracture surface* dari komposit untuk fraksi volume 80%:10%:10% terlihat ikatan (*interfacial bonding*) antara *binder* (*styrofoam*) dan *reinforcement* (serbuk ampas tebu dan cangkang telur) tidak sempurna/tidak homogen sehingga banyaknya rongga udara pada komposit. Inilah yang mengindikasikan rendahnya kekuatan dari komposit pada fraksi volume 80%:10%:10%. Jadi kekuatan tarik yang rendah pada komposit dengan fraksi volume disebabkan karena ikatan yang tidak homogen antara *binder* dan *reinforcement* dengan ditandai adanya rongga udara yang banyak pada komposit.



Gambar 6. *Fracture surface* dari *green composite* dengan fraksi volume 70%:15%:15%

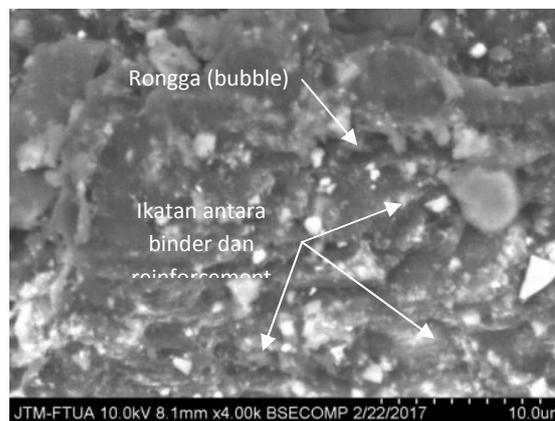
Gambar 6 menunjukkan permukaan patahan menggunakan *Scanning Electrone Microscope* (SEM) dari *green composite* berbahan dasar material limbah dari *styrofoam*, serbuk ampas tebu dan cangkang telur untuk fraksi volume 70%:15%:15%. Dari pengamatan *fracture surface* dari *green composite* untuk fraksi volume 70%:15%:15% terlihat telah ada bagian dari komposit yang homogen. Ada daerah yang telah memiliki ikatan yang baik antara *binder* dan *reinforcement* sehingga rongga udara lebih sedikit dari pada komposit dengan fraksi volume 80%:10%:10%. Jadi kekuatan tarik komposit dengan fraksi volume 70%:15%:15% lebih tinggi dari pada komposit dengan fraksi volume 80%:10%:10% dikarenakan *interfacial bonding* antara *binder* dan *reinforcement* pada komposit 70%:15%:15% sudah mulai baik/homogen sehingga rongga udara sudah mulai berkurang dibandingkan dengan komposit fraksi volume 80%:10%:10%.

Gambar 7 menunjukkan *fracture surface* menggunakan *Scanning Electrone Microscope* (SEM) dari *green composite* berbahan dasar material limbah dari *styrofoam*, serbuk ampas tebu dan cangkang telur untuk fraksi volume 60%:20%:20%.



Gambar 7. *Fracture surface* dari *green composite* dengan fraksi volume 60%:20%:20%

Dari pengamatan *fracture surface* dari *green composite* dengan fraksi volume 60%:20%:20% terlihat *interfacial bonding* antara *binder* dan *reinforcement* sudah lebih baik lagi dibandingkan komposit dengan fraksi volume 70%:15%:15%. Pada beberapa bagian pada komposit telah terlihat ikatan antara *binder* dan *reinforcement* yang sudah homogen. Dengan banyaknya bagian yang telah homogen, maka rongga udara semakin berkurang sehingga kekuatan tarik komposit dengan fraksi volume 60%:20%:20% lebih tinggi dari komposit dengan fraksi volume 70%:15%:15% dan 80%:10%:10%.



Gambar 8. *Fracture surface* dari *green composite* dengan fraksi volume 50%:25%:25%

Gambar 8 menunjukkan *fracture surface* dari *green composite* berbahan dasar material limbah dari *styrofoam*, serbuk ampas tebu dan cangkang telur untuk fraksi volume 50%:25%:25%. Dari pengamatan *fracture surface* dari *green composite* dengan fraksi volume 50%:25%:25% terlihat *interfacial*

bonding antara *binder* dan *reinforcement* lebih baik dari komposit dengan fraksi volume 80%:10%:10%, 70%:15%:15%, dan 60%:20%:20%. Pada *composite* dengan fraksi volume 50%:25%:25%, campuran antara *binder* dan *reinforcement* pada setiap bagian komposit umumnya telah homogen.

Ini ditandai dengan sangat sedikit rongga udara yang ada pada komposit. Dengan sangat sedikitnya rongga udara menyebabkan kekuatan komposit semakin tinggi. Ini sesuai dengan hasil dari kekuatan tarik komposit, dimana kekuatan tarik tertinggi pada *green composite* ini adalah pada *green composite* dengan fraksi volume 50%:25%:25%. Dari hasil pengujian tarik, disimpulkan bahwa kekuatan tarik untuk *green komposit* dengan fraksi volume 50%:25%:25% mendekati kekuatan tarik dari material rangka *drone* yang berbahan dasar material *derlyn* yaitu sebesar 52.40 MPa.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Densitas dari *green composite* pada variasi fraksi volume 80%:10%:10%, 70%:15%:15%, 60%:20%:20% dan 50%:25%:25% berturut-turut sebesar 0,90 gr/cm³, 0,95 gr/cm³, 1,01 gr/cm³ dan 1,21 gr/cm³. Pengujian sifat mekanik juga menunjukkan bahwa kekuatan tarik dari material *green composite* semakin meningkat dengan komposisi dari material *reinforcement*. Kekuatan tarik dari *green composite* pada variasi fraksi volume 80%:10%:10%, 70%:15%:15%, 60%:20%:20% dan 50%:25%:25% berturut-turut sebesar 20,10 MPa, 28,25 MPa, 29,79 MPa dan 34,56 MPa. Ini dapat disimpulkan bahwa sifat fisik (densitas) dan kekuatan tarik dari *green composite* lebih dipengaruhi oleh material yang berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*) yaitu serbuk ampas tebu dan serbuk cangkang telur. Densitas dari material *green composite* semakin meningkat dengan penambahan komposisi dari material *reinforcement* begitu juga kekuatan tarik dari material *green composite* semakin meningkat dengan penambahan komposisi dari material *reinforcement*. Berdasarkan hasil penelitian, material komposit berbahan dasar limbah dari *styrofoam*, ampas tebu dan cangkang telur memenuhi standar untuk dijadikan

sebagai material alternatif sebagai rangka (*frame*) dari sebuah *drone*.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) atas dana hibah penelitian dosen pemula. Kami juga mengapresiasi kepada civitas akademika Institut Teknologi Padang atas *support* dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Khairunnisa, "Pengolahan Limbah Styrofoam Menjadi Produk Fashion," in *e-Proceeding of Art & Design*, 2016, vol. 3, no. 2, pp. 253–268.
- [2] Sinarep and A. D. Catur, "Pengaruh Tebal Styrofoam Core Terhadap Berat Jenis dan Kekuatan Tekan Komposit Sandwich Matrik Poliester Diperkuat Serat Sisal dan Serat Pohon Pisang," *J. Din. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2012.
- [3] M. R. Sanjay, G. R. Arpitha, L. L. Naik, K. Gopalakrishna, and B. Yogesha, "Applications of Natural Fibers and Its Composites: An Overview," *J. Nat. Resour.*, vol. 7, pp. 108–114, 2016.
- [4] H. He, J. Nie, and J. Wang, "Flexible Wood Fiber Composite Floor," *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2015, pp. 1–6, 2015.
- [5] R. Ramli, M. R. Khan, N. K. Chowdhury, M. Dalour, R. Mohamed, A. Abdul Aziz, Z. Ibrahim, and N. Hayawin Zainal, "Development of Cu Nanoparticle Loaded Oil Palm Fibre Reinforced Nanocomposite," *J. Adv. Nanoparticle*, vol. 2, no. November, pp. 358–365, 2013.
- [6] P. Pal, M. K. Kanti, S. Kalra, and C. Das Kumar, "Mechanical and Crystalline Behavior of Polymeric Nanocomposites in Presence of Natural Clay," *Open J. Appl. Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 277–282, 2012.
- [7] G. M. Herrera-Sandoval, D. B. Baez-Angarita, S. N. Correa-Torres, O. M. Primera-Pedrozo, and S. P. Hernández-Rivera, "Novel EPS/TiO₂ Nanocomposite Prepared from Recycled Polystyrene," *Mater. Sci.*

- Appl.*, vol. 4, no. March, pp. 179–185, 2013.
- [8] I. O. Oladele, “Effect of Bagasse Fibre Reinforcement on the Mechanical Properties of Polyester Composites,” *J. Assoc. Prof. Eng. Trinidad Tobago*, vol. 42, no. 1, pp. 12–15, 2014.
- [9] E. Matarazzo, A. Thereza, A. Cecon, and A. Science, “Polypropylene Composites Reinforced with Biodegraded Sugarcane Bagasse Fibers: Static and Dynamic Mechanical Properties,” *Mater. Res.*, vol. 19, no. 1, pp. 75–83, 2015.
- [10] C. C. Leong, “Development Polypropylene (PP)-Modified Chicken Eggshell Composites,” 2016.
- [11] M. Yahya, Y. Aziz, and Zultiniar, “Sintesis Hidroksiapatit dari Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Kulit Telur Ayam Melalui Proses Hidrotermal,” *J. FTENIK*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2016.
- [12] S. Lumlong, S. Wanapan, B. Khamsri, and P. Pungpo, “Effect of Eggshell as a Filler on Rubber Composite Properties,” in *The 8th Thailand-Japan International Academic Conference 2016*, 2016, pp. 1–7.
- [13] J. D. Setiawan, W. Caesarendra, and M. Ariyanto, “Perancangan Struktur Frame Quadrotor,” *J. Rotasi Tek. Mesin*, vol. 17, no. 3, pp. 130–136, 2015.
- [14] M. Perdana, Prastiawan, and S. Hadi, “Mechanical Properties of Composite Waste Material Based Styrofoam, Baggase and Eggshell Powder for Application of Drone Frames,” in *International Conference on Environment and Technology*, 2017, pp. 1–7.
- [15] M. Perdana and R. P. Yulsardi, “Pengaruh Fraksi Volume Penguat Terhadap Kekuatan Lentur Green Composite Untuk Aplikasi Pada Bodi Kendaraan,” *J. Iptek Ter. Kopertis Wil. X*, vol. 3, pp. 71–77, 2015.