https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i3.335

IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)

Vol. 4, No. 3, 2025, pp. 120-130, e-ISSN: 2962-4290

Available online http://e-journals.irapublishing.com/index.php/IRAJTMA/

Scientific Articles

Sifat Mekanik dan Biodegradabilitas Biokomposit Berbasis Polyvinyl Alcohol dan Pati Kentang dengan Pennisi Serbuk Kulit Lemon

Mechanical Properties and Biodegradability of Polyvinyl Alcohol and Potato Starch-Based Biocomposites with Lemon Peel Powder Filler

Revvan Rifada Pradiza[1*], Firnanda Risky Ramadhana[2], Muhammad Yusuf[2], Mochamad Asrofi[2], Yayang Permadi[1], Dwi Heru Siswantoro[1], Deny Tomy Andrianto[1], Alfi Hasan[1]

[1]Program Studi Teknologi Mesin, Politeknik Internasional Tamansiswa Mojokerto, Mojokerto 61311, Indonesia

[2]Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember 68121, Indonesia

**Corresponding author*: revanrifada1@gmail.com

Diterima: 08-10-2025 **Disetujui: 22-11-2025** **Dipublikasikan: 28-12-2025**

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk mengkaji sifat mekanik, morfologi permukaan, dan biodegradabilitas biokomposit polyvinyl alcohol dan pati kentang dengan pengisi serbuk kulit lemon. Biokomposit tersebut diproduksi menggunakan metode solution casting dengan pengisi serbuk kulit lemonsebesar 1%, 2%, 3%. Pengujian sifat mekanik untuk mengetahui kekuatan tarik menggunakan standarisasi ASTM D882. Penambahan serbuk kulit lemon meningkatkan kekuatan tarik seiring bertambahnya kandungan persentasenya. Kekuatan tarik tertinggi yang didapatkan adalah 4,82 MPa pada biokomposit polyvinyl alcohol dan pati kentang yang ditambahkan 3% serbuk kulit lemon. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk kulit lemon secara efektif meningkatkan ikatan dengan matriks dan menghasilkan ikatan antarmuka yang lebih kuat. Namun, fleksibilitas biokomposit menurun seiring dengan peningkatan kandungan serbuk kulit lemon, seperti yang ditunjukkan oleh penurunan elongasi. Selain itu, biodegradasi biokomposit menunjukkan bahwa biokomposit dengan kandungan serbuk kulit lemon tertinggi (3%) menunjukkan laju biodegradasi tercepat, dengan tingkat degradasi 65,22% setelah 15 hari pengujian. Hasil ini menunjukkan bahwa adanya serbuk kulit lemon meningkatkan sifat mekanik biokomposit tanpa mengurangi biodegradabilitas. Temuan ini menunjukkan bahwa biokomposit dari polyvinyl alcohol dan pati kentang dengan serbuk kulit lemon adalah alternatif plastik berkelanjutan yang menjanjikan, menggabungkan kekuatan, fleksibilitas, dan kemampuan terurai.

Kata Kunci: *Polyvinyl Alcohol (*PVA*),* Pati Kentang, Kulit Lemon, Sifat Mekanik*, Biodegradabilitas.*

Abstract

This study aims to examine the mechanical properties, surface morphology, and biodegradability of polyvinyl alcohol-potato starch biocomposites with lemon peel powder as a filler. The biocomposites were produced by solution casting with 1%, 2%, and 3% fillers of lemon peel powder. Mechanical properties were tested to determine tensile strength in accordance with ASTM D882. The addition of lemon peel powder increased tensile strength as the percentage content increased. The highest tensile strength was 4.82 MPa in polyvinyl alcohol-potato starch biocomposites containing 3% lemon peel powder. This indicates that lemon peel powder effectively improves bonding with the matrix and produces stronger interfacial bonds. However, the flexibility of the biocomposites decreased with increasing lemon peel powder content, as indicated by a decrease in elongation. Furthermore, the biodegradation of the biocomposites showed that the biocomposite with the highest lemon peel powder content (3%) exhibited the fastest degradation rate, reaching 65.22% after 15 days of testing. These results indicate that the presence of lemon peel powder improves the mechanical properties of the biocomposite without reducing its biodegradability. These findings indicate that biocomposites made from polyvinyl alcohol and potato starch with lemon peel powder are a promising sustainable plastic alternative, combining strength, flexibility, and degradability.

Keywords: *Polyvinyl Alcohol (PVA), Potato Starch, Lemon Peel, Mechanical Properties, Biodegradability.*

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, biokomposit telah memperoleh perhatian sebagai alternatif yang prospektif bagi bahan komposit konvensional berkat keuntungan lingkungan dan ketersediaannya (Al Rasyid et al. 2022). Penggunaan biokomposit telah meluas ke berbagai bidang, termasuk produk rumah tangga, komponen otomotif seperti pelapis rem dan dashboard, serta kemasan makanan (Asyraf et al. 2022). Biokomposit merupakan material padat yang terbentuk dengan menggabungkan dua atau lebih komponen yang disebut matriks dan reinforcement dengan masing-masing mempertahankan karakteristik khasnya (Lubis et al. 2022). Matriks yang paling banyak digunakan dalam produksi biokomposit adalah bahan alami seperti *Polyvinyl Alcohol* (PVA), *Polylactic Acid* (PLA), Chitosan, dan pati alami (Rangappa et al. 2020). Di antara matriks yang memiliki biokompatibilitas dan biodegradabilitas baik, Polyvinyl Alcohol (PVA) merupakan pilihan yang memiliki keunggulan tersebut (Asrofi et al. 2025).

Polyvinyl Alcohol (PVA) adalah jenis polimer yang digunakan sebagai matriks untuk biokomposit dan memiliki potensi untuk digunakan dalam produksi biokomposit plastik berkat sifat biodegradabilitas dan kelarutannya dalam air (Pradiza et al. 2025). Selain itu, PVA memiliki beberapa karakteristik lain seperti kemampuan membentuk film, ketahanan yang tinggi terhadap minyak dan pelarut, serta sifat penghalang gas (Liu et al. 2022). Karena sifat biodegradabilitasnya dan kemampuannya untuk larut dalam air, polimer jenis ini menjadi subjek penelitian yang luas. Namun, PVA memiliki kelemahan pada harga pembeliannya yang relatif mahal dan waktu dekomposisinya di lingkungan yang cukup lama (Delavari and Stiharu 2022). Oleh karena itu, perlu dicari bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan, lebih terjangkau, dan berasal dari sumber terbarukan. Kelemahan lainnya adalah kemampuan PVA dalam menyerap kelembaban yang tinggi yang disebabkan oleh jumlah kelompok OH yang besar dalam struktur molekulnya (Liu et al. 2022). Untuk mengatasi masalah ini, pencampuran PVA dengan pati alami telah terbukti menjadi solusi untuk mengurangi biaya produksi (Asrofi et al. 2019). Sumber pati yang paling banyak digunakan secara komersial untuk bioplastik meliputi jagung, beras, singkong, kentang, dan kacang polong (Jayarathna et al. 2022). Salah satu jenis pati yang dapat digunakan sebagai campuran dari PVA adalah pati kentang. Jika dibandingkan dengan pati lainnya, pati kentang memiliki tingkat biodegradabilitas yang sangat baik, sehingga cocok untuk digunakan dalam komposit yang ramah lingkungan (Tabassum et al. 2024). Biokomposit yang menggunakan pati kentang memiliki tingkat biodegradasi yang lebih baik dibandingkan pati singkong dan jagung (Bharat and Datta 2024).

Penelitian mengenai penggabungan PVA dengan pati telah dilakukan sebelumnya. Penambahan pati ke dalam PVA cenderung menurunkan sifat mekanik material, penurunan kekuatan tarik tercatat sekitar 20-40% ketika kadar pati lebih dari 30% (Patil et al. 2021). Penurunan ini disebabkan oleh kemampuan pati yang lebih rendah untuk membentuk ikatan silang yang kuat dengan PVA. Selain itu, karena pati bersifat hidrofilik, penambahannya dapat mengurangi kekuatan mekanik film PVA. Untuk mengatasi hal ini, penambahan serat alami dapat menjadi solusi (Bourakadi et al. 2019). Serat alam mengandung selulosa yang dapat memperbaiki sifat mekanik dari biokomposit PVA dan pati (Asrofi et al. 2024). Salah satu serat alami yang potensial karena kandungan selulosanya adalah kulit lemon. Lemon (citrus limon) merupakan salah satu buah yang sering digunakan sebagai minuman jus dan obat. Setelah dimanfaatkan sebagai jus dan obat, tentunya ada residu atau limbah berupa kulit yang dibuang. Residu berupa kulit dari lemon ini sangat berpotensi dan berguna sebagai serat pengisi biokomposit. Residu buah lemon setelah dikonsumsi oleh masyarakat sekitar 70% dari berat buah dalam industri pengolahan sari buah lemon akan terbuang, bagian yang terbuang meliputi kulit, biji, pulp dan air lemon yang tersisa (Kesuma et al. 2018). Kulit lemon mengandung 21,2% selulosa, 1,6% hemiselulosa, 0,4% lignin, 5,1% protein, dan 31% pektin (Zhang et al. 2020). Kandungan selulosa

yang tinggi dapat bertambah jika dilakukan perlakuan kimia, seperti alkalisasi (Rifada Pradiza et al. 2025) . Hal ini dibuktikan oleh penelitian sebelumnya yang mencampurkan Polyvinyl Alcohol (PVA) dengan Chitosan yang mengalami peningkatan kekuatan tarik hingga 183 % setelah penambahan 5% kulit lemon (Fakraoui et al. 2024). Fenomena ini menunjukkan bahwa kulit lemon telah terbukti meningkatkan sifat mekanik dari biokomposit PVA, sehingga memunculkan peluang untuk memperbaiki sifat mekanik dari PVA dan pati tanpa mengurangi biodegradabilitas.

Berdasarkan pembahasan di atas, penelitian ini mengombinasikan serbuk kulit lemon sebagai pengisi pada matriks PVA dan pati kentang. Karena kandungan selulosa yang dimiliki kulit lemon, potensi peningkatan kekuatan tarik tanpa mengurangi nilai biodegradabilitas menjadi peluang. Hal ini menjadi potensi yang baik dengan memanfaatkan limbah serat alam sebagai penguat dalam biokomposit. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari sifat mekanik PVA dan Pati kentang yang ditambahkan dengan serbuk kulit lemon sebagai pengisi dari biokomposit. Hasil penelitian biokomposit ini diharapkan dapat mewakili penemuan biokomposit ramah lingkungan yang dapat menjadi alternatif pilihan pengganti kemasan plastik sintetis di pasaran.

2. Metode

2.1. Bahan

PVA dengan tipe BP-26 yang berperan sebagai matriks memiliki derajat hidrolisis 87,58% dan densitas 1,19 g/cm³. Pati Kentang disediakan oleh Laboratorium Uji Material, Departemen Teknik Mesin, Universitas Jember, Indonesia. Kulit Lemon (*Citrus Limon*) diperoleh dari pabrik herbal lokal di Mojokerto, Indonesia. Sedangkan bahan kimia lainnya, seperti Natrium Hidroksida (NaOH), didapatkan dari pasar kimia regional, UD. Aneka Kimia yang terletak di Jember, Indonesia.

2.2. Pembuatan Serbuk Kulit Lemon

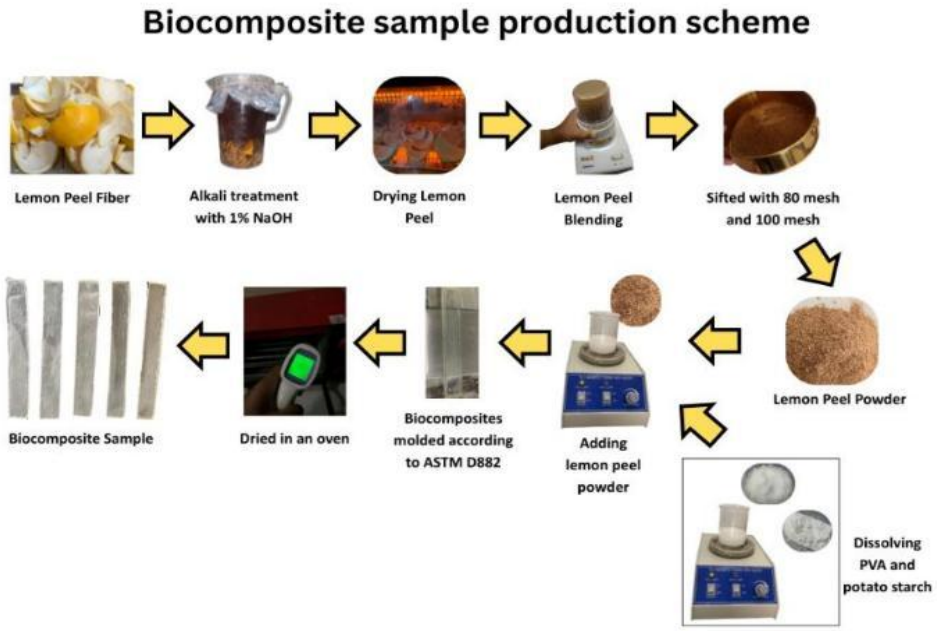
Kulit lemon dikeringkan hingga berat konstan dalam oven pada suhu 90℃ selama 12 jam. Kulit lemon diolah dengan diberi perlakukan alkalisasi selama 24 jam menggunakan larutan NaOH 1%. Serat dikeringkan lagi hingga berat konstan. Penghalusan serat dilakukan dengan blender. Serbuk kulit lemon yang sudah halus disaring menggunakan saringan besi 80 mesh, dan dilanjutkan dengan saringan 100 mesh. Serbuk yang dipakai adalah serbuk yang tidak lolos 100 mesh agar mempertahankan keseragaman ukuran partikel dari serbuk kulit lemon.

2.3. Pembuatan Sampel Biokomposit

PVA dan pati kentang dicampur sesuai dengan komposisi yang tersaji pada Tabel 1. Kemudian dilarutkan dalam air dengan pengaduk berupa Hot Plate Magnetic Stirrer, dan dipanaskan hingga 90℃ dalam waktu 60 menit untuk membentuk gelatin. Serbuk kulit lemon dimasukkan sesuai dengan komposisi yang terdapat pada Tabel 1. Setelah serbuk kulit lemon ditambahkan ke campuran, dilakukan pengadukan selama 40 menit. Kemudian, campuran tersebut dituang ke dalam cetakan kaca dan dikeringkan dalam oven pada suhu 40℃ selama 24 jam. Akhirnya, film yang dikeringkan dipotong sesuai dengan standar ASTM D882 berdasarkan penelitian sebelumnya (Asrofi et al. 2024). Skema pembuatan sampel tersaji pada Gambar 1.

Tabel 1. Komposisi Biokomposit

Sampel Biokomposit	*Polyvinyl Alcohol (%)*	Pati Kentang (%)	Serbuk Kulit Lemon (%)
PVA	100	0	0
PVA/PK	80	20	0
PVA/PK/1SKL	80	19	1
PVA/PK/2SKL	80	18	2
PVA/PK/3SKL	80	17	3



Gambar 1. Skema Pembuatan Biokomposit

2.4. Uji Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari biokomposit PVA/pati kentang dengan serbuk kulit lemon sebagai pengisi. Hasil yang tersaji adalah kekuatan tarik dan nilai elongasi sampel saat putus. Setiap variasi dilakukan replikasi sebanyak 3 kali untuk mendapatkan nilai rata-rata dengan memperhatikan deviasi. Pengujian dilakukan menggunakan alat *HT2402 Computer Universal Testing Machine* berkapasitas 5 kN. Kecepatan penarikan yang digunakan adalah 10 mm/min dengan temperatur ruangan (Asrofi et al. 2025).

2.5. Observasi Morfologi dengan Optical Microscope

Morfologi yang diamati adalah patahan setelah uji tarik dari biokomposit dengan hasil kekuatan tarik tertinggi dan terendah. Fenomena tersebut diamati menggunakan *Olympus BX 53 Optical Microscope*. Tujuan pengamatan ini adalah untuk mengetahui ikatan antarmuka dan dispersi serat dalam matriks pada variasi dengan kekuatan tarik tertinggi dan terendah.

2.6. Uji Biodegradasi

Pengujian biodegradasi dilakukan untuk menentukan laju dekomposisi biokomposit PVA/pati kentang dengan pengisi serbuk kulit lemon. Uji ini menggunakan standar ASTM D6003-96, seperti penelitian sebelumnya mengenai biodegradabilitas biokomposit plastik (Lee et al. 2025). Sebelum perhitungan, sampel dikubur dalam tanah humus selama 0, 5, 10, dan 15 hari. Spesifikasi tanah yang digunakan mengandung 25% nitrogen, 7% fosfor, 9% kalium, 3,7% besi, 55,3% nutrisi lain, dan pH tanah 6, sesuai dengan studi sebelumnya (Asrofi et al. 2024).

3. Hasil dan Pembahasan

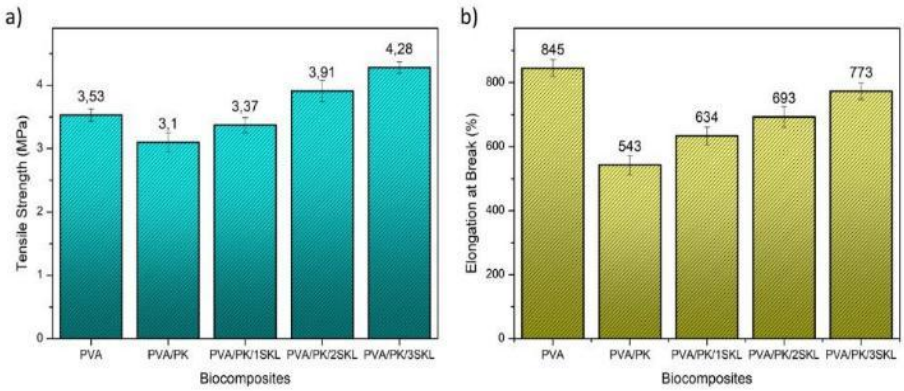
3.1. Sifat Mekanik

Sifat mekanik pada penelitian ini dideksripsikan melalui kekuatan tarik dan *elongation at break* (perpanjangan saat putus). Pada pengujian tarik, penambahan serat diharapkan dapat meningkatkan kuat tarik hasil penelitian. Kekuatan tarik pada penelitian ini tersaji pada Gambar 2. Pada Gambar 2a, Kekuatan tarik PVA menurun ketika ditambahkan pati. Peristiwa ini terjadi karena ikatan antarmuka yang buruk antara PVA dan pati. Selain itu, Penurunan ini disebabkan oleh kemampuan pati yang lebih rendah untuk membentuk ikatan silang yang kuat dengan PVA

(Patil et al. 2021). Fenomena tersebut diperkuat oleh penelitian serupa yang mengalami penurunan kekuatan tarik dari PVA murni hingga 69% setelah ditambahkan pati dikarenakan pati memiliki mobilitas molekul yang tinggi atau bersifat amorf (Mittal et al. 2020). Hal ini dibuktikan dengan hasil observasi mikro yang menunjukkan ketidaksempurnaan ikatan antara PVA dan pati kentang.

Nilai kekuatan tarik dari biokomposit meningkat seiring dengan bertambahnya persentase pengisi kulit lemon. Fenomena ini terjadi karena adanya adhesi yang baik pada antarmuka dari matriks dan serat (Kumar and Bhowmik 2023). Kekuatan tarik tertinggi ditunjukkan pada variasi dengan penambahan 3% kulit lemon sebesar 4,28 MPa. Fenomena serupa juga ditemukan pada penambahan ampas kopi pada matriks PVA dan pati kentang, dimana mengalami peningkatan kekuatan tarik dari 7,08 MPa menjadi 9,42 MPa (Asrofi et al. 2024). Setelah penambahan serat ke dalam PVA dan pati, rantai polimer menjadi kurang bergerak karena meningkatnya jumlah hidrogen kuat ikatan yang dihasilkan dari fraksi yang lebih tinggi dari serat terdispersi dalam matriks (Abral et al. 2019). Karena faktor tersebut, penambahan serat alam meningkatkan sifat mekanik dari film biokomposit (Mahardika et al. 2021). Hal ini didukung hasil observasi struktur mikro, terdapat ikatan atau adhesi yang baik antara matriks dan serat.

Fenomena lain ditunjukkan pada nilai *elongation at break* atau perpanjangan putus. Berdasarkan Gambar 2b, nilai *elongation at break* tertinggi ditemukan pada variasi PVA murni. Temuan ini sejalan dengan penelitian Asrofi (2024) yang menunjukkan bahwa PVA tanpa tambahan pati dan pengisi memiliki nilai *elongation at break* tertinggi (Asrofi et al. 2024). Namun, penurunan nilai elongasi yang signifikan terjadi saat pati dan serat ditambahkan. Nilai elongasi terus berkurang seiring dengan meningkatnya rasio lignin terhadap PVA karena rendahnya keuletan larutan lignin (Wang et al. 2024). Hal ini menyebabkan penambahan serat tidak memberikan peningkatan signifikan pada kekuatan elongasi. Penurunan elongasi ini juga didukung oleh penelitian lain yang menggunakan cellulose nanofiber sebagai pengisi PVA, di mana kurva elongasi menurun hingga 266% (Wang et al. 2022). Fenomena ini terjadi karena kurangnya ikatan hidrogen yang kuat yang menghambat pergerakan rantai polimer dan mengurangi kemampuan pemanjangan (Fu et al. 2022).

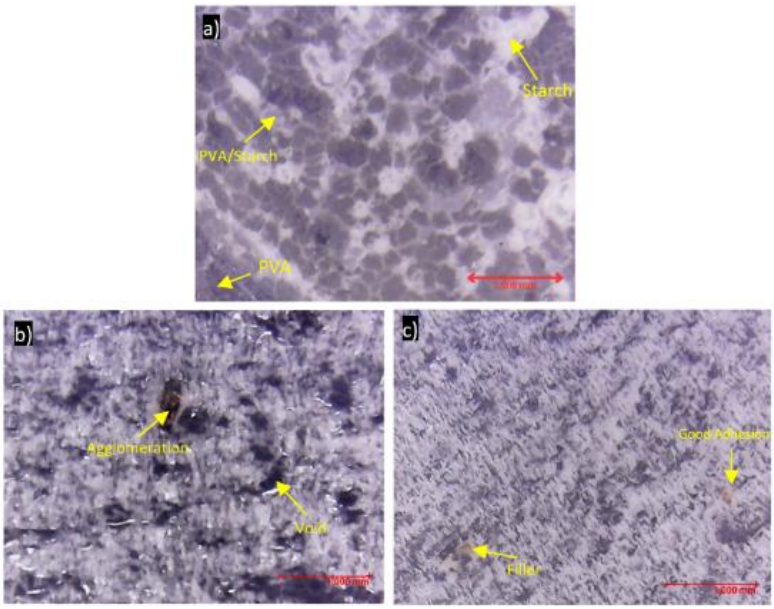


Gambar 2. Sifat Mekanik Biokomposit Polyvinyl Alcohol dan Pati Kentang dengan Pengisi Serbuk Kulit Lemon: a) Kekuatan Tarik, b) Elongation at Break (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.2. Morfologi Biokomposit

Observasi morfologi menggunakan *optical microscope* dilakukan untuk menunjukkan kondisi ikatan matriks dan serat. Terdispersi secara merata atau tidak, atau terjadi aglomerasi dan penggumpalan pada serat. Pada pengamatan ini, variasi yang dipilih adalah kekuatan tarik terendah yang didapatkan oleh PVA ditambahkan pati kentang, variasi dengan penambahan serbuk kulit lemon terendah yaitu 1% serbuk kulit lemon, dan variasi tertinggi yaitu penambahan

3% serbuk kulit lemon. Gambar 3a merupakan morfologi permukaan dari PVA dan Pati kentang. Sebaran dari pati ditunjukkan pada warna putih dan memiliki bentuk seperti granula (Satyanarayana and Prasad 2016). PVA dan pati terlihat tidak dapat berikatan secara baik. Hal ini dibuktikan dengan kekuatan tarik terendah yang dihasilkan. Fenomena ini sesuai dengan penelitian sebelumnya dimana kompabilitas yang buruk antara PVA dan pati mengakibatkan fenomena tersebut terjadi (Ali et al. 2022). Gambar 3b, menunjukkan struktur mikro dari biokomposit PVA dan Pati kentang dengan penambahan 1% serbuk kulit lemon. Morfologi yang didapatkan yaitu terjadi penumpukan serat atau aglomerasi. Aglomerasi merupakan peristiwa terjadinya penumpukan partikel-partikel yang menyebabkan gaya yang terdistribusi antara matriks dan serat menjadi tidak sempurna, sehingga akan menimbulkan penurunan nilai kekuatan tarik (Rahim Labbafzadeh and Vakili 2022). Fenomena ini disebabkan oleh pencampuran yang tidak sempurna saat pembuatan larutan biokomposit, serta perlakuan pada saat pencetakan sampel (Rahman Khan et al. 2024). Selain itu, pada permukaan sampel terdapat porositas atau ruang kosong *(void)* pada sampel biokomposit. *Void* atau ruang kosong yang bisa disebut porositas terjadi karena distribusi pengisi tidak seragam (Pradiza et al. 2025). Hal ini menyebabkan pengaruh pada rendahnya kekuatan tarik. Fenomena lain ditunjukkan pada morfologi biokomposit PVA dan Pati kentang dengan penambahan 3% serbuk kulit lemon yang tersaji pada Gambar 3c. Sebaran serbuk kulit lemon yang mulai terlihat. Sebaran serat yang baik menghasilkan kompatibilitas dan ikatan yang baik pada biokomposit (Mahardika et al. 2024). Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya ikatan yang baik pada morfologinya dan menghasilkan struktur yang kompak. Struktur yang kompak dapat terjadi karena adanya dispersi serat yang baik tanpa adanya penumpukan serat sehingga menyebabkan meningkatnya kekuatan tarik sampel (Asrofi et al. 2025). Fenomena ini diperkuat dengan hasil pengujian tarik pada penelitian ini yang menunjukkan kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi ini.



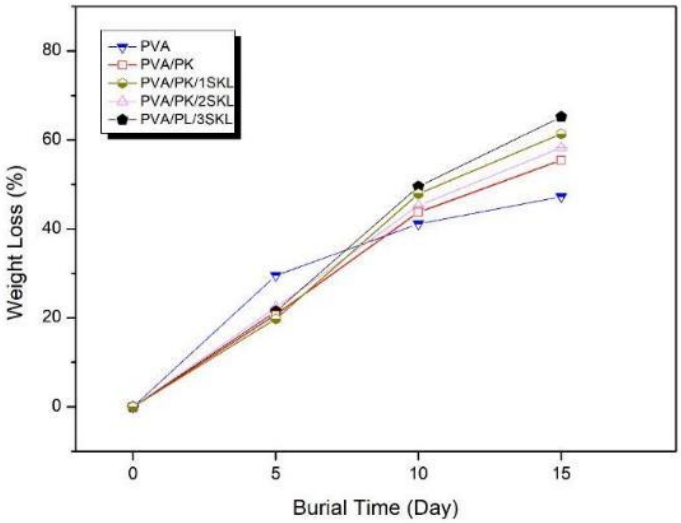
Gambar 3. Hasil Observasi Morfologi Permukaan Biokomposit: a) PVA/PK, b) PVA/PK/1SKL, c) PVA/PK/3SKL (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.3. Biodegradabilitas Biokomposit

Pengujian biodegradasi dilakukan dengan melakukan penimbangan pada setiap 5 hari dan dihitung persen kehilangan beratnya. Pada Gambar 4. ditampilkan hasil uji biodegradasi biokomposit PVA dan pati kentang dengan serbuk kulit lemon sebagai pengisi. Berdasarkan hasil uji, laju kehilangan berat meningkat seiring dengan peningkatan kandungan pengisi serbuk kulit lemon. Tingkat biodegradasi tertinggi ditemukan pada penambahan 3% pengisi kulit lemon, yaitu

65,22% (tersaji pada Tabel 2). Hasil ini serupa dengan studi sebelumnya, di mana komposisi ampas kopi dengan kandungan pengisi tertinggi memiliki laju biodegradasi terbaik dengan nilai terdegradasi sebesar 39% (Asrofi et al. 2024). Hasil penelitian lain yang menggunakan serat kelapa juga menunjukkan bahwa penambahan pengisi atau serat yang lebih tinggi pada campuran PVA dan pati menghasilkan biodegradabilitas yang lebih baik dengan nilai terdegradasi sebesar 75% (Mohammed et al. 2023).

Hal yang mempengaruhi peningkatan biodegradasi dapat disebabkan oleh efek suhu yang dialami selama proses biodegradasi dan interaksi serat alami dengan mikroorganisme yang terdapat pada tanah (Yao et al. 2024). Kadar pengisi yang tinggi meningkatkan kepekaannya terhadap serangan mikrobakteri (Pandit and Kumar 2021). Ketika terpapar oleh lingkungan lembab, mikroorganisme seperti jamur dan bakteri mempengaruhi film biokomposit (Akhrib et al. 2024). Karakteristik hidrofilik dari PVA dapat menyerap air dalam tanah, sehingga meningkatkan penurunan massa setelah terkubur (Cao et al. 2024). Peran serat alami yang diperlakukan secara kimia mampu untuk mempercepat proses biodegradasi (Khalid et al. 2021). Hal ini menunjukkan bahwa polivinil alkohol dan pati kentang dapat dikombinasikan dengan pengisi serbuk kulit lemon untuk meningkatkan kemampuannya dalam biodegradasi.



Gambar 4. Biodegradabilitas Biokomposit PVA dan Pati kentang dengan pengisi serbuk kulit lemon(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Tabel 2. Laju biodegradasi (%) berdasarkan persentase kehilangan berat PVA dan pati kentang dengan pengisi serbuk kulit lemon

Sample Code	Burial Time (Days)			
	0	5	10	15
PVA	0	29.54	41.16	47.25
PVA/PK	0	20.75	43.79	55.45
PVA/PK/1SKL	0	22.34	45.25	58.29
PVA/PK/2SKL	0	19.76	47.92	61.37
PVA/PK/3SKL	0	21.48	49.52	65.22

4. Kesimpulan

Biokomposit dari *Polyvinyl Alcohol* (PVA) dan pati kentang dengan pengisi serbuk kulit lemon telah diproduksi menggunakan metode *solution casting*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kulit lemon dapat meningkatkan kekuatan tarik film biokomposit

PVA dan pati kentang. Serbuk kulit lemon meningkatkan ikatan antara matriks dan serat, seperti yang terlihat dari morfologi permukaan yang di observasi menggunakan optical microscope. Fenomena ini meningkatkan kekuatan tarik biokomposit dan menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada film PVA. Selain itu, laju biodegradasi mengalami peningkatan ketika serbuk kulit lemon meningkat persentasenya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kulit lemon pada matriks PVA dan pati kentang dapat meningkatkan sifat mekanik tanpa mengurangi nilai biodegradabilitas dari biokomposit. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah kulit lemon dapat digunakan kembali menjadi penguat dari biokomposit yang menghasilkan produk plastik ramah lingkungan. Penelitian ini dapat dilakukan lebih lanjut, khususnya kajian pada ketahanan termal dan observasi morfologi mendalam menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UPPM Politeknik Internasional Tamansiswa Mojokerto dan Laboratorium Uji Material, Fakultas Teknik, Universitas Jember atas dukungan dan fasilitas tempat untuk melaksanakan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Abral, Hairul, Angga Hartono, Fadli Hafizulhaq, Dian Handayani, Eni Sugiarti, and Obert Pradipta. 2019. “Characterization of PVA/Cassava Starch Biocomposites Fabricated with and without Sonication Using Bacterial Cellulose Fiber Loadings.” *Carbohydrate Polymers* 206: 593–601. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.11.054.

Akhrib, Sofiane, Souad Djellali, Nacereddine Haddaoui, Davud Karimian, and Mauro Carraro. 2024. “Biocomposites and Poly(Lactic Acid) in Active Packaging: A Review of Current Research and Future Directions.” *Polymers* 17 (1): 3. https://doi.org/10.3390/polym17010003.

Al Rasyid, Mahmudin, Achmad Jusuf Zulfikar, and Iswandi Iswandi. 2022. “Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute Berdasarkan Pola Kerusakan Kolom Silinder Metode Split Tensile Test.” *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (2): 27–34. https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.15.

Ali, Maimunah Asem Shehadeh Saleh, Dzun Noraini Jimat, Wan Mohd Fazli Wan Nawawi, and Sarina Sulaiman. 2022. “Antibacterial, Mechanical and Thermal Properties of PVA/Starch Composite Film Reinforced with Cellulose Nanofiber of Sugarcane Bagasse.” *Arabian Journal for Science and Engineering* 47 (5): 5747–54. https://doi.org/10.1007/s13369-021-05336-w.

Asrofi, Mochamad, Hilmy Dzaki Arisandi, Revvan Rifada Pradiza, et al. 2024. “Mechanical Properties of Biocomposite Films Based Polyvinyl Alcohol/Potato Starch Filled by Coffee Ground Waste.” *International Journal of Agriculture and Biosciences* 13 (3): 525–30. https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2024.156.

Asrofi, Mochamad, Nur Achmad Asyari, Revvan Rifada Pradiza, et al. 2025. “Enhancing Mechanical and Thermal Properties of PVA-Abaca Fiber Biocomposites via Ultrasonic Vibration Bath Treatment.” *Results in Engineering* 25: 103935. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.103935.

Asrofi, Mochamad, Dedi Dwilaksana, Hairul Abral, And Rahmat Fajrul. 2019. “Tensile, Thermal and Moisture Absorption Properties of Polyvinyl Alcohol (PVA) / Bengkuang (Pachyrhizus Erosus) Starch Blend Films.” *Material Science Research India* 16 (1): 70–75. https://doi.org/10.13005/msri/160110.

Asyraf, M R M, R A Ilyas, S M Sapuan, et al. 2022. “Advanced Composite in Aerospace Applications: Opportunities, Challenges, and Future Perspective.” In *Advanced Composites in Aerospace*

Engineering Applications, edited by Norkhairunnisa Mazlan, S M Sapuan, and R A Ilyas. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88192-4_24.

Bharat, Nithesh, and Pulak Datta. 2024. "Evolution and Sustainability of Green Waste Valorization for the Development of Starch-Based Films: A Narrative Review." *Biomass Conversion and Biorefinery*, ahead of print, December 7. https://doi.org/10.1007/s13399-024-06359-7.

Bourakadi, Khadija El, Nawal Merghoub, Meriem Fardioui, et al. 2019. "Chitosan/Polyvinyl Alcohol/Thiabendazoluim-Montmorillonite Bio-Nanocomposite Films: Mechanical, Morphological and Antimicrobial Properties." *Composites Part B: Engineering* 172: 103–10. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.05.042.

Cao, Chunyan, Minkun Cai, Lingyu Zhao, and Gang Li. 2024. "Improving Water Stability of Soil Aggregates with Polyvinyl Alcohol as a Polymeric Binder." *Polymers* 16 (13): 1758. https://doi.org/10.3390/polym16131758.

Delavari, Mohammad Mohsen, and Ion Stiharu. 2022. "Preparation and Characterization of Eco-Friendly Transparent Antibacterial Starch/Polyvinyl Alcohol Materials for Use as Wound-Dressing." *Micromachines* 13 (6). https://doi.org/10.3390/mi13060960.

Fakraoui, Oumaima, Leonard Ionut Atanase, Slim Salhi, Isabelle Royaud, Mourad Arous, and Zoubir Ayadi. 2024. "Investigation of Lemon Peel Extract as a Natural Additive in Polyvinyl Alcohol/Chitosan Blend for Advanced Bioactive Food Packaging." *Journal of Polymer Science*, ahead of print, July 4. https://doi.org/10.1002/pol.20240268.

Fu, Zhen-zhen, Sheng-jie Guo, Chen-xi Li, Ke Wang, Qin Zhang, and Qiang Fu. 2022. "Hydrogen-Bond-Dominated Mechanical Stretchability in PVA Films: From Phenomenological to Numerical Insights." *Physical Chemistry Chemical Physics* 24 (3): 1885–95. https://doi.org/10.1039/D1CP03893A.

Jayarathna, Shishanthi, Mariette Andersson, and Roger Andersson. 2022. "Recent Advances in Starch-Based Blends and Composites for Bioplastics Applications." *Polymers* 14 (21): 4557. https://doi.org/10.3390/polym14214557.

Kesuma, Ni Kadek Yuli, I Wayan Rai Widarta, and I Dewa Gede Mayun Permana. 2018. "Pengaruh Jenis Asam Dan Ph Pelarut Terhadap Karakteristik Pektin Dari Kulit Lemon (Citrus Limon)." *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)* 7 (4): 192. https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i04.p06.

Khalid, Muhammad Yasir, Ramsha Imran, Zia Ullah Arif, et al. 2021. "Developments in Chemical Treatments, Manufacturing Techniques and Potential Applications of Natural-Fibers-Based Biodegradable Composites." *Coatings* 11 (3): 293. https://doi.org/10.3390/coatings11030293.

Kumar, Santosh, and Sumit Bhowmik. 2023. "Extraction of Bio-Fillers from Natural Solid Wastes (Citrus Limetta Peel) and Characterization of the Physical, Mechanical, and Tribological Performance of Sustainable Biocomposites." *Journal of Material Cycles and Waste Management* 25 (6): 3508–21. https://doi.org/10.1007/s10163-023-01773-x.

Lee, WooSeok, JaeHyeon Kim, and Tai Gyu Lee. 2025. "Certifications and Testing Methods for Biodegradable Plastics." *Reviews in Chemical Engineering* 41 (2): 125–46. https://doi.org/10.1515/revce-2024-0061.

Liu, Baodong, Jianhua Zhang, and Hongge Guo. 2022. "Research Progress of Polyvinyl Alcohol Water-Resistant Film Materials." *Membranes* 12 (3). https://doi.org/10.3390/membranes12030347.

Lubis, Pramdya A.T., Achmad Jusuf Zulfikar, and Iswandi Iswandi. 2022. "Analisis Kekuatan Tarik Belah Komposit Laminat Jute Sebagai Penguat Beton Kolom Silinder Berdasarkan Metode Penyerapan Energi Bahan." *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (2): 55–64. https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.21.

Mahardika, Melbi, Mochamad Asrofi, Devita Amelia, Edi Syafri, Sanjay Mavinkere Rangappa, and Suchart Siengchin. 2021. "Tensile Strength and Moisture Resistance Properties of Biocomposite Films Based on Polyvinyl Alcohol (PVA) with Cellulose as Reinforcement from Durian Peel Fibers." *E3S Web Conf.* 302. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130202001.

Mahardika, Melbi, Nanang Masruchin, Devita Amelia, et al. 2024. "Nanocellulose Reinforced Polyvinyl Alcohol-Based Bio-Nanocomposite Films: Improved Mechanical, UV-Light Barrier, and Thermal Properties." *RSC Advances* 14 (32): 23232–39. https://doi.org/10.1039/D4RA04205K.

Mittal, Aanchal, Sangeeta Garg, and Shailendra Bajpai. 2020. "Thermal Decomposition Kinetics and Properties of Grafted Barley Husk Reinforced PVA/Starch Composite Films for Packaging Applications." *Carbohydrate Polymers* 240: 116225. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116225.

Mohammed, Abdulrahman A B A, Zaimah Hasan, Abdoulhdi A Borhana Omran, et al. 2023. "Effect of Sugar Palm Fibers on the Properties of Blended Wheat Starch/Polyvinyl Alcohol (PVA) - Based Biocomposite Films." *Journal of Materials Research and Technology* 24: 1043–55. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.02.027

Maulana, M. R., Fauji S, A. ., Iswandi, I., & Umroh, B. . (2025). Design of a Polymer Composite Shredding Machine for Fuel Cell Component Applications. IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA), 4(2), 238–244. https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i2.285

Pandit, Abhay, and Rakesh Kumar. 2021. "A Review on Production, Characterization and Application of Bacterial Cellulose and Its Biocomposites." *Journal of Polymers and the Environment* 29 (9): 2738–55. https://doi.org/10.1007/s10924-021-02079-5.

Patil, Sharmila, Ashok Kumar Bharimalla, Archana Mahapatra, et al. 2021. "Effect of Polymer Blending on Mechanical and Barrier Properties of Starch-Polyvinyl Alcohol Based Biodegradable Composite Films." *Food Bioscience* 44 (December): 101352. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101352.

Pradiza, Revvan Rifada, Dedi Dwilaksana, Melbi Mahardika, et al. 2025. "Morphology and Tensile Properties of Biocomposite Based Polyvinyl Alcohol and Cassava Starch Reinforced by Lemon Peel Fiber." *International Journal of Agriculture and Biosciences* 14 (4): 549–55. https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2025.051

Pangaribuan, R. P. ., & Iswandi, I. (2025). Design of Composite Polymer Crusher Machine: Capacity 10 kg/Hour. IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA), 4(2), 9–12. https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i2.283.

Rahim Labbafzadeh, Minoush, and Mohammad Hassan Vakili. 2022. "Application of Magnetic Electrospun Polyvinyl Alcohol/Collagen Nanofibres for Drug Delivery Systems." *Molecular Simulation* 48 (1): 1–7. https://doi.org/10.1080/08927022.2020.1783462.

Rahman Khan, Mohammad Mizanur, Md. Mahamudul Hasan Rumon, and Mobinul Islam. 2024. "Synthesis, Rheology, Morphology, and Mechanical Properties of Biodegradable PVA-Based Composite Films: A Review on Recent Progress." *Processes* 12 (12): 2880. https://doi.org/10.3390/pr12122880.

Rangappa, Sanjay Mavinkere, Suchart Siengchin, and Hom Nath Dhakal. 2020. "Green-Composites: Ecofriendly and Sustainability." *Applied Science and Engineering Progress* 13 (3). https://doi.org/10.14416/j.asep.2020.06.001.

Rifada Pradiza, Revvan, Mochamad Asrofi, Haris Setyawan, et al. 2025. "1 - Introduction of Natural Fiber and Its Surface Modification." In *Surface Modification and Coating of Fibers, Polymers, and Composites*, edited by Rajeshkumar Lakshminarasimhan, Sathish Kumar Palaniappan, Ramesh Manickam, Sanjay Mavinkere Rangappa, and Suchart Siengchin. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-22029-6.00001-0.

Satyanarayana, K.G., and V.S. Prasad. 2016. "Starch-Based 'Green' Composites." In *Biodegradable Green Composites*. Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118911068.ch8

Sabandi,A A. I., Mohamad Razlan, Z., Maruyama, N., Eswanto, E., Abu Bakar, S., Rani, M. F. H., … Wan Ahmad, W. K. (2025). Impact of Wet and Dry Ambient Conditions on the Lifespan of Lithium-Ion Polymer Batteries: A Correlation Analysis by Cycle Life Experiment. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, 131(2), 26–39. https://doi.org/10.37934/arfmts.131.2.2639.

Tabassum, Noshabah, Uzaira Rafique, Maria Qayyum, Abdallah A. A. Mohammed, Saira Asif, and Awais Bokhari. 2024. "Kaolin–Polyvinyl Alcohol–Potato Starch Composite Films for Environmentally Friendly Packaging: Optimization and Characterization." *Journal of Composites Science* 8 (1): 29. https://doi.org/10.3390/jcs8010029.

Wang, Mengxia, Xiaran Miao, Hui Li, and Chunhai Chen. 2022. "Effect of Length of Cellulose Nanofibers on Mechanical Reinforcement of Polyvinyl Alcohol." *Polymers* 14 (1). https://doi.org/10.3390/polym14010128.

Wang, Yanli, Junwei He, Liming Zou, Yao Lu, and Yan Vivian Li. 2024. "High Performance Polyvinyl Alcohol/Lignin Fibers with Excellent Mechanical and Water Resistance Properties." *International Journal of Biological Macromolecules* 266 (May): 131244. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131244.

Yao, Xiao, Xue Yang, Yisang Lu, Yinyuan Qiu, and Qinda Zeng. 2024. "Review of the Synthesis and Degradation Mechanisms of Some Biodegradable Polymers in Natural Environments." *Polymers* 17 (1): 66. https://doi.org/10.3390/polym17010066.

Zhang, Huan, Yuan Chen, Shanshan Wang, et al. 2020. "Extraction and Comparison of Cellulose Nanocrystals from Lemon (Citrus Limon) Seeds Using Sulfuric Acid Hydrolysis and Oxidation Methods." *Carbohydrate Polymers* 238: 116180. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116180.