

Pengaruh VCO terhadap Kualitas Plastik *Biodegradable* Berbasis Selulosa Bakteri Sorbitol dari Air Kelapa

Effect of VCO on the Quality of Biodegradable Plastic Based on Sorbitol Bacterial Cellulose from Coconut Water

Azzahra Nurfadillah Anjaly & Ananda Putra*

Program Studi Non Kependidikan Kimia, Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Disubmit: 29 Oktober 2024; Direview: 30 Oktober 2024; Disetujui: 30 November 2024

*Corresponding Email: anandap@fmipa.unp.ac.id

Abstrak

Plastik merupakan salah satu bahan yang sangat banyak digunakan masyarakat pada saat ini, sehingga menyebabkan masalah lingkungan sehingga dibutuhkan solusi agar tidak membahayakan lingkungan yaitu dengan plastik *Biodegradable*. Plastik ini merupakan jenis plastik yang ramah lingkungan karena mudah terdegradasi oleh mikroorganisme. Penelitian ini dilakukan secara *in-situ* menggunakan instrumen FTIR dan XRD, uji kuat tarik, uji *elongasi*, uji elastisitas, uji biodegradasi, untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan VCO terhadap kualitas plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakteri-Sorbitol dari air kelapa. Dalam penelitian ini, digunakan variasi volume VCO 2 ml, 4 ml, 6 ml, dan 8 ml dengan penambahan sorbitol 30% sebagai *plasticizer*. Berdasarkan hasil uji menunjukkan nilai *elongasi* sebesar 15,08%, nilai elastisitas sebesar 1264,41 Mpa, dan nilai kuat tarik sebesar 133,98 Mpa pada variasi penambahan VCO sebanyak 8 mL. Nilai kuat tarik ini telah memenuhi standar SNI plastik sintesis yaitu pada kisaran 24,7-302 Mpa. Penambahan VCO yang semakin banyak berpengaruh pada uji biodegradasi, dimana pada hari ke 15 plastik telah terurai seluruhnya. Pada analisa gugus fungsi FTIR tidak terbentuk gugus fungsi baru, dan pada analisis menggunakan XRD pada penambahan VCO persentase kristal plastik lebih besar yaitu 98,02% dibandingkan selulosa bakteri hanya 97,01%, dan selulosa bakteri-sorbitol sebesar 95,79%.

Kata kunci: Air Kelapa, Plastik *Biodegradable*; Selulosa Bakteri; Sorbitol; *Virgin Coconut Oil*

Abstract

Plastic is a material that is widely used by society today, causing environmental problems, so a solution is needed so that it does not harm the environment, namely *biodegradable plastic*. This plastic is an environmentally friendly type of plastic because it is easily degraded by microorganisms. This research was carried out *in-situ* using FTIR and in this research, various VCO volumes of 2 ml, 4 ml, 6 ml and 8 ml were used with the addition of 30% sorbitol as a *plasticizer*. Based on the test results, it shows an *elongation* value of 15.08%, an elasticity value of 1264.41 Mpa, and a tensile strength value of 133.98 Mpa with variations in the addition of 8 mL of VCO. This tensile strength value meets the SNI standard for synthetic plastics, namely in the range of 24.7-302 Mpa. The addition of more and more VCO had an effect on the biodegradation test, where on day 15 the plastic had completely decomposed. In the FTIR functional group analysis, no new functional groups were formed, and in the analysis using XRD when adding VCO, the percentage of plastic crystals was greater, namely 98.02%, compared to bacterial cellulose, which was only 97.01%, and bacterial cellulose-sorbitol, which was 95.79%.

Keywords: Coconut Water; *Biodegradable Plastic*; Bacterial Cellulose; Sorbitol; *Virgin Coconut Oil*

How to Cite: Anjaly, A.N., & Putra, A. (2024). Pengaruh VCO terhadap Kualitas Plastik *Biodegradable* Berbasis Selulosa Bakteri Sorbitol dari Air Kelapa. *Journal of Natural Sciences*. 5 (3): 191-202



PENDAHULUAN

Sampah plastik sendiri sulit untuk terurai di alam, hal tersebut menjadi salah satu permasalahan yang tengah dihadapi saat ini (Krisnadi *et al.* 2019). Dilihat dari data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2020, jumlah sampah yang dihasilkan Indonesia mencapai 67 juta ton di tahun 2019, dimana sejumlah 17,14% atau 11,4 juta ton per tahun merupakan sampah plastik (Pebri *et al.*, 2022). Akibat dari permasalahan tersebut maka diperlukan salah satu strategi untuk mengatasi pencemaran plastik konvensional, yaitu plastik dari bahan yang mudah terurai yang disebut dengan plastik *biodegradable* atau bioplastik.

Bioplastik digunakan untuk mempercepat proses pemecahan respon enzimatik bakteri dan jamur yang merupakan mikroorganisme pendegradasi alami (Dan *et al.*, 2018). Bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable* berasal dari turunan polisakarida yang terdapat pada tumbuhan seperti selulosa, pati, dan agar-agar (Nurfauzi *et al.*, 2018). Pada penelitian ini polisakarida yang digunakan yaitu selulosa. Selulosa biasanya diperoleh dari tanaman dan juga bisa disintesis dari alga, dan bakteri, dan lain-lain. Selulosa bakteri memiliki struktur dan sifat fisik yang unik (kekuatan tarik mekanik, porositas tinggi) dengan kemurnian lebih tinggi bila dibandingkan dengan selulosa dari tanaman (Ifadah *et al.*, 2016).

Acetobacter xylinum merupakan bakteri penghasil selulosa yang paling sering digunakan. Keunggulan selulosa yang berasal dari bakteri *Acetobacter xylinum* adalah tingkat kemurnian yang tinggi, kekuatan tarik yang tinggi, elastisitas, dan dapat mengalami degradasi (Maryam *et al.*, 2019). Pengembangan selulosa pada penelitian ini menggunakan media air kelapa tua. Karena mengandung berbagai sumber karbon dan mineral yang mendukung, air kelapa tua berpotensi digunakan sebagai media fermentasi dalam produksi selulosa bakteri pertumbuhan *Acetobacter xylinum* (Syafiqah *et al.*, 2019).

Penambahan *plastisizer* dan zat aditif bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik plastik, terutama dalam meningkatkan elongasi atau kelenturan pada plastik *biodegradable*. Salah satu *plastisizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sorbitol. Sorbitol memiliki struktur kimia yang mirip dengan glukosa, sehingga mampu mengurangi kerapuhan, meningkatkan fleksibilitas, dan memperbaiki daya tahan plastik *biodegradable*. Sebagai bahan *pemlastis*, sorbitol bekerja dengan membentuk ikatan kuat

antara molekulnya dan polimer, yang berkontribusi pada peningkatan sifat mekanik dan kinerja plastik (Putra *et al.*, 2019).

Untuk meningkatkan kualitas dari plastik *biodegradable* maka diperlukan bahan tambahan atau zat aditif yaitu *Virgin Coconut Oil* (VCO). VCO merupakan salah satu jenis minyak yang terbentuk dari unsur-unsur oksigen, rantai hidrogen, dan karbon, serta memiliki gugus karboksilat yang dikenal sebagai asam lemak (Safitri *et al.*, 2021). VCO memiliki kandungan asam laurat yang lebih tinggi dibandingkan asam lemak bebas lainnya, sehingga VCO dapat mengurangi permeabilitas uap air dan gas pada plastik *biodegradable*. Asam laurat sendiri diketahui memiliki kemampuan untuk menurunkan permeabilitas uap air.

METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai pada bulan Maret hingga Juli 2024 di Laboratorium Departemen Kimia FMIPA, Universitas Negeri Padang. Peralatan untuk pembuatan dan karakterisasi selulosa bakteri adalah peralatan gelas laboratorium, wadah plastik ukuran 24x17x4 cm, panci pemasak, kompor, kain lap, koran, tisu, saringan, karet, pengaduk, pisau, gunting, kertas pH, neraca analitis, cawan penguap, oven, alat kuat tarik, FTIR, dan XRD. Bahan-bahan yang digunakan meliputi air kelapa tua, inokulum *Acetobacter xylinum*, Sukrosa, Asam Asetat 25%, Pupuk Urea, Air, Sorbitol 30%, NaOH 2%, dan VCO.

Prosedur Kerja

1. Pembuatan Medium

Pembuatan medium dilakukan dengan menyiapkan media air kelapa 600 mL, 60 gram gula, 6 gram urea, 12 ml asam asetat, 10 mL *plasticizer* Sorbitol 30% dengan penambahan VCO dalam jumlah 2, 4, 6, dan 8 ml dimasukkan ke dalam panci. Campuran yang telah mendidih dipindahkan ke wadah plastik yang dilapisi koran, dibiarkan hingga mencapai suhu kamar, lalu diinokulasi dengan bakteri *Acetobacter xylinum* dengan perbandingan 10:1 (% v/v).

2. Pembuatan Selulosa Bakteri Sorbitol (SBS-V)

Medium yang telah jadi kemudian di fermentasi pada suhu ruangan, setelah itu medium diinokulasi dengan starter *Acetobacter xylinum* pada rasio 10:1 (%v/v) dan dibiarkan berfermentasi hingga setidaknya terbentuk 0,5 cm selulosa bakteri.

3. Pencucian dan Pemurnian Selulosa Bakteri Sorbitol (SBS-V)



Selulosa bakteri yang telah terbentuk kemudian dicuci dengan air mengalir, kemudian direndam dalam NaOH 2% (%w/v) selama 24 jam. Setelah itu, bilas kembali menggunakan air mengalir hingga bersih. Tujuan pembersihan adalah untuk mencegah perkembangan jamur pada selulosa bakteri dan berbau busuk.

4. Pembuatan Lembaran Plastik Selulosa Bakteri-Sorbitol VCO

Selulosa bakteri yang telah dimurnikan, kemudian dipotong sesuai ukuran yang diinginkan dan dioven selama 60 menit pada suhu 105°C.

Pengujian Plastik *Biodegradable* SBS-V

a. Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Uji kuat tarik dihitung dengan menggunakan alat *Tensile Strength Industries model SSB 0500*. Analisis kuat tarik plastik dilakukan melalui data yang diperoleh dari alat tensometer. Besarnya kuat tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma t = \frac{F_{maks}}{A_o}$$

Dimana:

F maks = Gaya yang diberikan alat (N)

Ao = Luas penampang (mm²)

σt = Kuat tarik (Mpa)

b. Uji Kuat Putus (*Elongasi*)

Elongasi dinyatakan dalam persentase, dihitung dengan memakai persamaan berikut:

$$Elongasi (\%) = \frac{regangan\ saat\ putus\ (mm)}{panjang\ awal\ (mm)} \times 100\%$$

c. Uji Elastisitas (*Modulus Young*)

Elastisitas plastik *biodegradable* dilihat dari uji kuat tarik dan regangan sampel. Elastisitas dapat dihitung dengan cara:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Dimana:

E = Modulus Young (Mpa)

σ = Kuat Tarik

ε = Persen Pemanjangan

d. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi menggunakan lembaran plastik berukuran 3 x 3 cm yang dikubur di dalam tanah pada kedalaman 5 cm. Untuk proses pengukuran dilakukan selama 15 hari



dengan interval penimbangan setiap 3 hari. Plastik yang terurai dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ Biodegradasi} = \frac{m - m_0}{m} \times 100\%$$

Dimana:

m = Massa sampel sebelum dikubur

m₀ = Massa sampel setelah dikubur

Karakterisasi Struktur Molekul Plastik *Biodegradable* SBS-V

a. Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Karakteristik dilakukan dengan menggunakan *Spektrofotometer Inframerah Transformasi Fourier* (FTIR). Sampel dipotong dengan ukuran 5x5 cm yang berupa film diletakkan dalam cell holder pada suhu kamar. FTIR diatur dengan bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹.

b. Analisa Kristinitas Plastik menggunakan XRD

Karakterisasi kristalinitas dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Plastik dipotong dengan ukuran 5 x 5 cm. Persentase derajat kristalinitas ini dihitung menggunakan persamaan:

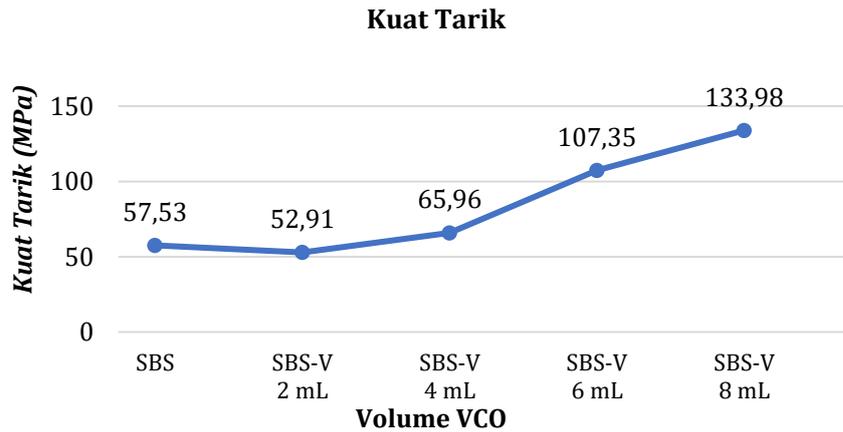
$$\% \text{ Kristalinitas} = \frac{\text{height [cts]} - \text{low [cts]}}{\text{height [cts]}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Tujuan pengukuran kekuatan tarik adalah untuk memastikan sifat mekanis bioplastik yang memungkinkannya menahan gaya tarik dari beban maksimum yang diberikan. Bioplastik dengan kekuatan tarik tinggi akan berfungsi dengan baik dalam melindungi barang yang dikemas dari gangguan mekanis (Danni *et al.*, 2023).



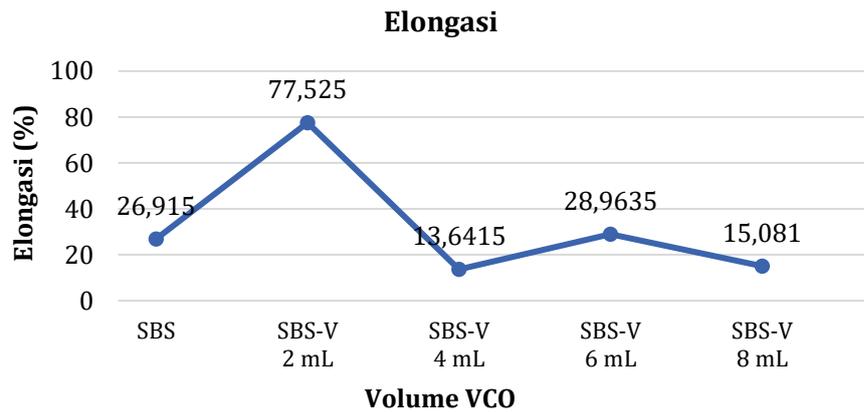


Gambar 1. Grafik Uji Kuat Tarik Plastik SBS-V

Dilihat dari gambar 1, bahwa nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada penambahan volume VCO 8 mL sebesar 133,98 MPa. Nilai kekuatan tarik semakin meningkat seiring dengan penambahan VCO, karena sangat menutup pori-pori plastik sehingga meningkatkan kekuatan tarik bioplastik (Hamsina *et al.*, 2022). Bioplastik dengan nilai kekuatan tarik tertinggi mempunyai afinitas yang tinggi dimana bioplastik antar molekul mempunyai kecenderungan untuk berikatan sehingga menghasilkan ikatan yang kuat. Hal ini dapat terjadi ketika ikatan hidrogen yang terbentuk saat VCO ditambahkan kedalam proses pembuatan plastik. Asam laurat adalah asam lemak jenuh yang larut dalam pelarut polar dan banyak terdapat dalam *virgin coconut oil*. Lapisan plastik ini menguat dan semakin sulit dipecah akibat ikatan hidrogen yang terbentuk di dalamnya (Aini *et al.*, 2018).

B. Uji Kuat Putus (*Elongasi*)

Elongasi adalah panjang maksimum yang dapat dimiliki plastik saat diregangkan atau diregangkan hingga putus. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan pertambahan panjang yang terjadi dengan hasil uji kekuatan tarik yang dilakukan sebelumnya (Wahyunita *et al.*, 2022).



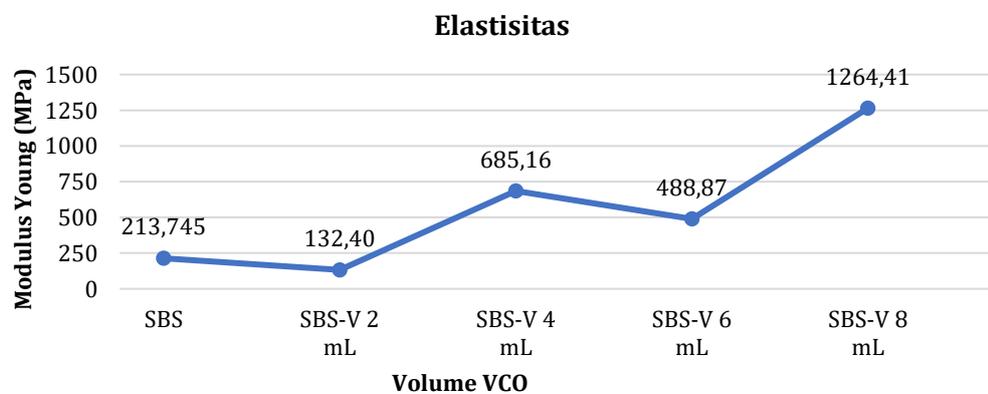
Gambar 2. Grafik Elongasi Plastik SBS-V

Dilihat dari gambar 2 diatas, menunjukkan nilai *elongasi* mengalami penurunan seiring dengan penambahan volume *virgin coconut oil*. Menurut Batang, 2019 nilai persen elongasi sesuai SNI untuk plastik dari rentang 21-220%. Adanya penambahan konsentrasi VCO yang semakin banyak, juga berpengaruh terhadap nilai persen pemanjangan, dikarenakan kandungan asam laurat yang terdapat dalam VCO (Coniwanti *et al.*, 2014). Hal ini dibuktikan dari gambar 2, dimana *elongasi* plastik *biodegradable* dengan konsentrasi VCO 8 ml paling rendah sebesar 15,081.

Nilai kekuatan tarik dan nilai *elongasi* berhubungan terbalik, semakin banyak volume VCO yang ditambahkan, semakin kuat matriks film yang dibentuk molekul, sehingga semakin sulit untuk dipatahkan dan mengakibatkan penurunan nilai *elongasi*.

C. Uji Elastisitas Uji Elastisitas (*Modulus Young*)

Elastisitas merupakan ukuran kekakuan dari plastik *biodegradable* yang dihasilkan.



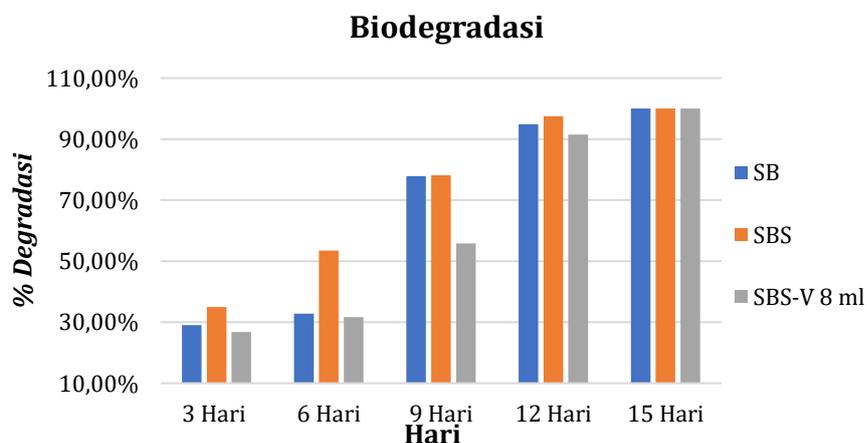
Gambar 3. Grafik Elastisitas Plastik SBS-V

Gambar 3 menunjukkan bagaimana nilai elastisitas meningkat seiring dengan bertambahnya volume VCO yang ditambahkan. Jumlah polimer yang diberikan memengaruhi nilai elastisitas, semakin banyak volume VCO yang ditambahkan, semakin tinggi nilai elastisitas.

Elastisitas sendiri berhubungan terbalik dengan kuat tarik karena semakin besar volume VCO yang digunakan dalam proses pembuatan plastik *biodegradable*, sehingga mengakibatkan semakin tebalnya jumlah polimer yang menyusun matriks, sehingga membutuhkan gaya yang besar, mengakibatkan kuat tarik semakin kuat. *Bioplastik* dengan kekuatan tarik yang tinggi akan mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis dengan baik.

D. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi plastik *biodegradable* dilakukan untuk mengetahui apakah plastik *biodegradable* yang telah dihasilkan dapat teruraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah dalam rentang waktu tertentu. Proses biodegradasi dapat diketahui dari penurunan berat plastik dan putusya rantai polimer, karena bioplastik menggunakan bahan baku yang mudah berinteraksi dengan air dan mikroorganisme serta sensitif terhadap pengaruh fisika kimia (Illing, *et al.*, 2019).



Gambar 4. Grafik Biodegradasi Plastik SBS-V

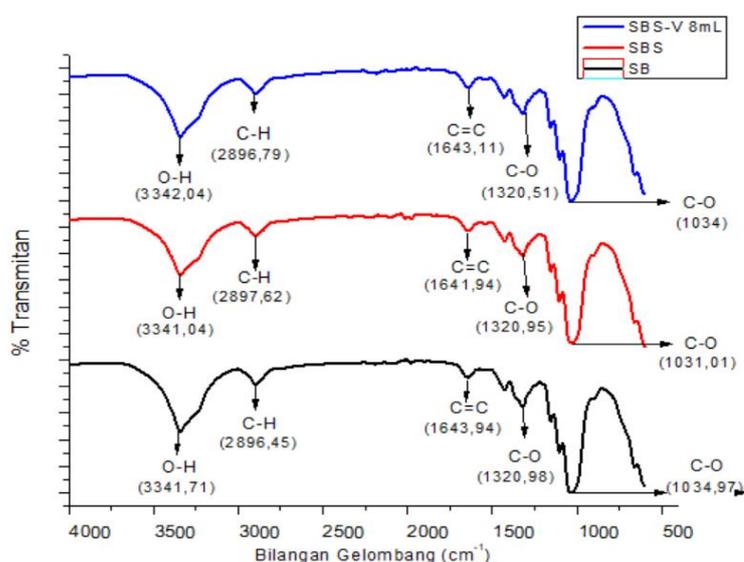
Gambar 4 dapat dilihat bagaimana laju biodegradasi plastik berpengaruh dengan seiring penambahan konsentrasi VCO. Hal ini dikarenakan selain bersifat hidrofobik, VCO juga memiliki sifat antibakteri. Aktivitas antimikroba VCO meningkat seiring dengan

peningkatan konsentrasi, yang memungkinkannya untuk mencegah mikroba untuk mendegradasi plastik (Juliyarsi *et al.*, 2021).

Penguraian plastik berkaitan dengan kemampuannya untuk menyerap air. Semakin banyak kandungan air suatu material maka semakin mudah untuk mengalami degradasi. Biodegradasi juga berkaitan dengan kuat tarik, dimana semakin tinggi kuat tarik maka akan semakin lama pula biodegradasinya karena adanya ikatan hidrogen yang memperkuat plastik.

E. Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Karakterisasi Gugus Fungsi Plastik SBS-VCO berguna untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi yang terdapat pada sampel plastik SB, SBS, dan SBS-V 8ml. Bilangan gelombang yang digunakan dalam analisa struktur pada FTIR ini yaitu rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} (Prameswari, *et al.*, 2022).



Gambar 5. Spektrum FTIR Plastik SBS-VCO

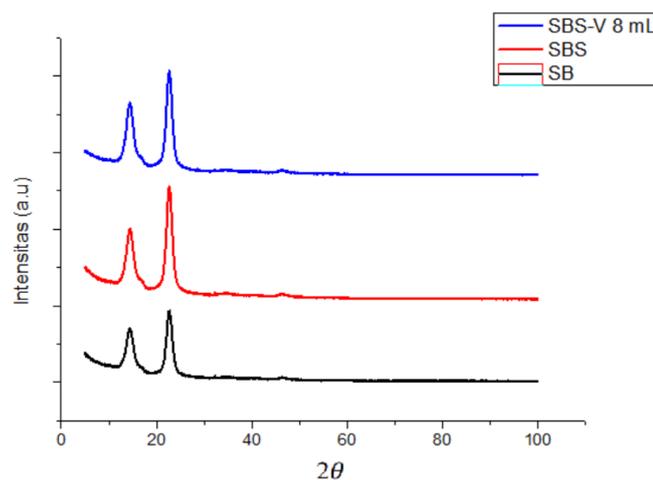
Dari gambar 5, dapat dianalisis gugus fungsi yang terdapat pada SB, SBS, dan SBS-VCO 8 ml yaitu gugus O-H di bilangan gelombang antara 3750-3000 cm^{-1} , ikatan C-H pada bilangan gelombang antara 3000-2700 cm^{-1} , ikatan C=C pada bilangan gelombang antara 1675-1500 cm^{-1} , ikatan C-O pada bilangan gelombang antara 1500-1000 cm^{-1} (Sukardi, *et al.*, 2023).

F. Analisa Kristanitas Plastik menggunakan XRD

Tabel 1. Bilangan gelombang puncak spektra plastik SBS-V

Sampel	Puncak (cm ⁻¹)			
	O-H	C-H	C=C	C-O
SB	3341,71	2896,45	1643,94	1034,97
SBS	3341,04	2897,62	1641,94	1031,01
SBS-V 8 mL	3342,04	2896,79	1643,11	1034,00

Hasil pengujian analisis gugus fungsi menggunakan instrumen FTIR menunjukkan bahwa yang terjadi hanyalah pergeseran gugus fungsi, tidak terjadi pembentukan gugus fungsi baru. Pergeseran gugus fungsi disebabkan karena adanya penambahan Sorbitol dan VCO pada SB. Dimana pada proses pembuatan plastik *biodegradable* yang disertai dengan penambahan zat aditif merupakan proses *blending* secara fisika karna tidak ditemukan gugus fungsi baru (Hayati *et al.*, 2020).



Gambar 6. Difraktogram XRD Plastik SBS-V

Berdasarkan gambar 6, dapat dilihat bahwa difraktogram plastik *biodegradable* ada terbentuk puncak yang tajam dan juga lebar, ini tanda yang menunjukkan adanya amorf dan kristalin.

Tabel 2. Persentase Kristalin SB, SBS, dan SBS-V 8 ml

Sampel	intensitas tertinggi	puncak 2θ	height [cts]	low [cts]	% kristalinitas
SB	100	22,84	3624,15	108,25	97,01%
SBS	100	14,56	3159,21	133,06	95,79%
SBS-V 8 ml	100	14,44	3361,54	66,6	98,02%

Berdasarkan perhitungan derajat kristalinitas pada masing-masing sampel plastik *biodegradable* didapatkan derajat kristalinitas plastik SB murni sebesar 97,01%, sehingga

plastik SB murni memiliki struktur amorf sebesar 2,99%. Untuk derajat kristanilitas SBS sebesar 95,79% dan struktur amorf nya sebesar 4,21% dan untuk derajat kristanilitas SBS-V 8 mL memiliki dejarat kristalinitas sebesar 98,02% dan struktur amorf nya sebesar 1,98%.

Nilai derajat kristalinitas akan mempengaruhi kuat tarik dan kemampuan plastik *biodegradable* untuk terdegradasi. Didalam proses biodegradasi plastik, semakin tinggi tingkat kristalinitas plastik, semakin sulit plastik tersebut terurai. Namun, bagian amorf dari plastik *biodegradable* akan terurai lebih cepat karena lebih rentan terhadap serangan mikroorganismenya pengurai ditanah (Maneking *et al.*, 2020).

Bagian dari polimer yang kurang teratur yaitu amorf karena bagian amorf memiliki gugus fungsi yang lebih tinggi yang berfungsi sebagai substrat dari kristalin. Selain itu, tingkat kristalinitas dalam plastik menentukan nilai kekuatan tarik, yang meningkat seiring dengan peningkatan nilai derajat kristalinitas (Suryadinata *et al.*, 2022).

SIMPULAN

Penambahan VCO dengan berbagai variasi dapat mempengaruhi nilai kuat tarik, elastisitas, *elongasi*, dan biodegradasi pada plastik SBS-V. Nilai kuat tarik, elastisitas tertinggi didapatkan pada variasi penambahan VCO 8 ml yaitu sebesar 133,98 Mpa dan 1264,41 Mpa, pada pengujian ini telah memenuhi SNI dalam pembuatan plastik *biodegradable*, pada pengujian *elongasi* nilainya mengalami kenaikan dari penelitian sebelumnya dan pada pengujian biodegradasi semakin banyak VCO yang ditambahkan kemampuan biodegradasi plastik semakin menurun atau lebih lambat dan didapatkan pada lama penguburan selama 15 hari plastik SBS-V sudah terdegradasi 100%. Pada analisis FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi pada SBS-V, namun tidak ada ditemukannya gugus fungsi baru. Pada analisis kristanilitas menunjukkan persentase derajat kristanilitas plastik SBS-V meningkat seiring telah ditambahkan variasi *Virgin Coconut Oil* (VCO).

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. N., Riyati, N., Restiandika, F., & Lestari, R. A. S. (2018). Plastik Biodegradable Limbah Nasi. Seminar Nasional Teknik Kimia ecosmart, 203– 209.
- Coniwanti, P., Pertiwi, D., Mutia Pratiwi, D., & Raya Palembang-Prabumulih Ogan Ilir, J. (2014). Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Gliserol Dan Vco (Virgin Coconut Oil) Terhadap Karakteristik Edible Film Dari Tepung Aren (Vol. 20, Issue 2).
- Dan, P., Bioplastik, K., Pati, D., Alpukat-Kitosan, B., Sorbitol, P., Afif, M., Wijayati, N., & Mursiti, D. S. (2018). Indonesian Journal of Chemical Science. In J. Chem. Sci (Vol. 7, Issue 2).



- Danni, E. R., Hasan, A., & Junaidi, R. (2023). Pengaruh Penambahan Filler Dari Selulosa Tongkol Jagung Dan Zink Oksida Pada Plastik Biodegradable. In *Jurnal Ilmiah Sain Dan Teknologi* (Vol. 1, Issue 3).
- Hamsina, H., Jaya, I., Anggraini, N., Hasani, R., & Fitriyah, A. T. (2022). The Use Skin Starch Of Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) And Chitosan In A Bioplastic Production With The Addition Of Virgin Coconut Oil (VCO) As Plasticizer.
- Hayati, K., Setyaningrum, C. C., Fatimah, S., Kimia, J. T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., Ahmad, S. J., Tromol, Y., & Kartasura, P. (2020). Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Limbah Nata De Coco Dengan Metode Inversi Fasa. 9–14.
- Ifadah, R. A., Kusnadi, J., Wijayanti, S. D. (2016). Strain Improvement *Acetobacter Xylinum* Menggunakan Ethyl Methane Sulfonate (Ems) Sebagai Upaya Peningkatan Produksi Selulosa Bakteri Strain Improvement *Acetobacter Xylinum* by Ethyl Methane Sulfonate (Ems) To Enhance Bacterial Cellulose Production. In *Strain Improvement A. Xylinum Menggunakan Ethyl Methyl Sulfonate-Ifadah*, Dkk *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* (Vol. 4, Issue 1).
- Illing, I., & Muhammad Nur Alam, Dan. (2019). Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Kepok/Selulosa Serbuk Kayu Gergaji. In *Cokroaminoto Journal Of Chemical Science* (Vol. 1, Issue 1).
- Juliyarsi, I., Melia, S., Novia, D., & Nabila, S. (2021). Physical, Mechanical, And Microstructure Properties Of Whely Edible Films Incorporated With Virgin Coconut Oil (VCO). *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, 888(1).
- Krisnadi, R., Handarni, Y., Udyani, K., & Kimia, J. T. (2019). Pengaruh Jenis Plasticizer Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Bekatul Padi.
- Maneking, E., Sangian, H. F., Herlina, S., Tongkukul, J. (2020). Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa Dengan Plasticizer Gliserol.
- Maryam, M., Rahmad, D., & Yunizurwan, Y. (2019). Sintesis Mikro Selulosa Bakteri Sebagai Penguat (Reinforcement) Pada Komposit Bioplastik Dengan Matriks Pva (Poli Vinil Alkohol). *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 41(2), 110.
- Nurfauzi, S., Sutan, S. M., Argo, D., Djoyowasito, G. (2018). Pengaruh Konsentrasi Cmc Dan Suhu Pengeringan Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Degradasi Pada Plastik Biodegradable Berbasis Tepung Jagung. In *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem* (Vol. 6, Issue 1).
- Pebri, E., Putra, D., & Thamrin, E. S. (2022). Sifat Fisik Dan Mekanik Bioplastik Dari Pati Kulit Pisang Ambon (*Musa Paradisiacal*) Dengan Plasticizer Sorbitol Physical and Mechanical Properties Of Bioplastic From Ambon Banana Skin Starch With Sorbitol Plasticizer. *Agroindustrial Technology Journal*, 6(2), 164–174.
- Prameswari, C. A., Rifita Prembayun, A., Puspitaningrum, A., Naaifah, M. I., Azhari, F., Iqbal, M., Hasan, N., Khoirunnisa, A. (2022). Sintesis Plastik Biodegradable Dari Pati Kulit Singkong Dan Kitosan Kulit Larva Black Soldier Fly Dengan Penambahan Polyethylene Glycol Sebagai Plasticizer.
- Putra, A., Marrietta, Y., & Amran, A. (2019). Journal Of Chemical Natural Resources Bacterial Cellulose-Based Biodegradable Plasticfrom Pineapple (*Ananassativus*) Skin Waste: The Effectof Sorbitol On The Quality Of The Biodegradable Plastic. *Journal of Chemical Natural Resources*, 01(01), 50–63.
- Safitri, N., Rahmaniah, R., & Iswadi, I. (2021). Studi Kualitas Film Plastik Biodegradable Berbasis Pati Jagung Ketan (*Zea Mays Ceratina*) Dengan Penambahan Kitosan Dan Virgin Coconut Oil (Vco). *Jft: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 8(1), 65.
- Sukardi, A. S., & Putra, A. (2023). Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Sifat Fisik, Mekanik Dan Biodegradasi Plastik Biodegradable Berbasis Selulosa Bakteri-Sorbitol Dari Air Kelapa (*Cocos Nucifera*). *Chemistry Journal of Universitas*, 12(1).
- Suryadinata, A., & Putra, A. (2023). Pengaruh Penambahan Virgin Coconut Oil (VCO) Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradasi Plastik Biodegradable Berbasis Selulosa Bakteri-Polietilen Glikol (PEG) Dari Air Kelapa (*Cocos Nucifera*). *Chemistry Journal of Universitas*, 12(1).
- Syafiqah Kamarudin, N., Abdul Rahman, N., Sahaid Kalil, M., Kartom Kamarudin, S., Esa, F. (2019). Penghasilan Selulosa Bakteria Yang Ekonomik Daripada Air Kelapa Tua. In *Malays. Appl. Biol* (Vol. 48, Issue 2).
- Wahyunita, N., Putra, A., Kalmar Nizar, U., Azra, F. (2022). Pengaruh Penambahan Gum Arab Terhadap Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Air Kelapa. *Chemistry Journal of Universitas*, 11(3).