

Pengaruh Fraksi Volume Pada *Green Composite* Serat Daun Nanas dengan Matriks Sari Pati Kentang Terhadap Stabilitas Termal

Nicholas Andrew Indarto Putra, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati, dan
I Made Astika

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pemanasan global dan perubahan iklim memicu kebutuhan mendesak untuk pengembangan material ramah lingkungan dengan stabilitas termal yang baik. *Green composite*, sebagai material komposit berbasis serat alami, menawarkan solusi berkelanjutan dengan dampak lingkungan yang lebih rendah. Penelitian ini berfokus pada *green composite* yang menggunakan serat daun nanas sebagai penguat dan matriks sari pati kentang untuk mengikat serat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi fraksi volume serat daun nanas (5%, 7,5%, dan 10%) terhadap stabilitas termal komposit dengan matriks sari pati kentang. Serat daun nanas, limbah pertanian dengan kandungan lignoselulosa tinggi, menunjukkan potensi sebagai bahan penguat yang kuat dan ringan, sedangkan sari pati kentang berfungsi sebagai matriks yang memberikan kekuatan mekanis. Penelitian ini menerapkan *thermogravimetric analysis* (TGA) dan uji foto mikro untuk menilai stabilitas termal dari *green composite* pada fraksi volume serat yang berbeda. Hasilnya akan dibandingkan dengan penelitian serupa yang menggunakan serat bambu untuk memahami perbedaan dalam stabilitas termal antara serat daun nanas dan serat bambu. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru tentang efisiensi dan potensi *green composite* berbasis serat daun nanas sebagai alternatif ramah lingkungan dalam berbagai aplikasi industri. Hasil penelitian ini juga berkontribusi pada upaya global untuk mengurangi penggunaan material berbasis minyak bumi, dengan menawarkan solusi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam pengembangan material komposit.

Kata kunci: komposit hijau, serat daun nanas, sari pati kentang, stabilitas termal, foto mikro

Abstract

Global warming and climate change have spurred an urgent need for the development of environmentally friendly materials with good thermal stability. *Green composites*, made from natural fiber-based materials, offer a sustainable solution with lower environmental impact. This study focuses on *green composites* using pineapple leaf fibers as reinforcement and potato starch as the matrix to bind the fibers. The objective is to evaluate the effect of varying fiber volume fractions (5%, 7.5%, and 10%) of pineapple leaf fibers on the thermal stability of composites with a potato starch matrix. Pineapple leaf fibers, an agricultural by-product with high lignocellulosic content, exhibit potential as a strong and lightweight reinforcing material, while potato starch serves as a matrix that provides mechanical strength. The study employs *thermogravimetric analysis* (TGA) and microscopic analysis to assess the thermal stability of the *green composites* at different fiber volume fractions. The results will be compared with similar research using bamboo fibers to understand the differences in thermal stability between pineapple leaf fibers and bamboo fibers. This study are expected to provide new insights into the efficiency and potential of pineapple leaf fiber-based *green composites* as an environmentally friendly alternative for various industrial applications. The results also contribute to global efforts to reduce the use of petroleum-based materials by offering a more sustainable and eco-friendly solution in composite material development.

Keywords: green composite, pineapple leaf fiber, potato starch, thermal stability, micro photo

1. Pendahuluan

Pemanasan global dan kekhawatiran akan perubahan iklim telah mendorong peningkatan minat dalam pengembangan material yang ramah lingkungan dan memiliki sifat stabilitas termal yang baik. Stabilitas termal adalah sifat yang sangat penting dalam berbagai aplikasi, seperti dalam industri otomotif, konstruksi, dan teknologi pendinginan. Pengembangan stabilitas termal dalam dunia material sejauh ini sudah menunjukkan kemajuan yang sangat signifikan, terutama didorong oleh kebutuhan industri dan tantangan perubahan iklim. Meskipun pengembangan material dengan stabilitas termal yang tinggi telah menunjukkan kemajuan pesat, khususnya pada material sintetis seperti logam paduan suhu

tinggi dan komposit berbasis polimer tahan panas, namun tantangan masih dihadapi dalam pengembangan material ramah lingkungan.

Komposit alami berbasis serat alam dan matriks *biodegradable*, seperti serat daun nanas dengan matriks sari pati kentang, masih memiliki keterbatasan dalam hal stabilitas termal jika dibandingkan dengan material sintetis. Stabilitas termal yang rendah ini menjadi hambatan utama dalam penerapan material ramah lingkungan untuk aplikasi pada lingkungan yang pada saat ini pemanasan globalnya terus meningkat dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, pengembangan *green composite* dengan kombinasi bahan yang tepat dan formulasi fraksi volume serat yang optimal menjadi fokus penting dalam riset

material berkelanjutan saat ini. Upaya ini diharapkan dapat menghasilkan material yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga memiliki performa termal yang andal untuk digunakan secara luas di berbagai sektor industri.

Green composite adalah bahan komposit berbasis serat alami yang ramah lingkungan, contohnya adalah serat daun nanas dan matriks sari pati kentang. Serat daun nanas memiliki potensi sebagai serat penguat dalam komposit karena sifat-sifatnya yang kuat dan ringan. Serat daun nanas termasuk serat alam yang mengandung lignoselulosa tinggi, kekuatan tarik 640 Mpa, pemanjangan serat 2,4%, dan kekerasan serat 970 Mpa. Dengan karakteristik yang dimiliki, membuat serat daun nanas dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan komposit sebagai upaya mengatasi kekurangan bahan baku kayu. Sari pati kentang, di sisi lain, adalah matriks yang dapat berfungsi sebagai pengikat antar serat dan memberikan karakteristik mekanis yang baik pada komposit.

Tujuan pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serat terhadap stabilitas termal *green composite* sari pati kentang berpenguat serat daun nanas. Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi fraksi volume serat terhadap stabilitas termal *green composite* sari pati kentang berpenguat serat daun nanas. Batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini antara lain :

1. Penelitian ini menggunakan sari pati kentang (*Solanum tuberosum*) sebagai bahan bioplastik.
2. Bahan penguat komposit adalah serat daun nanas.
3. Proses pencetakan spesimen menggunakan teknik manual cold press molding.
4. Proses pencetakan spesimen diasumsikan tekanan merata dan sama besar.
5. Proses pengadukan bahan diasumsikan sudah homogen.
6. Parameter lingkungan tertentu seperti suhu dan kelembaban diasumsikan homogen.
7. Pengujian TGA untuk mengetahui *moisture*, *volatile*, dan *fixed carbon*.

2. Dasar Teori

2.1. Komposit

Komposit dibentuk dari dua bahan atau material yang berbeda, yaitu ada penguat (serat), yang memiliki sifat kurang ulet (*ductile*) tetapi lebih rigid dan material satu lagi adalah matrik (resin), yang umumnya memiliki sifat keuletan (*ductile*) lebih tinggi tetapi dengan sifat *rigiditas* yang lebih rendah. Kemudian setelah penggabungan antara penguat dan matrik, maka akan terciptalah sebuah komposit yang memiliki sifat baru dari gabungan kedua material tersebut.

2.2. Bahan Penyusun Komposit

Material komposit tersusun atas dua komponen utama, yaitu serat dan matriks. Serat berperan penting menentukan sifat-sifat material komposit, seperti kekakuan dan sifat mekanik lainnya. Serat inilah yang juga menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit. Oleh karena itu, serat berfungsi sebagai elemen penguat utama dan ketahanan komposit sangat ditentukan oleh serat yang menyusunnya. Semakin kecil diameter serat, maka semakin tinggi kekuatannya karena kemungkinan terjadinya cacat menjadi lebih kecil [1].

Selain serat, komposit juga terdiri dari matriks yang biasanya berbahan dasar polimer atau logam. Fungsi utama matriks adalah melindungi serta mengikat serat, sehingga serat dapat bekerja secara optimal. Matriks juga berfungsi sebagai pelapis serat. Dalam struktur komposit, matriks memiliki fraksi volume terbesar, yaitu lebih dari 50 persen. Jenis-jenis matriks (resin) yang umum digunakan antara lain resin termoplastik, termoset, dan resin alami. Menurut Kuspradini (2016), resin alami merupakan zat padat yang dihasilkan dari eksudasi tumbuhan, baik secara alami maupun buatan, yang memiliki karakteristik sebagai bahan alami. Selain bersifat ramah lingkungan, resin alami juga mudah terdegradasi.

2.3. Bioplastik

Bioplastik, atau yang dikenal juga sebagai plastik *biodegradable*, merupakan jenis plastik yang ramah lingkungan karena mampu terurai secara alami oleh mikroorganisme. Komponen pembentuknya berasal dari bahan-bahan yang dapat diperbarui. Umumnya, bioplastik dibuat menggunakan bahan dasar seperti pati, minyak nabati dan mikrobiota.

Salah satu jenis pati yang dapat dimanfaatkan adalah pati kentang. Pati ini diperoleh dari umbi tanaman *Solanum tuberosum* L., yang termasuk dalam famili *Solanaceae*. Kentang dikenal sebagai tanaman penghasil pati dengan kandungan amilosa sebesar 22,85% dan amilopektin sebesar 77,15% [2].

2.4. Serat Daun Nanas

Serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari bagian daun tanaman nanas. Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa sel-sel pada serat daun nanas memiliki diameter rata-rata sekitar 10 μm dan panjang rata-rata sekitar 4.5 mm, sehingga rasio panjang terhadap diameter sebesar 450. Ketebalan dinding selnya rata-rata mencapai 8.3 μm , yang mana ketebalan dinding sel ini terletak diantara serat sisal (12.8 μm) dan serat batang pisang (1.2 μm) [3].

2.5. Pengukuran Densitas Serat Nanas

Densitas atau massa jenis merupakan pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin besar nilai massa jenis, maka semakin besar pula massa yang terkandung setiap volumenya. Rata-rata massa jenis setiap benda diperoleh dengan

membagi total massa dengan total volume benda tersebut.

$$\rho = \frac{ms}{mb-(mg-mk)} \times \rho \text{ aquades} \quad (1)$$

Keterangan :

- ρ = Densitas Serat (gr/cm^3)
- ms = Massa Serat Tanpa Kawat Di Udara (gr)
- mb = Massa Serat Basah (gr)
- mg = Massa Serat yang digantung dengan kawat di dalam aquades (gr)
- mk = Massa Kawat (gr)

2.6. Perhitungan Fraksi Volume

Fraksi volume adalah perbandingan antara serat (penguat) dan matrik yang digunakan dalam pembuatan komposit. Fraksi volume dapat dihitung dengan rumus:

- Volume Cetakan
 $Vc = p \times l \times t$ (2)
Keterangan :
 p = Panjang (cm)
 l = Lebar (cm)
 t = Tinggi (cm)

Volume serat, massa serat, volume matrik, dan berat matrik dapat dihitung dengan rumus berikut:

- Volume Serat (Vf)
 $Vf = \text{Fraksi Volume (\%)} \times Vc$ (3)
- Massa Serat (Bf)
 $Bf = Vf \times \rho f$ (4)
- Volume Matriks (Vm)
 $Vm = Vc - Vf$ (5)
- Massa Matrik (Bm)
 $Bm = Vm \times \rho m$ (6)

Keterangan :

- ρf = Massa Jenis Serat (gr/cm^3)
- ρm = Massa Jenis Matriks (gr/cm^3)
- Vc = Volume Cetakan (cm^3)
- Vf = Volume Serat (cm^3)
- Vm = Volume Matriks (cm^3)
- Bf = Massa Serat (gr)
- Bm = Massa Matriks (gr)

2.7. Metil Etil Keton Peroksida (MEKPO)

Metil etil keton peroksida (MEKPO) merupakan senyawa kimia yang umum dikenal sebagai katalis. Senyawa ini termasuk dalam kelompok polimer berbentuk cair dengan tampilan bening. Penambahan jumlah katalis yang lebih banyak dapat meningkatkan kecepatan pengeringan matriks. Namun, penggunaan katalis yang berlebihan justru dapat menyebabkan komposit menjadi rapuh. Oleh karena itu, jumlah katalis yang digunakan perlu disesuaikan dengan kebutuhan proses secara tepat [4].

2.8. Thermogravimetric Analysis (TGA)

Thermogravimetric Analysis (TGA) adalah salah satu metode analisis termal suatu sampel dengan memperhatikan penurunan massa selama sampel diberikan perlakuan panas yang dilakukan dalam lingkungan atmosfer [5]. Jenis bahan yang dapat dianalisis mencakup berbagai material seperti polimer, plastik, komposit, laminasi, perekat, makanan, pelapis, farmasi, bahan organik, karet, minyak bumi, bahan kimia, bahan peledak, hingga sampel biologis.

2.9. Foto Mikro

Mikroskop adalah alat optik atau elektronik yang digunakan untuk memperbesar objek-objek kecil sehingga dapat dilihat dengan jelas dan detail. Alat ini sangat penting dalam berbagai bidang, termasuk ilmu biologi, kedokteran, ilmu material, geologi, ilmu forensik, dan banyak lagi. Tujuan utama dari penggunaan mikroskop adalah untuk mengungkapkan detail-detail yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang.

3. Metode Penelitian

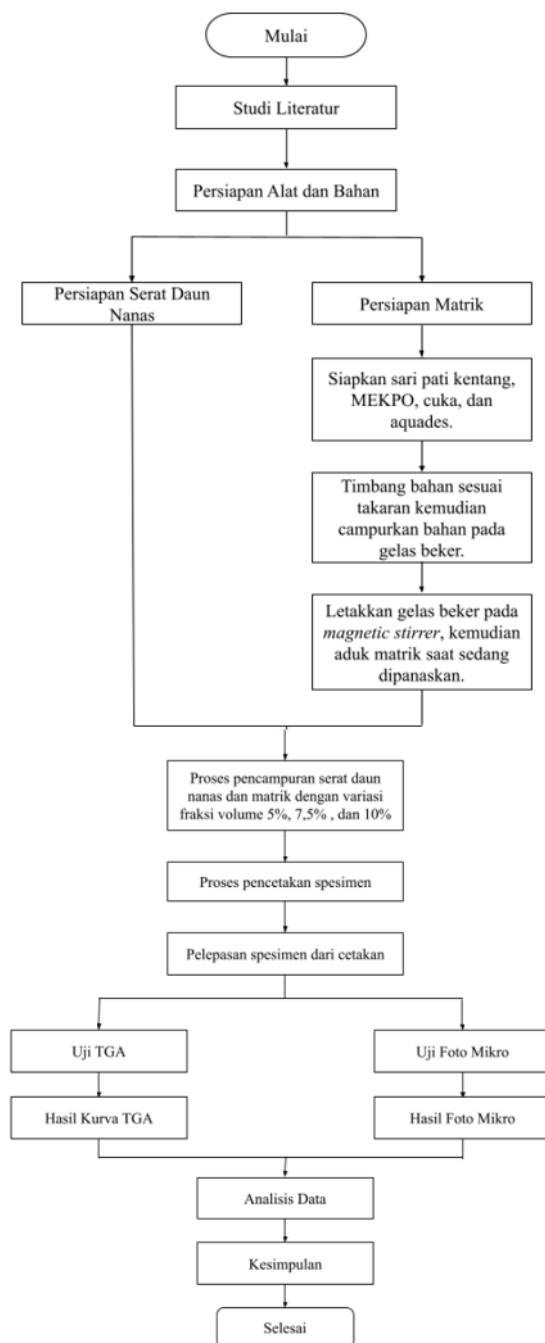
3.1. Alat

1. Alat uji : Mikroskop dan LECO TGA-701 Thermogravimetric Analyzer dengan ASTM E1131.
2. Alat Pembuat Spesimen : Nesco Lab MS-H280-Pro Magnetic Stirrer.
3. Alat Cetak : Wadah yang berbahan mika.
4. Alat Ukur : Gelas ukur dan timbangan digital.
5. Alat Bantu : Pisau, gunting, sendok, pengupas buah, blender, wadah, saringan, batang pengaduk, dan magnetic stirrer bar

3.2. Bahan

Bahan – bahan yang digunakan adalah serat daun nanas, kentang, cuka, aquades, dan Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO)

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengujian TGA

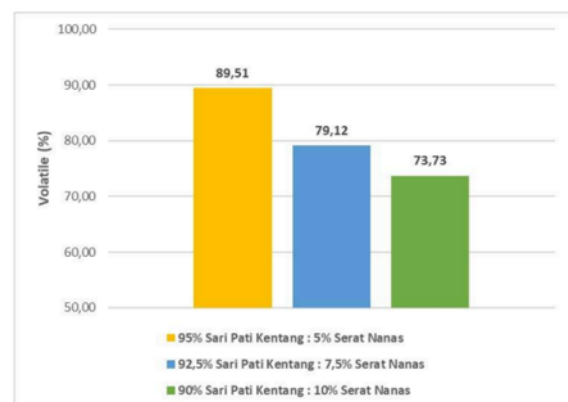
• Moisture



Gambar 2. Diagram Batang Moisture

Moisture atau dalam bahasa Indonesia yang artinya kelembapan adalah kandungan air yang terdapat dalam suatu material. Air ini dapat berupa air permukaan (*surface water*) yaitu air yang menempel di permukaan material, atau air terikat (*bound water*) yaitu air yang secara fisik atau kimia terikat pada struktur material. Proses pelepasan *moisture* terjadi pada suhu 30°C hingga 150°C, sehingga *moisture* termasuk kedalam proses penurunan berat awal dalam pengujian TGA. Nilai *moisture* suatu material dapat mempengaruhi konduktivitas termal suatu material, semakin tinggi nilai *moisture* pada sebuah material maka semakin tinggi nilai konduktivitas termal material tersebut [6]. Dalam biomassa, kadar *moisture* yang tinggi menurunkan efisiensi energi selama konversi termal.

• Volatile

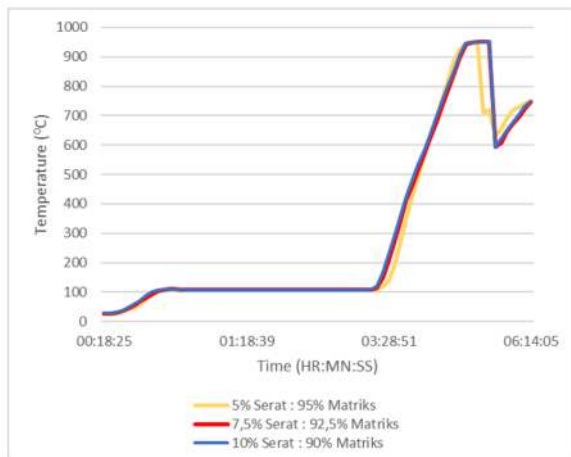


Gambar 3. Diagram Batang Volatile

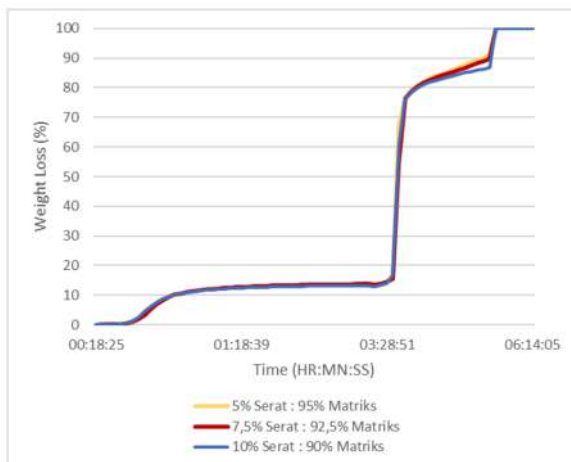
Zat volatil adalah senyawa yang mudah menguap atau terurai pada pemanasan. Dalam pengujian TGA, zat volatil mencakup komponen seperti senyawa organik ringan (misalnya, alkohol, eter), produk dekomposisi (seperti CO₂ atau senyawa volatil lainnya), komponen organik volatil yang ada dalam

material. Menurut Setyawan (2015), zat *volatile* didefinisikan sebagai senyawa yang dapat dengan mudah berubah menjadi gas atau uap pada suhu tinggi selama pemanasan, kandungan *volatile* yang signifikan menunjukkan potensi dekomposisi termal yang cepat, yang tidak menguntungkan untuk material yang memerlukan ketahanan panas tinggi.

• Hasil Kurva TG



Gambar 4. Kurva Rata-Rata Temperatur 5%, 7,5%, dan 10% Serat Daun Nanas



Gambar 5. Kurva Rata-Rata *weight loss* 5%, 7,5%, dan 10% Serat Daun Nanas

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat kurva rata-rata temperatur dan *weight loss* dari 3 fraksi volume. *weight loss* pada fraksi volume 5% serat stabil sebesar 13,8% pada suhu 118,5° C, dan kemudian mengalami peningkatan signifikan menjadi 67% pada suhu 266,5° C. Dan pada saat menyentuh suhu tertinggi yaitu sebesar 950° C, mengalami *weight loss* sebesar 89%. *weight loss* pada fraksi volume 7,5% serat stabil sebesar 14,3% pada suhu 209° C, dan kemudian mengalami peningkatan signifikan menjadi 54,2% pada suhu 340° C. Dan pada saat menyentuh suhu tertinggi yaitu sebesar 950° C, mengalami *weight loss* sebesar 88%. *weight loss* pada fraksi volume 10%

serat stabil sebesar 14% pada suhu 227,5° C, dan kemudian mengalami peningkatan signifikan menjadi 61% pada suhu 363° C. Dan pada saat menyentuh suhu tertinggi yaitu sebesar 950° C, mengalami *weight loss* sebesar 86%.

4.2. Pengujian Foto Mikro



Gambar 6. Foto Mikro Fraksi Volume 5% Serat Daun Nanas Pembesaran 30x



Gambar 7. Foto Mikro Fraksi Volume 7,5% Serat Daun Nanas Pembesaran 30x



Gambar 8 Foto Mikro Fraksi Volume 10% Serat Daun Nanas Pembesaran 30x

Ketiga gambar diatas adalah hasil foto mikro dari 3 variasi fraksi volume 5%, 7,5%, dan 10% serat daun nanas. Pada pengujian foto mikro ini bertujuan untuk melihat perbedaan kerapatan antara serat dan *void* dari ketiga variasi fraksi volume. *Void* adalah rongga atau pori-pori kecil yang terbentuk dalam material komposit akibat perangkap udara, penguapan resin, atau ketidaksempurnaan dalam proses manufaktur, sehingga *void* dapat mengurangi kekuatan mekanik dan ketahanan termal material komposit [7]. Hasil dari pengujian foto mikro diatas menunjukkan bahwa semakin besar fraksi volume serat daun nanas maka

menghasilkan distribusi serat yang lebih rapat. Pada fraksi volume 5% serat terlihat adanya rongga dan celah antara serat yang cukup signifikan, pada fraksi volume 7,5% serat terlihat bahwa serat sudah mulai rapat dan *void* lebih sedikit dibandingkan fraksi volume 5%, dan pada fraksi volume 10% distribusi serat terlihat paling padat dan *void* lebih sedikit dibandingkan dengan fraksi volume yang lebih kecil.

Kerapatan serat yang lebih tinggi ini berpengaruh pada peningkatan stabilitas termal komposit. Hal ini sejalan dengan penelitian Yudha Rozaki (2024), yang menyatakan bahwa komposit dengan komposisi serat yang lebih tinggi menunjukkan stabilitas termal yang lebih tinggi dengan suhu awal dekomposisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi serat yang lebih rendah. Peningkatan komposisi serat dalam material komposit akan berdampak pada naiknya persentase residu yang dihasilkan, yang menjadi indikator meningkatnya stabilitas terhadap suhu tinggi. Selain itu, penelitian Budiawan (2016) menunjukkan bahwa semakin besar kerapatan papan komposit, maka ikatan antar partikel akan semakin rapat. Hal ini menyebabkan volume rongga udara dalam struktur papan menjadi lebih sedikit, sehingga air atau uap air lebih sulit menembus atau mengisi rongga tersebut. Akibatnya, daya serap air papan komposit dan stabilitasnya semakin baik. Dengan demikian, peningkatan kerapatan serat dalam komposit tidak hanya meningkatkan interaksi antara serat dan matriks, tetapi juga mengurangi kemungkinan terbentuknya rongga yang dapat menjadi titik lemah saat terpapar suhu tinggi. Hal ini mengarah pada peningkatan stabilitas termal komposit secara keseluruhan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa variasi fraksi volume serat berpengaruh terhadap stabilitas termal *green composite* sari pati kentang berpenguat serat daun nanas.

Pada pengujian TGA menunjukkan bahwa spesimen dengan variasi fraksi volume 10% memiliki nilai *moisture*, *Volatile* dan *weight loss* 5% dan 10% yang lebih baik dibandingkan dengan variasi fraksi volume 5% dan 7,5%. Pada pengujian foto mikro, variasi fraksi volume 10% juga menunjukkan distribusi serat yang lebih padat serta *void* yang lebih sedikit dibandingkan variasi fraksi volume 5% dan 7,5%. Sehingga secara keseluruhan, fraksi volume 10% serat menunjukkan karakteristik terbaik dalam hal stabilitas termal dan struktur mikro. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa komposit dengan fraksi volume serat yang lebih tinggi cenderung lebih stabil secara termal dibandingkan dengan fraksi volume yang lebih rendah.

Daftar Pustaka

- [1] Oroh, Jonathan., & Dkk. (2013). "*Analisis Sifat Mekanis Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa*". 2-10.
- [2] Ayuk Niken H., (2013), "*Isolasi amilosa dan amilopektin dari pati kentang*", Jurnal Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Vol. 2 No. 3.
- [3] Indra Doraiswamy, P. Chellamani, (1993), "*Pineapple Leaf Fibres*", Vol. 24 No. 1, Textile Institute, Manchester.
- [4] Caroline Oktaviana Hutagalung, & Maulida. (2014). *Karakteristik Fourier Transform Infra Red Dan Kekuatan Bentur Komposit Poliester Tak Jenuh Berpengisi Abu Sekam Padi Putih*. Jurnal Teknik Kimia USU, 3(1), 23–26.
- [5] Hesty Eka Mayasari, Arum Yuniari, (2016), "*Karakteristik termogravimetri dan kinetika dekomposisi EPDM dengan bahan pengisi carbon black*", Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik, Vol. 32 No. 2, 125-134.
- [6] Monteiro, E. M. de C. (2022). *Pengaruh Jenis Matrik Terhadap Sifat Stabilitas Termal Material Insulasi Panas Dari Limbah Ampas Tebu*.
- [7] P.K. Mallick, (2008), *Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design*, CRC Press.
- [8] Hatami Rozaki Yudha, (2024), "*Analisis stabilitas termal dan kekuatan tarik komposit serat menggunakan unsaturated polyester resin berpenguat serat ampas tebu, serat daun nanas, dan serat pelepah pisang*", Jurnal Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Padang, Vol. 4 No. 3.
- [9] Muhammad Agus Budiawan, (2016), "*Uji karakteristik fisis dan kuat tekan papan komposit limbah serbuk gergaji kayu jati putih dan serat pelepah pisang*", 45 Skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar.
- [10] Kimi Obelix Castafiore, (2024), "*Pengaruh Fraksi Volume pada Green Composite Serat Bambu dengan Matriks Sari Pati Kentang Terhadap Stabilitas Termal Melalui Uji TGA*", Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali, Vol. 13 No. 2, 161-167.

	Nicholas Andrew Indarto Putra menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana
Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan Rekayasa Manufaktur.	