

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Karakterisasi Sifat Fisis

Pada karakterisasi sifat fisis terdapat dua pengujian yang dilakukan yaitu:

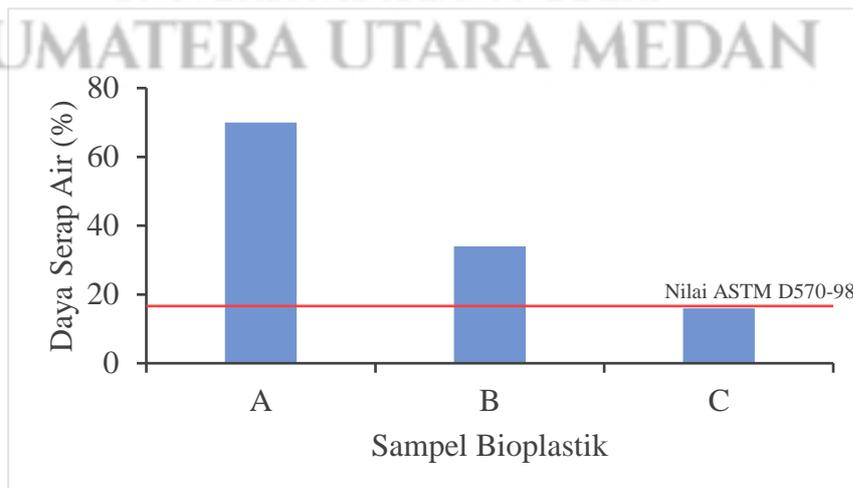
#### 4.1.1 Hasil Pengujian Daya Serap Air

Pada pengujian daya serap air ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan atau daya menyerap sampel jika terkena dengan air. Hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Pengujian Daya Serap Air

Sampel	Daya Serap Air (%)	ASTM D570-98 (%)
A	70	
B	34	Min. 16,63%
C	16	

Dari Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai penyerapan air yang dihasilkan pada sampel A sebesar 70%, pada sampel B sebesar 34%, dan pada sampel C sebesar 16%. Sehingga nilai maksimumnya terdapat pada sampel A sebesar 70% dengan variasi perbandingan selulosa : pati 25% : 75% dan untuk penyerapan minimumnya terdapat pada sampel C sebesar 16% dengan variasi perbandingan selulosa : pati 75% : 25%. Berikut ini diagram pengujian daya serap air yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Hasil Pengujian Daya Serap Air

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa penambahan selulosa ampas tebu pada bioplastik maka semakin besar ketahanan bioplastik terhadap air. Karena pati lebih sensitif terhadap air karena sifat hidrofilik daripada selulosa. Selulosa memiliki ikatan hidrogen yang kuat dan karakteristik yang memiliki kesulitan untuk ikatan dengan air (Intandiana dkk., 2019). Ukuran selulosa juga berpengaruh terhadap daya serap air, semakin kecil ukuran selulosa maka akan semakin tinggi ketahanan airnya (Fadilla dkk., 2023). Sehingga berdasarkan ASTM D570-98 daya serap terbaik terdapat pada sampel A dengan rasio selulosa : pati 25% : 75% dengan nilai daya serap sebesar 70%.

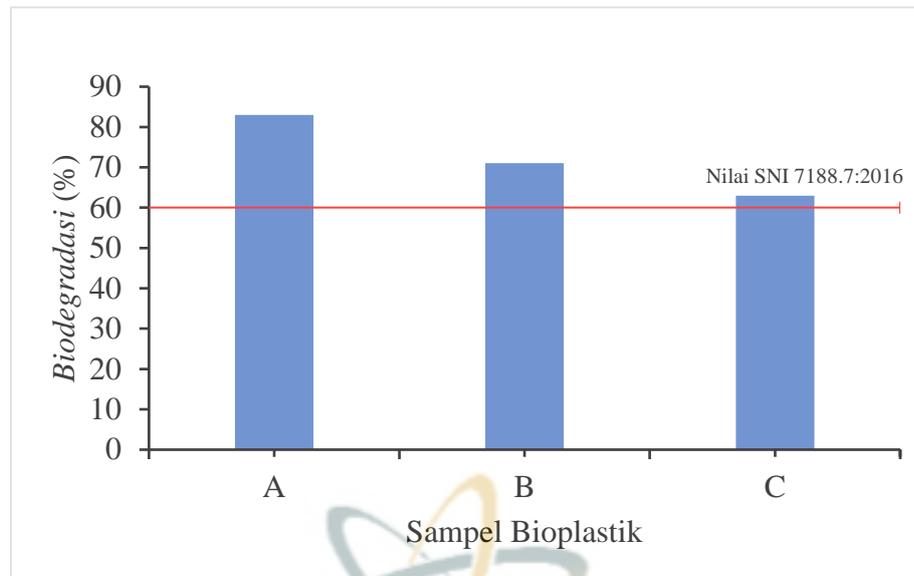
#### 4.1.2 Hasil Pengujian *Biodegradasi*

Pengujian *biodegradasi* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan bioplastik terurai dengan baik di dalam tanah. Pengujian *biodegradasi* ini dapat dilihat dari pengurangan massa sampel setelah ditanam di dalam tanah. Hasil pengujian *biodegradasi* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Pengujian *Biodegradasi*

Sampel	<i>Biodegradasi</i> (%)	SNI 7188.7:2016 (%)
A	83	
B	71	>60
C	63	

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pengujian *biodegradasi* pada sampel A sebesar 83%, pada sampel B sebesar 71%, dan pada sampel C sebesar 63%. Sehingga dapat dilihat bahwa nilai maksimum terdapat pada sampel A sebesar 83% dengan variasi perbandingan selulosa : pati 25% : 75% dan untuk nilai minimumnya terdapat pada sampel C sebesar 63% dengan variasi perbandingan selulosa : pati 75% : 25%. Berikut ini diagram pengujian *biodegradasi* yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Hasil Pengujian *Biodegradasi*

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa sampel bioplastik dapat terdegradasi di dalam tanah. Hal ini sesuai dengan SNI 7188.7:2016 berat sampel akan menurun >60% setelah ditanam didalam tanah selama satu minggu. Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa penambahan jumlah selulosa ampas tebu pada sampel bioplastik mengakibatkan penurunan kemampuan terdegradasi. Hal ini disebabkan karena pati memiliki sifat hidrofilik daripada selulosa, sehingga pada variasi komposisi pati yang lebih banyak daripada selulosa ampas tebu membuat bioplastik lebih mudah terdegradasi dibandingkan dengan variasi komposisi selulosa ampas tebu lebih banyak dibandingkan pati kentangnya. Karena, selulosa ampas tebu memiliki ikatan yang sukar untuk diputuskan oleh mikroba sehingga memerlukan waktu yang sangat lama untuk terdegradasi (Nafisah, 2022). Berdasarkan SNI 7188.7:2016 *biodegradasi* terbaik terdapat pada sampel A dengan rasio selulosa : pati 25% : 75% dengan nilai *biodegradasi* sebesar 83%.

#### 4.2 Hasil Karakterisasi Sifat Mekanis

Pada karakterisasi sifat mekanis terdapat tiga pengujian yang dilakukan yaitu:

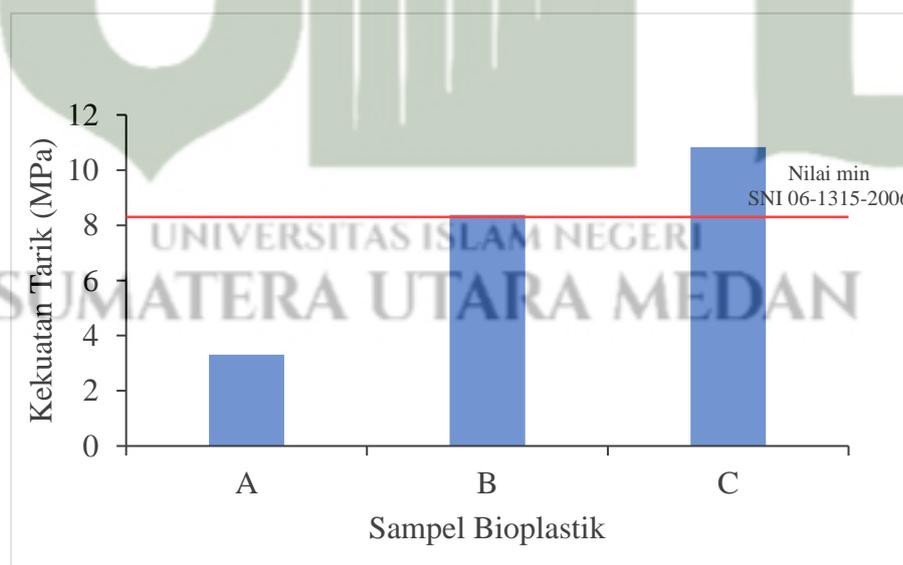
##### 4.2.1 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui kemampuan sampel dalam mempertahankan bentuk jika diberikan sebuah gaya tarik. Berikut ini hasil pengujian kekuatan tarik yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Pengujian Kekuatan Tarik

Sampel	Kekuatan Tarik (MPa)	SNI 06-1315-2006 (MPa)
A	3,3114	
B	8,3827	Min. 8,3
C	10,8316	

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pengujian kekuatan tarik bioplastik pada sampel A menghasilkan kuat tarik sebesar 3,3114 MPa, pada sampel B menghasilkan kuat tarik sebesar 8,3827 MPa, dan pada sampel C menghasilkan kuat tarik sebesar 10,8316 MPa. Dari hasil pengujian kekuatan tarik didapatkan nilai maksimum pengujian kekuatan tarik bioplastik pati kentang dan selulosa ampas tebu didapatkan pada sampel C sebesar 10,8316 MPa dengan variasi perbandingan selulosa : pati 75% : 25% dan untuk nilai minimum pengujian kuat tarik didapatkan pada sampel A sebesar 3,3114 MPa dengan variasi perbandingan selulosa : pati 25% : 75%. Berikut ini diagram pengujian kekuatan tarik yang dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Diagram Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa penambahan selulosa ampas tebu semakin banyak memberikan pengaruh pada setiap variasi bioplastik, dimana semakin bertambahnya jumlah selulosa ampas tebu yang digunakan maka semakin

besar nilai kekuatan tarik yang dihasilkan. Karena selulosa memiliki rantai polimer yang lurus dan panjang sehingga menguatkan plastik. Selain itu, peningkatan nilai kuat tarik pada penambahan selulosa yang tinggi karena daya tarik permukaan yang baik dimana terbentuknya ikatan hidrogen yang kuat antara gugus hidroksil dari pati dengan gugus hidroksil dari selulosa. Serat selulosa akan mengurangi ruang pori-pori pada plastik sehingga lebih kuat dan tahan tarikan (Fadilla dkk., 2023). Hal ini sejalan dengan penelitian Nafisah dkk. (2022) dimana nilai kuat tarik semakin tinggi dengan menambahkan selulosa ampas tebu.

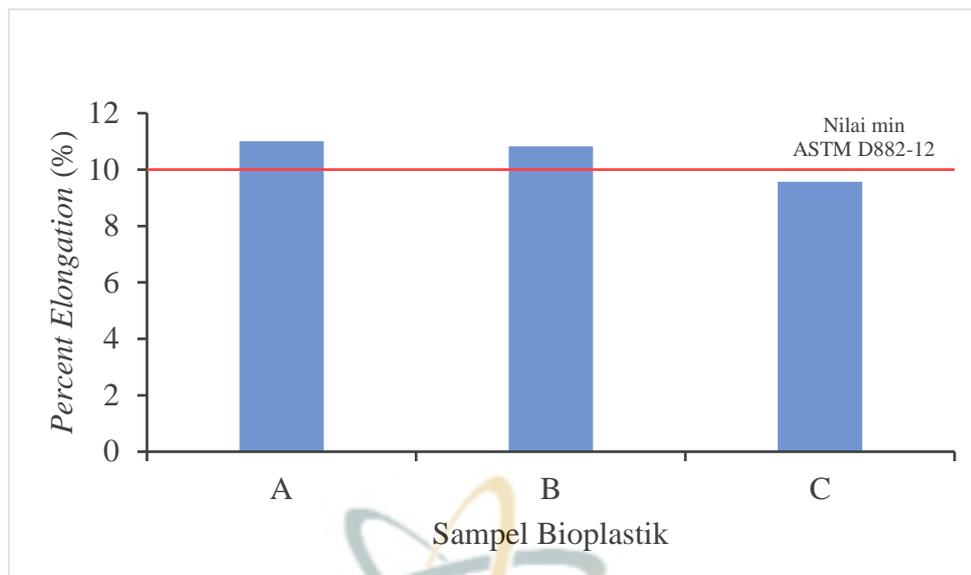
#### 4.2.2 Hasil Pengujian *Percent Elongation*

Pengujian *percent elongation* dilakukan untuk mengetahui perubahan panjang pada sampel saat pengujian kekuatan tarik yang hasilnya dibagi dengan panjang sampel sebelum pengujian. Berikut ini hasil pengujian kekuatan tarik yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Pengujian *Percent Elongation*

Sampel	<i>Percent Elongation</i>	ASTM D882-12
	(%)	(%)
A	11,002	Min. 10
B	10,828	
C	9,574	

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa pengujian *percent elongation* bioplastik pada sampel A sebesar 11,002%, pada sampel B sebesar 10,828% dan pada sampel C sebesar 9,574%. Dari hasil pengujian *percent elongation* didapatkan nilai maksimum pengujian *percent elongation* bioplastik pati kentang dan selulosa ampas tebu didapatkan pada sampel A sebesar 11,002%, dengan variasi perbandingan selulosa : pati 25% : 75% dan untuk nilai minimum pengujian *percent elongation* bioplastik pati kentang dan selulosa ampas tebu didapatkan pada sampel C sebesar 9,574%, dengan variasi perbandingan selulosa : pati 75% : 25%. Berikut ini diagram pengujian *percent elongation* yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Diagram Hasil Pengujian *Percent Elongation*

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa semakin banyak komposisi selulosa yang terkandung di dalamnya maka persen elongasi semakin berkurang. Hal ini dikarenakan fleksibilitas yang tinggi pada selulosa sehingga dapat memberikan pengaruh terhadap perpanjangan elongasi pada sampel bioplastik. Hal ini dapat diartikan bahwa nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan nilai perpanjangan elongasi. Ini menyatakan semakin banyak komposisi selulosa yang terkandung di dalamnya maka persen elongasi semakin berkurang. Hal ini dikarenakan fleksibilitas yang tinggi pada selulosa sehingga dapat memberikan pengaruh terhadap perpanjangan elongasi pada sampel bioplastik. Hal ini dapat diartikan bahwa nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan nilai perpanjangan elongasi (Intandiana dkk., 2019). Hal ini sejalan dengan penelitian Nafisah dkk. (2022) dimana nilai *percent elongation* berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik-nya.

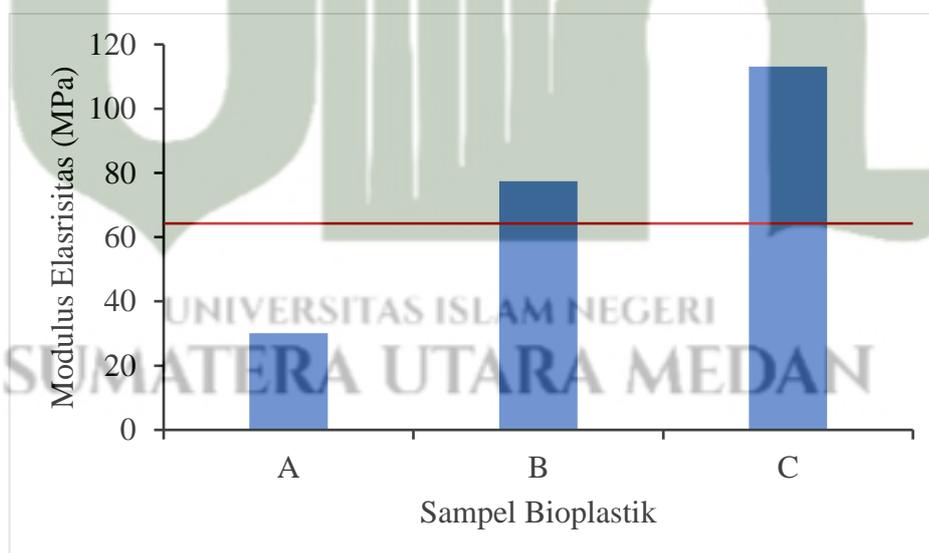
### 4.2.3 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan bioplastik dapat meregang hingga mencapai batas maksimum (putus). Modulus elastisitas dihitung dengan rasio dari tegangan dan regangan yang dihasilkan benda setelah diberi gaya. Berikut ini hasil pengujian kekuatan tarik yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Pengujian Modulus Elastisitas

Sampel	Modulus Elastisitas (MPa)	Referensi Sunny Nafisah (2022) (MPa)
A	30,0982	
B	77,4169	64,26160 – 133,3104
C	113,1356	

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa pengujian modulus elastisitas bioplastik pada sampel A sebesar 30,0982 MPa, pada sampel B sebesar 77,4169 MPa dan pada sampel C sebesar 113,1356 MPa. Dari hasil pengujian modulus elastisitas didapatkan nilai maksimum pengujian modulus elastisitas bioplastik pati kentang dan selulosa ampas tebu didapatkan pada sampel C sebesar 113,1356 MPa, dengan variasi perbandingan selulosa : pati 75% : 25% dan untuk nilai minimum pengujian modulus elastisitas bioplastik pati kentang dan selulosa ampas tebu didapatkan pada sampel A sebesar 30,0982 MPa, dengan variasi perbandingan selulosa : pati 25% : 75%. Berikut ini diagram pengujian modulus elastisitas yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa penambahan selulosa ampas tebu semakin banyak memberikan pengaruh pada setiap variasi bioplastik, dimana semakin bertambahnya jumlah selulosa ampas tebu yang digunakan maka semakin besar nilai modulus elastisitas yang dihasilkan. Karena penambahan selulosa pada

bioplastik akan meningkatkan nilai modulus elastisitas dimana nilai modulus elastisitas yang tinggi akan memberikan kekuatan pada bioplastik, begitupun sebaliknya nilai modulus elastisitas yang rendah akan memberikan sifat elastis pada bioplastik (Fadilla dkk., 2023). Berdasarkan referensi dari penelitian Sunny Nafisah (2022) nilai modulus elastisitas pada sampel B dengan rasio selulosa : pati 50% : 50% dan sampel C dengan rasio selulosa : pati 75% : 25%, masih masuk nilai diantara 64,26160 MPa - 133,3104 MPa.

#### 4.3 Hasil Karakterisasi Sifat *Thermal Menggunakan DSC*

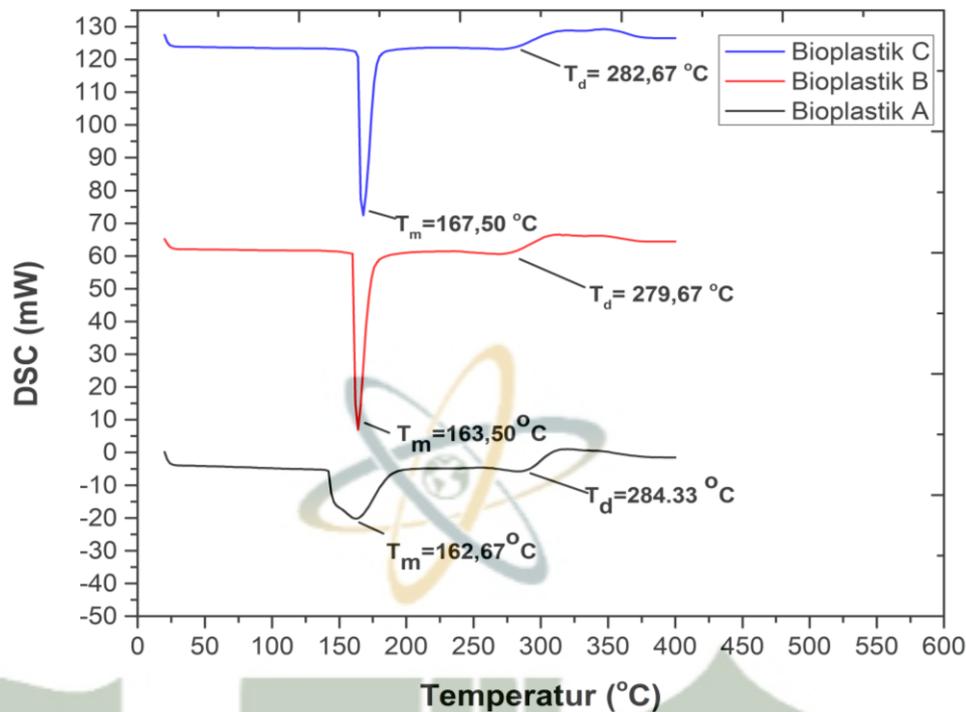
Pengujian DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) adalah metode yang digunakan untuk mempelajari sifat termal bahan. Pada pengujian ini menggunakan alat DSC-1 Mettler Toledo alat ini menghasilkan keluaran berupa termogram. Terdapat tiga hasil termogram DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) yaitu titik leleh ( $T_m$ ) adalah keadaan dimana sampel berubah menjadi cair, titik dekomposisi ( $T_d$ ) adalah keadaan dimana sampel mengalami proses mulai rusak dan persen kristalin untuk mengetahui tingkat kristalinitasnya dengan menggunakan persamaan (2.6). Pengujian DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) dilakukan dengan memanaskan sampel yang sudah dipreperasi terlebih dahulu kemudian sampel dipanaskan dengan suhu 400 °C dengan kenaikan suhu 10 °C/menit. Hasil pengujian DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Pengujian DSC (*Differential Scanning Calorimetry*)

Sampel	$T_m$ (°C)	$T_d$ (°C)	%C
A	162,67	284,33	10,43
B	163,50	279,67	17,92
C	167,50	282,67	22,41

Dari Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa pengujian DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) bioplastik pada sampel A terjadi titik leleh ( $T_m$ ) pada suhu 162,67 °C, titik dekomposisi ( $T_d$ ) pada suhu 284,33 °C, dan persen kristalin sebesar 10,43%. Bioplastik pada sampel B terjadi titik leleh ( $T_m$ ) pada suhu 163,50 °C, titik dekomposisi ( $T_d$ ) pada suhu 279,67 °C, dan persen kristalin sebesar 17,92%.

Bioplastik pada sampel C terjadi titik leleh ( $T_m$ ) pada suhu 167,50 °C, titik dekomposisi ( $T_d$ ) pada suhu 282,67 °C, dan persen kristalin sebesar 22,41%.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian DSC (*Differential Scanning Calorimetry*)

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa titik leleh ( $T_m$ ) adalah puncak bukit saat sampel mengalami proses endotermik yaitu penyerapan energi. Titik dekomposisi ( $T_d$ ) adalah puncak bukit saat sampel mengalami proses mulai rusak. Pada Gambar 4.6 terjadi peningkatan suhu pada titik leleh ( $T_m$ ) setiap penambahan jumlah komposisi selulosa ampas tebu, ini disebabkan karena penambahan selulosa ampas tebu memiliki ketahanan terhadap panas yang kuat sehingga dibutuhkan suhu yang besar untuk melelehkan bioplastiknya (Eikaningrum dkk., 2016).

#### 4.4 Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian pada penelitian sampel bioplastik menunjukkan bahwa penambahan variasi selulosa ampas tebu mempengaruhi nilai dan kualitas dari sampel bioplastik yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan beberapa penelitian diantaranya yaitu: daya serap air, *biodegradasi*, kuat tarik, *percent elongation*, modulus elastisitas, dan *differential scanning calorimetry*.

Pengujian daya serap air menunjukkan bahwa penambahan selulosa ampas tebu pada bioplastik maka semakin besar ketahanan bioplastik terhadap air. Karena pati

lebih sensitif terhadap air karena sifat hidrofilik daripada selulosa. Selulosa memiliki ikatan hidrogen yang kuat dan karakteristik yang memiliki kesulitan untuk ikatan dengan air (Intandiana dkk., 2019). Ukuran selulosa juga berpengaruh terhadap daya serap air, semakin kecil ukuran selulosa maka akan semakin tinggi ketahanan airnya (Fadilla dkk., 2023).

Pengujian *biodegradasi* menunjukkan bahwa penambahan jumlah selulosa ampas tebu pada sampel bioplastik mengakibatkan penurunan kemampuan terdegradasi. Hal ini disebabkan karena pati memiliki sifat hidrofilik daripada selulosa, sehingga pada variasi komposisi pati yang lebih banyak daripada selulosa ampas tebu membuat bioplastik lebih mudah terdegradasi dibandingkan dengan variasi komposisi selulosa ampas tebu lebih banyak dibandingkan pati kentangnya. Karena, selulosa ampas tebu memiliki ikatan yang sukar untuk diputuskan oleh mikroba sehingga memerlukan waktu yang lebih lama untuk terdegradasi (Nafisah., 2022).

Pengujian kekuatan tarik menunjukkan bahwa penambahan selulosa ampas tebu semakin banyak memberikan pengaruh pada setiap variasi bioplastik, dimana semakin bertambahnya jumlah selulosa ampas tebu yang digunakan maka semakin besar nilai kekuatan tarik yang dihasilkan. Karena selulosa memiliki rantai polimer yang lurus dan panjang sehingga menguatkan plastik. Selain itu, peningkatan nilai kuat tarik pada penambahan selulosa yang tinggi karena daya tarik permukaan yang baik dimana terbentuknya ikatan hidrogen yang kuat antara gugus hidroksil dari pati dengan gugus hidroksil dari selulosa. Serat selulosa akan mengurangi ruang pori-pori pada plastik sehingga lebih kuat dan tahan tarikan (Fadilla dkk., 2023).

Pengujian *percent elongation* menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi selulosa yang terkandung di dalamnya maka persen elongasi semakin berkurang. Hal ini dikarenakan fleksibilitas yang tinggi pada selulosa sehingga dapat memberikan pengaruh terhadap perpanjangan elongasi pada sampel bioplastik. Hal ini dapat diartikan bahwa nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan nilai perpanjangan elongasi. menyatakan semakin banyak komposisi selulosa yang terkandung di dalamnya maka persen elongasi semakin berkurang. Hal ini dikarenakan fleksibilitas yang tinggi pada selulosa sehingga dapat memberikan pengaruh terhadap perpanjangan elongasi pada sampel bioplastik. Hal ini dapat

diartikan bahwa nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan nilai perpanjangan elongasi (Intandiana dkk., 2019).

Pengujian modulus elastisitas menunjukkan bahwa penambahan selulosa ampas tebu semakin banyak memberikan pengaruh pada setiap variasi bioplastik, dimana semakin bertambahnya jumlah selulosa ampas tebu yang digunakan maka semakin besar nilai modulus elastisitas yang dihasilkan. Karena penambahan selulosa pada bioplastik akan meningkatkan nilai modulus elastisitas dimana nilai modulus elastisitas yang tinggi akan memberikan kekuatan pada bioplastik, begitupun sebaliknya nilai modulus elastisitas yang rendah akan memberikan sifat elastis pada bioplastik (Fadilla dkk., 2023).

Pengujian *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) menunjukkan bahwa titik leleh ( $T_m$ ) mengalami peningkatan sering penambahan selulosa ampas tebu pada bioplastik, ini disebabkan karena penambahan selulosa ampas tebu memiliki ketahanan terhadap panas yang kuat sehingga dibutuhkan suhu yang besar untuk melelehkan bioplastiknya (Eikaningrum dkk., 2016). Penambahan selulosa ampas tebu juga mempengaruhi tingkat persen kristalin bioplastik jika dicarai nilai persen kristalinnya menggunakan persamaan (2.6). Dimana pada sampel A nilai persen kristalinnya sebesar 10,43%, pada sampel B nilai persen kristalinnya sebesar 17,92% dan pada sampel C nilai persen kristalinnya sebesar 22,41%.

Dari pengujian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa penambahan selulosa ampas tebu dan pati kentang yang digunakan pada bioplastik mempengaruhi uji daya serap air, uji *biodegradasi*, uji kekuatan tarik, uji *percent elongation*, uji modulus elastisitas dan uji DSC (*Differential Scanning Calorimetry*). Karena semakin banyak rasio pati yang digunakan pada sampel nilai uji daya serap, uji *biodegradasi* dan uji *percent elongation* lebih tinggi nilainya, dibandingkan sampel yang rasio pati lebih sedikit. Tetapi semakin banyak rasio selulosa yang digunakan semakin baik nilai untuk uji kekuatan tarik, modulus elastisitas dan uji DSC (*Differential Scanning Calorimetry*).

Variasi yang menghasilkan komposisi dengan kualitas terbaik pada pembuatan bioplastik pati kentang dan selulosa ampas tebu pada pembuatan bioplastik pati kentang dan selulosa ampas tebu ialah terdapat pada sampel C dengan variasi selulosa 75% dan pati 25% mencapai sebanyak empat parameter uji yaitu, nilai

*biodegradasi* sebesar 63% mencapai SNI 7188.7:2016, nilai kekuatan tarik sebesar 10,8316 MPa mencapai SNI 06-1315-2006 dan nilai modulus elastisitas sebesar 113,1356 MPa mencapai nilai referensi Sunny Nafisah (2022), titik leleh ( $T_m$ ) sebesar 167,50 °C mencapai nilai SNI 06-1315-2006 dan jika dicari nilai persen kristalin didapatkan sebesar 22,41%. Sampel ini dipilih menjadi sampel yang terbaik kualitas walaupun pada uji daya serap air sebesar 16% dan uji *percent elongation* sebesar 9,574% belum mencapai standar karena, menurut (Permana dkk., 2021) semakin tinggi daya serap suatu bioplastik maka tingkat ketahanan bioplastik terhadap air semakin rendah sehingga tingkat kerusakan semakin besar pula dan kelarutan dalam air semakin besar pula sehingga mempercepat bioplastik rusak. Sebaliknya jika tingkat penyerapan airnya rendah maka tingkat ketahanannya semakin besar dalam air sehingga akan memperlambat tingkat kerusakan bioplastik dalam air dan dapat bertahan lama. Dan menurut (Aisyi dkk., 2024) semakin rendah nilai elongasi dari bioplastik, maka karakteristik dari bioplastik semakin bagus. Nilai elongasi berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik, nilai perpanjangan terendah merupakan nilai kuat tarik yang tertinggi.

