



Analisis Karakteristik Reflektivitas Bioplastik Berbahan PVA/CNF/UG Sebagai Kemasan Produk Anti UV

Analysis of Reflectivity Characteristics of Bioplastics Made of PVA/CNF/UG as Anti-UV Product Packaging

Ongki Prayoga^{1*}, Remon Lapisia¹, Andril Arafat¹, Anna Niska Fauza¹

Abstrak

Penambahan *Uncaria Gambir* meningkatkan kemampuan bioplastik dalam menghalangi sinar *ultraviolet*, dengan transmitansi pada panjang gelombang 200, 250, 300, 350, dan 400 nm berkurang dari 23.02%, 21.27%, 24.49%, 20.63%, dan 23.92% menjadi 17.77%, 14.26%, 15.29%, 10.96%, dan 7.75%. Sampel PVA menunjukkan nilai *reflectance* UV-A 23.01%, UV-B 24.79%, dan UV-C 28.00%. Penambahan *Cellulose nanofiber* menurunkan nilai UV-C menjadi 24.00%. Dengan penambahan *Uncaria Gambir*, *reflectance* UV-A menurun signifikan 7.83% (1 Wt %), 6.79% (0.75 Wt %), 0.58% (0.5 Wt %), 0.60% (0.25 Wt %), dan 1.47% tanpa *Uncaria Gambir*. Absorbansi UV-C adalah 0.6195 A (PVA) dan 0.6355 A (PVA/CNF). Tanin dan katekin dalam *Uncaria Gambir* menurunkan transmitansi dengan menyerap cahaya. Warna coklat kehitaman disebabkan oleh pigmen antosianin dan flavonoid, sesuai dengan penelitian sebelumnya, dengan hasil diatas bioplastik ini cukup memiliki kekuatan dan ketahanan sebagai bioplastik pengalag UV yang mumpuni.

Kata Kunci

Bioplastik, Ultraviolet, Gambir

Abstract

The addition of Uncaria Gambir enhances the ability of bioplastics to block ultraviolet rays, with transmittance at wavelengths of 200, 250, 300, 350, and 400 nm decreasing from 23.02%, 21.27%, 24.49%, 20.63%, and 23.92% to 17.77%, 14.26%, 15.29%, 10.96%, and 7.75%, respectively. The PVA sample showed UV-A reflectance values of 23.01%, UV-B 24.79%, and UV-C 28.00%. The addition of cellulose nanofiber reduced the UV-C reflectance to 24.00%. With the addition of Uncaria Gambir, UV-A reflectance significantly decreased: 7.83% (1 Wt %), 6.79% (0.75 Wt %), 0.58% (0.5 Wt %), 0.60% (0.25 Wt %), and 1.47% without Uncaria Gambir. The tannins and catechins in Uncaria Gambir reduce transmittance by absorbing light. The dark brown color is caused by anthocyanin and flavonoid pigments, consistent with previous studies, With the above results, it is hoped that it can produce bioplastics that have strength and durability as qualified UV pengalag bioplastics.

Keywords

Bioplastik, Ultraviolet, Gambir

¹ Departemen Teknik Mesin ,Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia

*praongki65@gmail.com

Dikirimkan: 31 Juli 2024. Diterima: 10 Agustus 2024. Diterbitkan: 27 Agustus 2024.



PENDAHULUAN

Data internasional menunjukkan gambaran yang cukup mengkhawatirkan, 300 juta ton sampah plastik yang diakibatkan karena produksi dan pengelolaan yang kurang tepat. Peningkatan terus terjadi diperkirakan mencapai 2 miliar ton sampah pada 2050 [1]. Jika tidak ada langkah tepat, sampah plastik akan terus mencemari lingkungan dan menumpuk sehingga menciptakan krisis dan ketakutan yang tak terelakan [2]. Sampah plastik yang terkubur dalam tanah memberikan dampak yang mengganggu kesuburan tanah, biota laut dan air tawar, mengganggu rantai makanan, serta berpotensi mencemari air yang dikonsumsi manusia, Pembakaran sampah plastik juga menghasilkan emisi gas beracun yang membahayakan kehidupan manusia serta berkontribusi pada perubahan iklim.

Meskipun bioplastik menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengatasi krisis sampah plastik, namun tantangan utama yang dihadapi adalah ketahanan terhadap sinar ultraviolet (UV). Paparan sinar UV dapat menyebabkan degradasi pada bioplastik, mengurangi masa pakainya, dan menghambat upaya penguraian alami. Oleh karena itu, pengembangan bioplastik dengan sifat anti-UV menjadi sangat krusial untuk optimalisasi penggunaannya [3]. Dampak sinar *ultraviolet* (UV) terhadap bioplastik tidak hanya memengaruhi kinerja material, tetapi juga berimplikasi pada keberhasilan upaya mitigasi sampah plastik. Jika bioplastik mudah terdegradasi oleh sinar UV, maka waktu yang dibutuhkan untuk terurai secara alami akan semakin lama, sehingga tetap memberikan beban pada lingkungan [4]. Oleh karena itu, pengembangan bioplastik dengan sifat anti-UV yang optimal menjadi kunci dalam mengatasi permasalahan sampah plastik secara berkelanjutan. Salah satu perbedaan signifikan antara bioplastik dan plastik konvensional adalah ketahanan terhadap sinar *ultraviolet* (UV). Plastik konvensional umumnya lebih tahan terhadap degradasi akibat sinar UV, sementara bioplastik masih membutuhkan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan sifat anti-UV-nya. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam upaya menggantikan plastik konvensional dengan bioplastik.

Penelitian terkini menunjukkan potensi besar dari kombinasi PVA, CNF, dan ekstrak gambir dalam menghasilkan bioplastik dengan sifat anti-UV yang unggul. Dengan adanya senyawa anti-UV dalam ekstrak gambir, diharapkan bioplastik berbasis kombinasi material alami ini dapat bertahan lebih lama di lingkungan terbuka dan mempercepat proses daur ulang alami. Kombinasi ketiga bahan ini diharapkan dapat menghasilkan bioplastik memiliki kekuatan dan ketahanan dalam sebagai bioplastik pengalang UV yang mumpuni. [5] Dengan demikian, penelitian ini berfokus untuk menyelidiki potensi bioplastik berbasis PVA (*Polyvinyl Alcohol*), CNF (*Cellulose Nanofiber*), dan Ekstrak *Uncaria Gambir* dengan berfokus pada kemampuan karakteristik reflektivitas terhadap UV.

Dengan memahami interaksi ketiga bahan, penelitian ini diharapkan memberikan dampak dan kontribusi untuk pengembangan material inovatif untuk memenuhi tuntutan industri yang berkembang, sambil mendukung upaya keberlanjutan lingkungan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan formulasi bioplastik berbasis PVA, CNF, dan ekstrak gambir, serta mengevaluasi kinerja jangka panjangnya dalam kondisi lingkungan yang berbeda, termasuk paparan sinar UV.

Sinar Ultraviolet (UV)

Sinar *ultraviolet* merupakan radiasi gelombang elektromagnetik dengan panjang *spectrum* yang lebih pendek daripada cahaya tampak UV-Vis, namun melebihi panjang *spectrum* sinar X. Sinar UV memiliki energi yang cukup tinggi untuk menyebabkan berbagai perubahan kimia pada material, termasuk kerusakan pada permukaan dan penurunan kekuatan material [6].

Spectroscopy UV-Vis

Spectroscopy UV-Vis adalah teknik analisis yang untuk mengukur intensitas cahaya ultraviolet dan cahaya tampak yang ditransmisikan atau diserap oleh suatu sampel, Ini melibatkan penggunaan instrumen yang disebut *spektrofotometer UV-Vis* [7].

Absorbansi

Absorbansi adalah ukuran kuantitatif yang menunjukkan seberapa banyak cahaya diserap oleh suatu bahan. Ketika cahaya melewati suatu bahan, sebagian cahaya dapat diserap, ditransmisikan (melewati bahan), atau dipantulkan, *Absorbansi* berkaitan dengan cahaya yang diserap oleh suatu material [8].

Transmitansi

Transmitansi adalah ukuran fraksi cahaya yang berhasil melewati suatu material atau media tanpa diserap atau dipantulkan. Dengan kata lain, *transmitansi* adalah rasio antara intensitas cahaya yang melewati sampel dari suatu bahan terhadap intensitas cahaya yang diserap oleh bahan tersebut [9].

Reflectance

Reflectance adalah ukuran fraksi cahaya yang dipantulkan oleh suatu permukaan. Dengan kata lain, ini adalah perbandingan antara intensitas cahaya yang datang dengan cahaya yang dipantulkan [10].

Ekstrak *Uncaria Gambir*

Ekstrak *Uncaria gambir* adalah hasil olahan dari tanaman gambir (*Uncaria gambir*) yang mengandung katekin, senyawa katekin yang memiliki sifat astringent (mengerutkan jaringan), antioksidan, dan antimikroba [11].

Polivinil Alkohol (PVA)

Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer sintetik yang sangat berguna dalam berbagai aplikasi industri dan konsumen. PVA dibuat dari *polivinil* asetat melalui proses hidrolisis atau alkoholisis, menghasilkan rantai panjang molekul dengan banyak gugus hidroksil (-OH). Sifat-sifat PVA meliputi larut dalam air, kekuatan mekanik yang tinggi, ketahanan kimia terhadap minyak dan pelarut organik, transparansi, dan kemampuan membentuk film yang kuat dan fleksibel [12].

Celulosa Nanofiber (CNF)

Celulosa Nanofiber (CNF) adalah material inovatif yang terdiri dari serat selulosa berukuran nanometer, dengan sifat unggul dan aplikasi luas. CNF terbuat dari selulosa, polimer alami dari kayu, tanaman, dan mikroorganisme. Struktur fibrilnya yang halus dengan diameter nanometer dan panjang mikrometer memberikan kekuatan mekanik luar biasa dan permukaan luas. CNF memiliki kekuatan tarik tinggi, ringan, biodegradable, transparan dalam bentuk tertentu, dan memiliki permukaan spesifik tinggi, yang bermanfaat dalam penyerapan dan reaksi kimia. [13]

METODA PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan melakukan persiapan bahan, pembuatan sampel, dengan tiga material utama yaitu *Polyvinil Alkohol* (PVA), *Cellulose nanofiber* (CNF), Dan *Uncaria Gambir* (UG). Eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui Karakteristik Reflektivitas terhadap UV.

Bahan

Ekstrak *Uncaria Gambir* terpurifikasi 90% katekin dibeli dari PT. Andalas Sitawa Fitolah, *Polyvinil Alkohol* dibeli dari PT. Nitra Kimia, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Cellulose Nanofiber*

dibeli dari PT. Nitra Kimia, Daerah Istimewa Yogyakarta, Aquades dibeli dari PT. Nitra Kimia, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Persiapan Sampel

Pembuatan larutan suspensi *Uncaria* Gambir dengan 5 jenis perbandingan berbeda yaitu UG 1 Wt % (0.600 g UG + 60 g *Aquades*), 0.75 Wt % (0.450 g UG + 60 g *Aquades*), 0.5 Wt % (0.300 g UG + 60 g *Aquades*), 0.25 Wt % (0.150 g UG + 60 g *Aquades*), 0.1 Wt % (0.075 g UG + 60 g *Aquades*), masing-masing suspensi diaduk menggunakan pengaduk magnet dengan kecepatan putaran 350 rpm selama 15 menit kemudian dilakukan homogenisasi dengan homogenizer dengan frekuensi 12000 kHz untuk memisahkan cairan atau partikel yang tidak dapat menyatu sehingga terdapat endapan pada suspensi.

Film Polivynil Alcohol (PVA)

Film *Polivynil Alcohol* (PVA) diawali dengan pembuatan larutan PVA 2 Wt %, PVA 2g dilarutkan kedalam aquades sebanyak 40 g, lalu larutan PVA dipanaskan pada suhu 80°C dan dan diletakan pada pengaduk magnet dengan kecepatan putaran 350 rpm selama 15 menit kemudian lakukan proses homogenisasi selama 30 menit setelah proses homogenisasi selesai masukan larutan PVA 2 Wt % pada cawan petri lalu dimasukkan kedalam oven pengering selama 20 jam pada suhu 80°C. [14]

Film PVA/CNF

Film PVA/CNF Pembuatan larutan PVA 5 Wt % (40g *Aquades* + 2 g PVA) dimasukan pada gelas beaker kemudian diletakan pada megnetic stirrear dengan kecepatan putaran 350 rpm dan suhu 80°C selama 15 menit, kemudian larutan CNF 2 Wt % (0.200g CNF + 10G *Aquades*) dimasukan dalam gelas *breaker* kemudian diletakan pada *magentic stirrer* dengan kecepatan putaran 350 rpm dengan suhu 50°C, Lakukan homogenisasi dengan homogenizer selama 30 menit, setelah proses homogenizer selesai tuangkan campuran pada cawan petri dan lakukan pengeringan dengan *drying oven* dengan suhu 80°C selama 16 – 17 jam.

Film PVA/CNF/UG

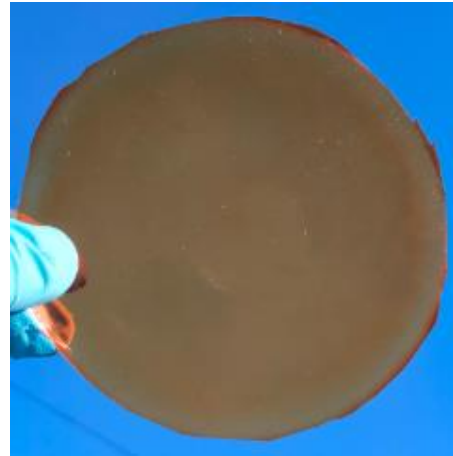
Film PVA 5 Wt % / CNF 2 Wt% / UG 1 Wt %. Lakukan penyarianan larutan UG 1 Wt % dengan menggunakan *filter paper* sebanyak 10g, 2) Pembuatan Larutan CNF 2 Wt %, Air sebanyak 10 g dan 0.200g CNF dimasukan dalam gelas beaker kemudian lakukan pengadukan dengan magnetic stirrer selama 15 menit dengan suhu 50°C dengan kecepatan putaran 350 rpm. Larutan PVA 5 Wt % dan Air sebanyak 40g dan 2g PVA dimasukan gelas beaker kemudian lakukan pengadukan dengan magnetic stirrer selama 15 menit dengan suhu 80°C dengan kecepatan putaran 350 rpm. Campurkan Ketiga larutan yang sudah dibuat diatas, lakukan pengadukan manual terlebih dahulu dengan menggunakan pengaduk alumunium, kemudian aduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit, lalu homogenisasi ketiga larutan tersebut dengan homogenizer selama 30 menit dengan frekuensi 12000 kHz, tuangkan kedalam cawan petri, lalu masukan kedalam drying oven selama 20 - 21 jam. [15] Pembuatan bioplastik dengan penambahan konsentrasi 0.75 Wt % *Uncaria* Gambir, 0.5 Wt % *Uncaria* Gambir, 0.25 Wt % *Uncaria* Gambir, dan 0.1 Wt % *Uncaria* Gambir dilakukan dengan metode yang sama dan sesuai dengan banyaknya larutan *Uncaria* Gambir pada 7 sampel bioplastik.

Hasil Sampel

Sampel Bioplastik yang dihasilkan memiliki diameter 100 mm dengan ketebalan 0.11–0.13 mm.



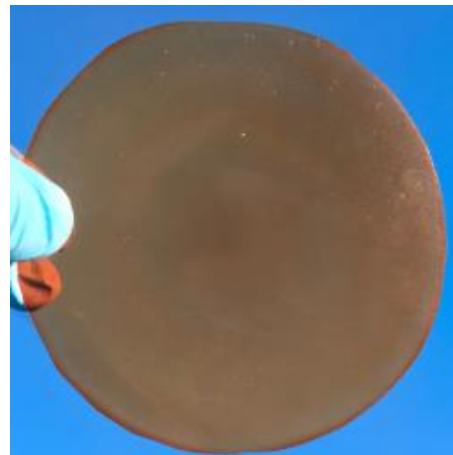
Gambar 1. Bioplastik PVA



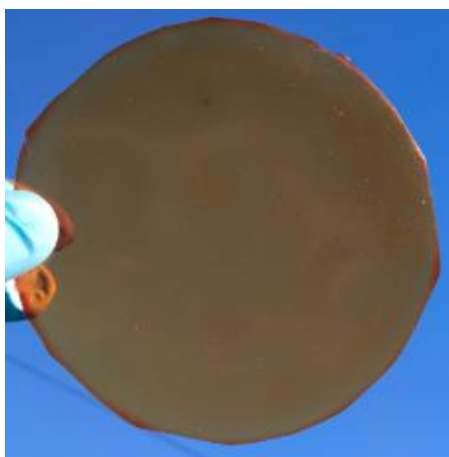
Gambar 4. Bioplastik PVA/CNF/UG 0.75 Wt %



Gambar 2. Bioplastik PVA/CNF



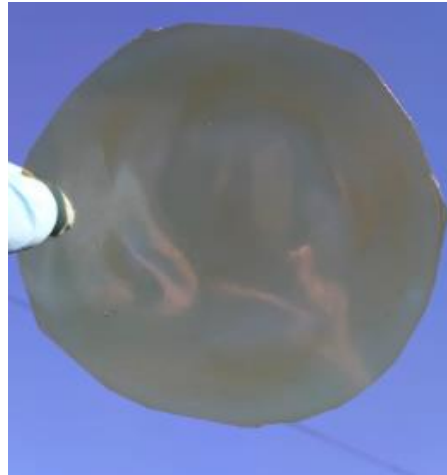
Gambar 5. Bioplastik PVA/CNF/UG 0.5 Wt %



Gambar 3. Bioplastik PVA/CNF/UG 1 Wt %



Gambar 6. Bioplastik PVA/CNF/UG 0.25 Wt %



Gambar 7. Bioplastik PVA/CNF/UG 0.1 Wt %

Uji Karakteristik Reflektivitas

Spektrofotometer shimadzu 1800 digunakan sebagai instrumen pengujian transparansi film sesuai ASTM D1003-00. Sampel 20 x 10 mm ditempatkan pada sel sampel dengan *range spectrum* 200 – 850 nm dengan kecepatan 50 nm/s, menggunakan tipe lampu *halogen* dengan celah 4 nm dan mode pengukuran *spectral scan*. [6]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Rentang panjang *spectrum* UV dikelompokkan kedalam 3 rentang yaitu, *Ultraviolet-C* (UV-C220 – 280nm), *Ultraviolet-B* (UV-B 280-320 nm), *Ultraviolet-A* (UV-A 320 – 400nm). dan panjang gelombang transparansi dimulai dari (200- 850 nm), [16] transparansi bioplastik diukur dengan melihat persentase nilai transmitansi dan *absorbansi* bioplastik. [9]

Tabel 1. Data Hasil Reflectance Dengan Spektrofotometer UV-VIS

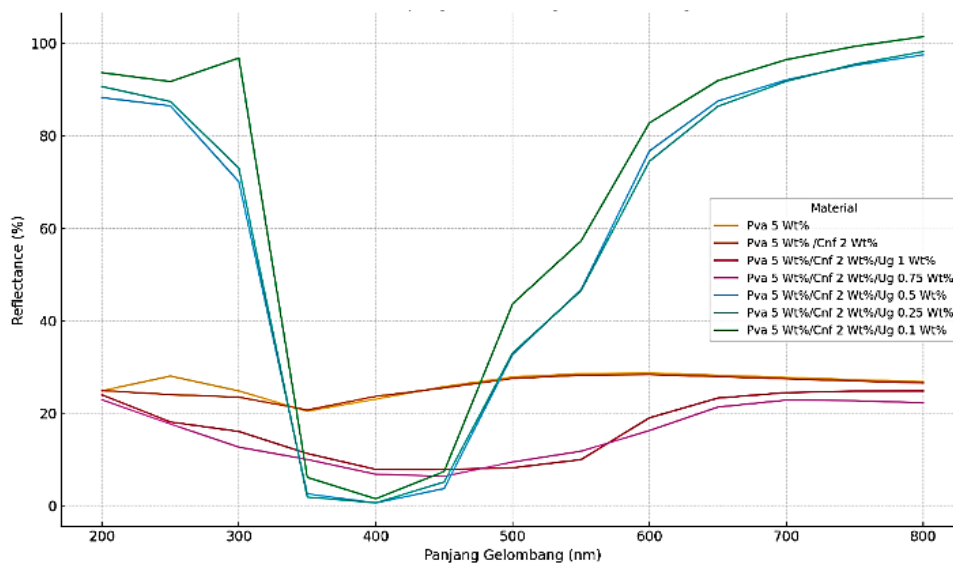
Material (Wt%), Reflectance (%)								
No	Panjang Gelombang (nm)	PVA	PVA/CNF	PVA/CNF/UG 1WT %	PVA/CNF /UG 0.75W %	PVA/CNF /UG 0.5W %	PVA/CNF /UG 0.25WT %	PVA/CNF 2/UG 0.1WT %
1.	200	24.83	24.87	23.94	22.89	88.21	90.60	93.61
2.	250	28.00	24.00	18.08	17.65	86.44	87.36	91.68
3.	300	24.79	23.45	16.03	12.64	70.02	72.96	96.77
4.	350	20.40	20.68	11.26	9.98	2.54	1.85	6.10
5.	400	23.01	23.62	7.83	6.79	0.58	0.60	1.47
6.	450	25.74	25.45	7.81	6.34	3.69	5.10	7.38
7.	500	27.84	27.48	8.17	9.42	32.65	33.00	43.62
8.	550	28.54	28.19	9.94	11.76	46.67	46.47	57.20
9.	600	28.69	28.32	18.98	16.23	76.67	74.46	82.75
10.	650	28.22	27.87	23.25	21.30	87.46	86.33	91.88
11.	700	27.73	27.40	24.43	22.81	92.06	91.74	96.42
12.	750	27.24	26.93	24.73	22.69	95.16	95.44	99.29
13.	800	26.81	26.51	24.80	22.21	97.47	98.16	101.39

Tabel 2. Data Hasil Transmittansi Dengan Spektrofotometer UV-VIS

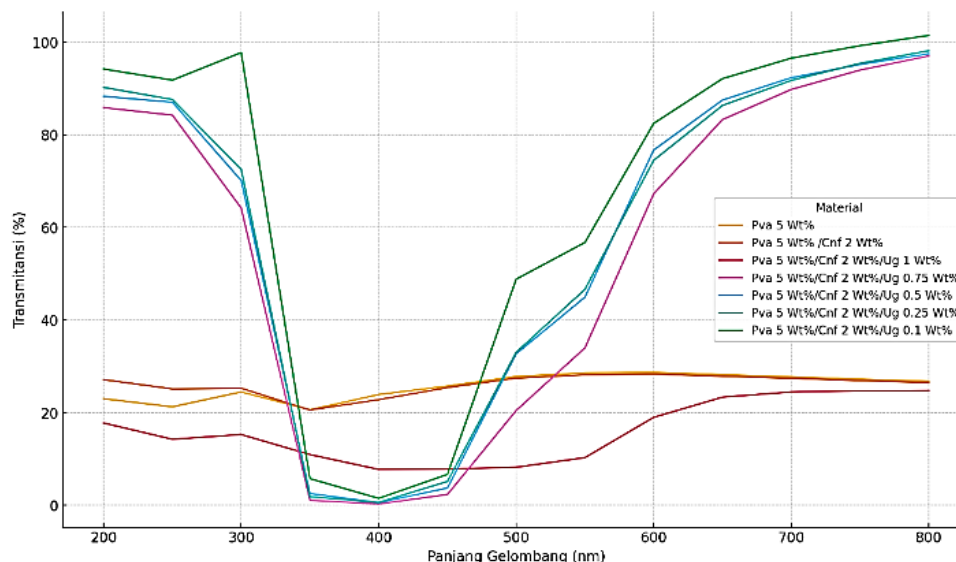
Material (Wt%), Transmittansi (%)								
No	Panjang Gelombang (nm)	PVA	PVA/CNF	PVA/CNF/UG 1WT %	PVA/CNF /UG 0.75W %	PVA/CNF /UG 0.5W %	PVA/CNF/U G 0.25WT %	PVA/CNF 2/UG 0.1WT %
1.	200	23.02	27.14	17.77	85.89	88.33	90.26	94.23
2.	250	21.27	25.14	14.26	84.26	87.06	87.64	91.83
3.	300	24.49	25.29	15.29	64.21	70.15	72.53	97.78
4.	350	20.63	20.58	10.96	1.09	2.55	1.86	5.76
5.	400	23.92	22.82	7.75	0.29	0.58	0.63	1.50
6.	450	25.76	25.42	7.84	2.34	3.74	5.15	6.68
7.	500	27.84	27.46	8.22	20.48	32.72	33.05	48.84
8.	550	28.61	28.17	10.30	34.00	44.96	46.64	56.77
9.	600	28.70	28.32	19.00	67.27	76.73	74.51	82.48
10.	650	28.23	27.87	23.36	83.30	87.51	86.36	92.14
11.	700	27.74	27.43	24.48	89.81	92.34	91.76	96.57
12.	750	27.24	26.92	24.73	94.00	95.20	95.45	99.26
13.	800	26.80	26.50	24.80	97.05	97.52	98.17	101.48

Pembahasan

Sampel PVA menunjukkan nilai *Reflectance Ultraviolet-A* 23.01 %, *Ultraviolet-B* 24.79 % dan *Ultraviolet-C* 28.00 %, Penambahan *Cellulose nanofiber* pada sampel menunjukkan penurunan pada panjang spektrum *Ultraviolet-C* 24.00 %, dengan penambahan *Uncaria Gambir* nilai *reflectance* mengalami penurunan yang signifikan pada panjang spektrum *Ultraviolet-A* 7.83 % pada sampel dengan penambahan *Uncaria Gambir* 1 Wt %, 6.79 % penambahan *Uncaria Gambir* 0.75 Wt %, 0.58 % penambahan *Uncaria Gambir* 0.5 Wt %, 0.60 % penambahan *Uncaria Gambir* 0.25 Wt %, dan 1.47 % nilai *reflectance* pada sampel dengan penambahan *Uncaria Gambir* 0.1 Wt % seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Penambahan *Uncaria Gambir* pada bioplastik meningkatkan *reflectance* sinar *Ultraviolet* karena kandungan katekin dan tanin yang memiliki struktur molekul kompleks dengan gugus hidroksil dan aromatik sehingga senyawa ini dapat memantulkan cahaya terutama pada spektrum UV hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu [7].



Gambar 8. Grafik *Reflectance* Terhadap Panjang Gelombang.



Gambar 9. Grafik *Transmitansi* Terhadap Panjang Gelombang.

Sedangkan pada nilai transmitansi sampel tanpa campuran *Uncaria* Gambir sampel PVA dan PVA/CNF menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan sampel lainnya 23.92 % dan 22.82 % pada panjang spektrum *Ultraviolet-A*, penambahan gambir pada sampel bioplastik menunjukkan penurunan nilai transmitansi pada panjang *spectrum* yang sama 7.75 % pada penambahan 1 Wt % *Uncaria* Gambir, 0.29 % pada penambahan 0.75 Wt % *Uncaria* Gambir, 0.58 % pada penambahan 0.5 Wt % *Uncaria* Gambir, 0.63 % dengan penambahan 0.25 Wt % *Uncaria* Gambir, dan 1.50 % dengan penambahan 0.1 Wt % *Uncaria* Gambir seperti ditunjukkan pada Tabel 2. kandungan tanin dan katekin pada *Uncaria* Gambir memiliki kemampuan untuk menurunkan nilai transmitansi dengan menyerap cahaya yang datang, warna coklat kehitaman pada sampel dikarenakan *Uncaria* Gambir memiliki kandungan *pigmen antosianin* dan *flavinoid* yang mengoptimalkan penyerapan cahaya pada material bioplastik.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dalam penelitian sampel PVA memiliki nilai reflektansi terhadap *Ultraviolet-A*, *Ultraviolet-B*, dan *Ultraviolet-C* masing-masing sebesar 23.01%, 24.79%, dan 28.00%. Penambahan *Cellulose Nanofiber* (CNF) pada sampel menyebabkan penurunan nilai *reflektansi* pada panjang gelombang *Ultraviolet-C* menjadi 24.00%. Selanjutnya, penambahan *Uncaria* Gambir secara signifikan mengurangi nilai reflektansi pada panjang gelombang *Ultraviolet-A* menjadi 7.83% untuk penambahan 1 Wt %, 6.79% untuk 0.75 Wt %, 0.58% untuk 0.5 Wt %, 0.60% untuk 0.25 Wt %, dan 1.47% untuk 0.1 Wt %. Penambahan *Uncaria* Gambir pada bioplastik meningkatkan reflektansi sinar *ultraviolet* karena kandungan katekin dan tanin yang memiliki struktur molekul kompleks dengan gugus hidroksil dan aromatik, yang dapat memantulkan cahaya terutama pada spektrum UV. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya

Nilai transmitansi tertinggi pada panjang gelombang *Ultraviolet-A* pada sampel PVA dan PVA/CNF tanpa campuran *Uncaria* Gambir, masing-masing sebesar 23.92% dan 22.82%. Penambahan *Uncaria* Gambir menyebabkan penurunan nilai transmitansi menjadi 7.75% untuk 1 Wt %, 0.29% untuk 0.75 Wt %, 0.58% untuk 0.5 Wt %, 0.63% untuk 0.25 Wt %, dan 1.50% untuk 0.1 Wt %. Pada spektrum *Ultraviolet-C*, Kandungan tanin dan katekin dalam *Uncaria* Gambir mampu menurunkan nilai transmitansi dengan menyerap cahaya yang datang, sementara warna coklat kehitaman pada sampel disebabkan oleh kandungan *pigmen*

antosianin dan *flavonoid* yang meningkatkan penyerapan cahaya pada material bioplastik. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [11].

Saran

Penelitian ini berfokus pada uji degradasi, Aktivitas anti mikroba, dan Karakteristik reflektifitas Terhadap UV, Pada penelitian sejenis berikutnya diharapkan untuk dapat melakukan analisis mekanis terhadap material terkait untuk mengetahui seberapa kuat material ini secara mekanis.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] N. Paramitha. Pratiwi, "Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan," vol. 8, no. 2, pp. 141–147, 2016.
- [2] N. El Miri et al., "Bio-nanocomposite films based on cellulose nanocrystals filled polyvinyl alcohol/chitosan polymer blend," *J Appl Polym Sci*, vol. 132, no. 22, Jun. 2015, doi: 10.1002/app.42004.
- [3] N. Soydan, O. Y. Gumus, and M. Yilmaz, "Mechanical, UV protection, and antibacterial properties of polyvinyl (vinyl alcohol)/marine mucilage biocomposite films," *Journal of Vinyl and Additive Technology*, Mar. 2023, doi: 10.1002/vnl.22068.
- [4] R. Fahlevi, B. Santoso, dan Gatot Priyanto, P. Studi Teknologi Hasil Pertanian, and J. Teknologi Pertanian, "Smart Farming yang Berwawasan Lingkungan untuk". Unsri Press, 2019.
- [5] D. Indria Cherlina, S. Gea, and H. Nainggolan, "Pembuatan Nanokomposit Polivinil Alkohol/Nanoserat Selulosa Yangdiisolasi Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*jack) Dengan Metode Ledak Uap the Manufacture Of Nanocomposites Polyvinyl Alcohol/Cellulose Nanofiber Isolated From Empty Bunch Fruit Palm Oil (*Elaeis Guineensis* Jack) With Steam Explosion."
- [6] N. Usawattanakul, S. Torgbo, P. Sukyai, S. Khantayanuwong, B. Puangsin, and P. Srichola, "Development of nanocomposite film comprising of polyvinyl alcohol (Pva) incorporated with bacterial cellulose nanocrystals and magnetite nanoparticles," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 11, Jun. 2021, doi: 10.3390/polym13111778.
- [7] L. Zhang, T. Tsuzuki, and X. Wang, "Preparation and characterization on cellulose nanofiber film," in *Materials Science Forum*, Trans Tech Publications Ltd, 2010, pp. 1760–1763. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.654-656.1760.
- [8] D. Rahmadiawan et al., "Tribological Properties of Polyvinyl Alcohol/Uncaria Gambir Extract Composite as Potential Green Protective Film," *Tribology in Industry*, vol. 45, no. 2, pp. 367–374, Jun. 2023, doi: 10.24874/ti.1482.05.23.06.
- [9] E. Syafri et al., "Effect of ultrafine grinding and ultrasonication duration on the performance of polyvinyl alcohol (PVA) agave gigantea cellulose micro fiber (CMF) biocomposite film," *Journal of Natural Fibers*, vol. 20, no. 1, 2023, doi: 10.1080/15440478.2023.2192545.
- [10] D. J. Mendoza et al., "Decorated Cellulose Nanocrystals as UV-Absorbing Nanoreinforcements in Polyvinyl Alcohol Films," *ACS Sustain Chem Eng*, vol. 2021, no. 18, pp. 6427–6437, doi: 10.1021/acssuschemeng.1c01148i.
- [11] D. Rahmadiawan et al., "The Enhanced Moisture Absorption and Tensile Strength of PVA/Uncaria gambir Extract by Boric Acid as a Highly Moisture-Resistant, Anti-UV, and Strong Film for Food Packaging Applications," *Journal of Composites Science*, vol. 6, no. 11, Nov. 2022, doi: 10.3390/jcs6110337.
- [12] N. Erlinda Putri Ramadhani, D. Hari Kusumawati, P. Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, and U. Negeri Surabaya Jln Ketintang, "Karakteristik Antibakteri dari

Wound Dressing PVA-Sodium Alginat Antibacterial Characteristics of Wound Dressing PVA-Sodium Alginate,” Oktober, vol. 8, no. 2, pp. 41–49.

- [13] A. Abdulkhani, E. Hojati Marvast, A. Ashori, Y. Hamzeh, and A. N. Karimi, “Preparation of cellulose/polyvinyl alcohol biocomposite films using 1-n-butyl-3-methylimidazolium chloride,” *Int J Biol Macromol*, vol. 62, pp. 379–386, 2013, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.08.050.
- [14] K. Choo, Y. C. Ching, C. H. Chuah, S. Julai, and N. S. Liou, “Preparation and characterization of polyvinyl alcohol-chitosan composite films reinforced with cellulose nanofiber,” *Materials*, vol. 9, no. 8, Jul. 2016, doi: 10.3390/ma9080644.
- [15] S. Lakshmi Balasubramaniam, A. Singh Patel, and B. Nayak, “Surface modification of cellulose nanofiber film with fatty acids for developing renewable hydrophobic food packaging,” 2020.
- [16] P. Mohanty, C. Rath, P. Mallick, R. Biswal, and N. C. Mishra, “UV-visible studies of nickel oxide thin film grown by thermal oxidation of nickel,” *Physica B Condens Matter*, vol. 405, no. 12, pp. 2711–2714, Jun. 2010, doi: 10.1016/j.physb.2010.03.064.