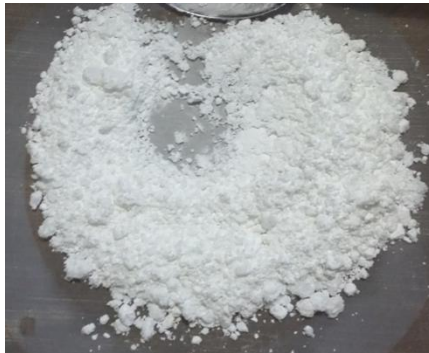


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pembuatan Pati Ubi Kayu

Pati ubi kayu yang dibuat melalui proses pengendapan selama kurang lebih 2 hari mendapatkan hasil berupa pati ubi kayu yang berwarna putih, sangat halus, tidak berbau, dan tidak berasa seperti pada **Gambar 4.1**.

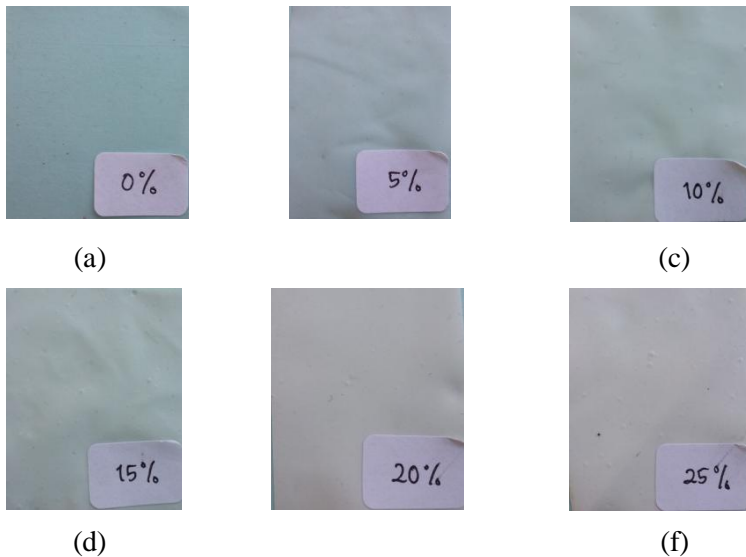


**Gambar 4.1** Pati Ubi Kayu

### 4.2 Hasil Pembuatan Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi *Filler ZnO*

Bioplastik yang dihasilkan dengan bahan utama pati ubi kayu ini memiliki sifat optik yang transparan dan memiliki sedikit gelembung di semua permukaan. Sedangkan pada bioplastik dengan bahan utama pati ubi kayu dan ZnO memiliki sifat optik yang berbeda, warna yang dihasilkan yaitu putih dan tidak transparan. Pada **Gambar 4.2** dapat diamati bahwa terdapat perbedaan sifat optik pada masing masing sampel, pada sampel 0% memiliki sifat transparan, *background* foto yang digunakan berwarna hijau, dan dari hasil foto dapat diamati bahwa *background* foto tembus pandang pada sampel sehingga tampak berwarna hijau. Sedangkan pada sampel lainnya dengan kandungan ZnO tampak berwarna putih.

Semakin banyak kandungan ZnO maka menghasilkan warna putih yang semakin pekat. Hal ini terlihat pada sampel 25% yang memiliki warna putih paling pekat. Sampel bioplastik pati ubi kayu yang telah dihasilkan memiliki persebaran partikel *filler* yang baik, hal ini ditandai dengan adanya perubahan warna saat pencampuran ZnO. Pencampuran menggunakan *ultrasonic cleaner* sangat membantu tersebarnya partikel *filler* sehingga dapat merata dengan baik.



**Gambar 4.2** Sampel Hasil Pembuatan Bioplastik Pati Ubi Kayu Dengan Variasi Kandungan Filler ZnO (a) 0% (b) 5% (c) 10% (d) 15% (e) 20% (f) 25%.

Bioplastik dengan bahan utama pati ubi kayu dengan pemlastis gliserol dan sorbitol dengan tambahan bahan ZnO sebagai penguat ini menggunakan metode cetak tuang. Setelah campuran diaduk dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* dan *magnetic stirrer* campuran selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan kaca akrilik lalu dikeringkan. Bioplastik yang dihasilkan dikeringkan dalam cetakan kaca akrilik dengan ukuran 20 cm x 20 cm, proses pengeringan sampel dilakukan pada oven dengan suhu 60°C selama 6 jam. Sampel bioplastik yang dihasilkan setelah proses pengeringan memiliki ketebalan yang berbeda, hal ini juga dipengaruhi oleh ZnO

yang ditambahkan ketebalan yang dihasilkan berkisar antara 7,5 $\mu$ m-13 $\mu$ m.

**Tabel 4.1** Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu Dengan Variasi Kandungan *Filler* ZnO

No	Kandungan ZnO (%)	D ( $\mu$ m)
1	0	13,00 $\pm$ 0,5
2	5	8,24 $\pm$ 0,5
3	10	7,51 $\pm$ 0,5
4	15	8,54 $\pm$ 0,5
5	20	10,96 $\pm$ 0,5
6	25	12,35 $\pm$ 0,5

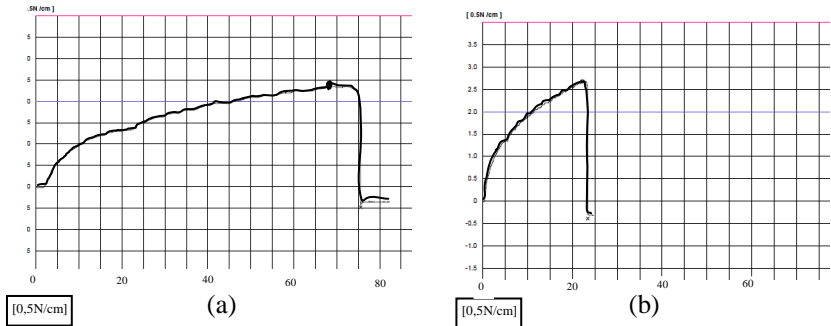
Dalam campuran ini ZnO berfungsi sebagai *filler* dan *plasticizer* berfungsi sebagai matriks. Menurut Fowler, 2006 matriks merupakan fase yang lebih lemah dibandingkan dengan fasa penguat. ZnO yang berperan sebagai filler berfungsi untuk menguatkan plastik yang telah dihasilkan oleh *plasticizer* dan pati ubi kayu. Filler berfungsi sebagai bahan untuk menguatkan dan mengeraskan material dalam komposit, semakin kecil ukuran filler yang digunakan maka semakin baik persebaran partikel filler didalam matriks polimer tersebut. Gliserol dan sorbitol merupakan bahan pemlastis yang digunakan dalam campuran ini , fungsinya adalah untuk memberikan sifat plastis pada bahan komposit didalamnya serta berfungsi untuk menurunkan kekauan polimer dan sekaligus meningkatkan fleksibilitas. Biasanya bahan matriks cenderung lebih lemah, namun dengan adanya bahan filler yang berfungsi sebagai penguat maka komposit yang dihasilkan akan memiliki sifat mekanik yang baik. Pati ubi kayu yang digunakan sebagai bahan utama juga merupakan bagian dari *filler* dalam pembuatan bioplastik ini , pati yang mengandung amilosa dan amilopektin akan mengalami proses gelatinisasi , pati ubi kayu mempunyai kandungan amilosa sebesar 25% dan amilopektin 75% (Elliason dan Gadmundsson, 1996). Proses gelatinisasi adalah proses pada saat pati kering dimasukkan ke

dalam air dingin, granula patinya akan menyerap air dan membengkak. Namun demikian jumlah air yang terserap dan pembengkakannya terbatas. Air yang terserap hanya dapat mencapai 30%. Peningkatan volume granula pati akan terjadi dalam air pada suhu antara 52°C-64°C merupakan pembengkakan yang sesungguhnya, dan setelah pembengkakan ini granula pati akan kembali ke kondisi semula. Perubahan tersebut yang dinamakan sebagai gelatinisasi. Dengan adanya proses gelatinisasi maka mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen (Winarno, 1991). Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat lepasnya air sehingga gel akan membentuk film yang stabil (Firdaus dan Anwar, 2014). Setelah mengalami gelatinisasi umumnya pati akan berubah mengental seperti gel. Pati yang telah tergelatinisasi inilah yang kemudian bekerja sama saling berikatan dengan bahan pemlastis dan bersamaan mengikat filler yang berfungsi sebagai penguat bahan komposit tersebut.

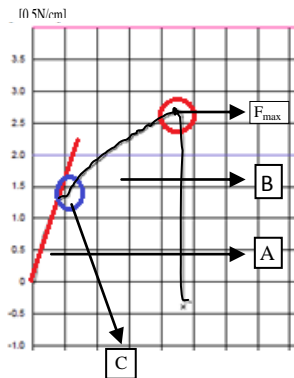
### **4.3 Sifat Mekanik Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi *Filler* ZnO**

Pengujian sifat mekanik dalam pembuatan sampel bioplastik dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat sampel menahan beban sesaat sebelum putus. Pengujian mekanik dilakukan dengan cara sampel dikenai gaya sehingga bahan tersebut merespon dengan pemanjangan sampai putus, lihat **Gambar 4.5**. Berdasarkan respon tersebut maka dapat dianalisa sifat mekaniknya. Hasil yang dapat dianalisa dari pengujian sifat mekanik bioplastik adalah berupa nilai kekuatan tarik dan nilai persen pemanjangan.

Setelah melakukan uji tarik didapatkan hasil berupa grafik gaya terhadap waktu yang mampu direkam oleh aplikasi *ZP recorder* pada komputer selama proses pengujian.



**Gambar 4.3** Grafik Hasil Perekaman Uji Tarik Sampel Bioplastik Berbahan Utama Pati Ubi Kayu (a) Tanpa *Filler ZnO* (b) Dengan *Filler ZnO*



R	10000,00	S	24639
Mx	2,68	MI	-0,39
A	1,762	Th	---
V	---	T	---

Celling	4.000
Bottom	2.000
L-Boundary	---
R-Boundary	---

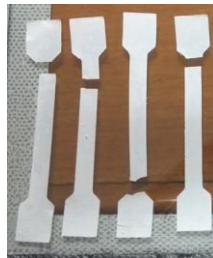
**Gambar 4.4** *Zoom Out* Grafik Perekaman Uji Tarik Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan *Filler ZnO*

Grafik perekaman yang ada, memberikan beberapa informasi beberapa informasi. Sumbu x menjelaskan tentang fungsi waktu, dimana waktu yang dimaksud adalah waktu lamanya pemberian gaya terhadap sampel hingga sampel putus. Dan sumbu y merupakan besarnya gaya yang diberikan terhadap sampel melalui tuas pemutar. Awalnya garis berjalan dimulai dari angka 0, seiring dengan bertambahnya waktu, gaya yang diberikan semakin bertambah.

Selama proses pemberian gaya sampel mengalami deformasi elastis dan plastis. Deformasi elastis adalah kemampuan sebuah sampel untuk kembali ke bentuk semula setelah menerima gaya. Peristiwa ini terjadi pada garis linier merah pada grafik dan ditandai dengan simbol A. Selama deformasi elastis terjadi hubungan penambahan gaya dan waktu yang linier. Berdasarkan grafik diperkirakan sampel mengalami deformasi elastis pada nilai  $F$  sebesar 0 hingga 1,48 N. Pada simbol C, grafik menunjukkan adanya titik luluh yang menandai adanya perubahan deformasi elastis menuju deformasi plastis. Setelah terjadi *necking* maka sampel kemudian mengalami deformasi plastis. Deformasi plastis merupakan keadaan dimana suatu sampel tidak dapat kembali ke bentuk awal setelah pemberian gaya. Deformasi plastis terjadi setelah adanya deformasi elastis hingga titik  $F_{max}$ , seperti yang ditunjukkan pada simbol B. Setelah mencapai nilai  $F_{max}$ , artinya sampel tidak mampu menerima gaya lagi dan sampel telah putus. Maka terbentuklah garis vertikal pada grafik yang menjelaskan bahwa terjadi penurunan gaya hingga nilai 0 atau artinya sampel sudah tidak menerima gaya apapun. Mengenai fungsi waktu dapat diperkirakan sampel tersebut putus pada saat detik ke 25, pada tabel tidak dijelaskan mengenai waktu yang tercatat pada saat pengujian. Dari grafik dapat dikatakan bahwa sampel bioplastik yang dibuat memiliki pencampuran partikel didalamnya merata dengan baik, hal ini diketahui dari grafik yang *smooth* (tidak memiliki banyak gerigi).



(a)



(b)

**Gambar 4.5** Sampel Uji Tarik Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Filler ZnO (a) Sebelum Pengujian Kuat Tarik (b) Setelah Pengujian Kuat Tarik

Hasil kekuatan tarik pada masing masing sampel mengalami perbedaan. Perbedaan komposisi yang ada didalam campuran maka akan menghasilkan jumlah ikatan kimia yang berbeda pula. Hal ini dikarenakan afinitas yang terjadi didalam sampel bioplastik yang telah dibuat. Afinitas merupakan keadaan dimana atom dan molekul memiliki kecenderungan untuk bersatu dan berikatan. Semakin kuat ikatan yang terjadi maka semakin baik sifat mekanik dari bahan tersebut.

**Tabel 4.2** merupakan hasil perhitungan dari semua sampel yang terkait besaran mekanik. Pada **Gambar 4.6** menunjukkan tren grafik yang sama antara kuat tarik dan modulus *Young*. Sampel 0% memiliki nilai yang rendah mulai mengalami kenaikan pada sampel 5% dan 10%. Nilai kuat tarik dan modulus *Young* berada pada nilai maksimum untuk sampel 10%. Bertambahnya kandungan ZnO sebanyak 15%, 20% dan 25% membuat nilai kuat tarik dan modulus *Young* mengalami penurunan berturut turut. Sedangkan pola grafik yang ditunjukkan pada regangan atau persen pemanjangan memiliki nilai yang berbanding terbalik dengan kuat tarik dan modulus *Young*. Nilai maksimum berada pada sampel 0%, dan nilai terendah pada sampel 10%.

**Tabel 4.2** Hasil Uji Kekuatan Mekanik Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan *Filler* ZnO

Kandungan ZnO	Tegangan (MPa)	Persen Pemanjangan (%)	Modulus Young (MPa)
0%	3,17 ± 0,11	138 ± 0,05	2,30 ± 0,05
5%	3,31 ± 0,12	72 ± 0,02	4,59 ± 0,17
10%	3,63 ± 0,05	67 ± 0,03	5,46 ± 0,28
15%	3,57 ± 0,03	79 ± 0,02	4,51 ± 0,12
20%	3,13 ± 0,12	82 ± 0,03	3,86 ± 0,23
25%	2,99 ± 0,13	104 ± 0,02	2,87 ± 0,13

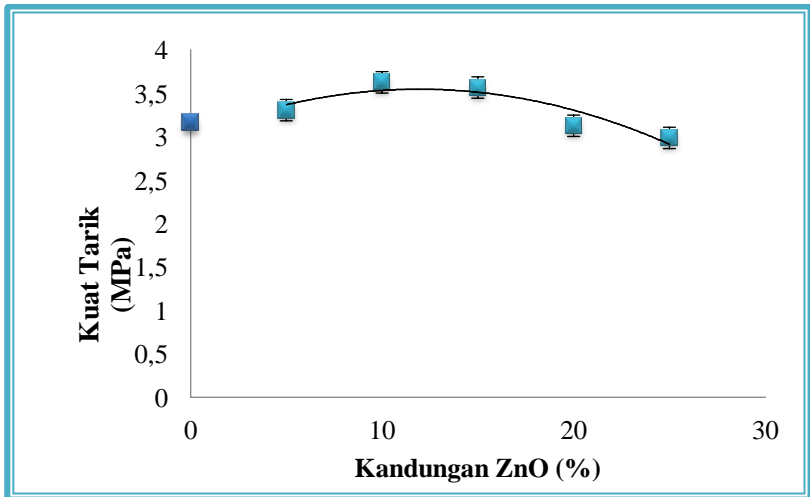
### 4.3.1 Kekuatan Tarik Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi *Filler* ZnO

Kekuatan tarik merupakan salah satu hasil yang didapatkan dari pengujian mekanik bioplastik. Setelah dilakukan uji mekanik didapatkan nilai kuat tarik yang menjelaskan tentang seberapa kuat sampel menahan gaya yang diberikan sebelum putus.

Berdasarkan **Gambar 4.6** diperoleh hasil bahwa semua sampel bioplastik baik yang memiliki kandungan ZnO maupun yang tidak mengandung ZnO memiliki kuat tarik di atas 3MPa kecuali pada sampel 25% yang memiliki kuat tarik 2,99 MPa. Artinya, semua sampel bioplastik pati ubi kayu yang dihasilkan memiliki kuat tarik yang tinggi dan telah melebihi standart kuat tarik plastik yang ada. Pada kandungan *zinc oxide* 0% digunakan sebagai kontrol dengan tujuan untuk mengetahui komposisi ZnO yang paling optimum. Pada kandungan ZnO 0% mendapatkan hasil kuat tarik sebesar 3,17 MPa yang kemudian mengalami kenaikan pada komposisi 5%, 10% dan 15%. Kenaikan yang terjadi tidak signifikan sekitar 4,4% - 14,5%. Pada sampel dengan kandungan ZnO 5% memiliki nilai kuat tarik 3,31 MPa Hasil terbaik terjadi pada kandungan ZnO 10% yaitu sebesar 3,63 MPa. Pada sampel dengan kandungan ZnO 15% juga memiliki hasil yang baik, nilai kuat tarik yang lebih baik dibandingkan dengan sampel 0% menandakan ZnO dengan jumlah tersebut masih mampu meningkatkan kuat tarik. Selanjutnya pada sampel dengan kandungan ZnO 20% dan 25% mengalami nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan sampel 0% yaitu sebesar 3,13 MPa dan 2,99 MPa. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan kandungan ZnO 20% dan 25% sudah tidak mampu meningkatkan nilai kuat tarik.

Berdasarkan *trendline* yang ditampilkan pada **Gambar 4.6**, menunjukkan bahwa terjadi kenaikan dari sampel 0% hingga sampel 10%. Kemudian mengalami penurunan kuat tarik berturut-turut pada sampel 15% hingga 25%. Pada seluruh sampel, garis error berada pada *trendline* yang dibuat pada grafik sehingga koefisien regresi dari grafik kuat tarik tersebut cukup baik yaitu 0,82 Namun *trendline* yang ada tidak menentukan nilai kuat tarik pada bioplastik tanpa kandungan ZnO didalamnya.





**Gambar 4.6** Grafik Kuat Tarik Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi Kandungan *Filler* ZnO

Menurut Okamoto dan Yoshida (2006), semakin kecil ukuran partikel bahan pengisi atau *filler* maka semakin merata persebarannya di dalam matriks, sehingga *filler* dan matriks akan mampu berinteraksi dengan baik. Dan berdasarkan pernyataan Liu *et al.* (2012) bahwa seiring dengan penambahan kandungan *zinc oxide* maka tingkat penggelatinan terhadap *solution* tersebut akan menurun sehingga komposisi antar senyawa menjadi tidak bercampur dengan baik. Jadi, dapat dikatakan bahwa pada komposisi ZnO sebanyak 10% merupakan nilai optimum tersebarnya partikel ZnO dalam campuran bioplastik. Terbukti pada kandungan 20% dan 25% mengalami penurunan nilai kuat tarik. Hal ini dikarenakan jumlah partikel pada ZnO dengan komposisi tersebut lebih banyak dibandingkan dengan ZnO komposisi 15%, sehingga semakin banyak partikel *filler* di dalamnya yang menyulitkan proses penggelatinan pada *solution* tersebut dan semakin sulit partikel antar senyawa untuk bercampur. Proses gelatinisasi merupakan proses penting dalam terbentuknya sebuah bioplastik. *Filler* yang menghalangi terbentuknya gelatinisasi akan menyebabkan ikatan antar partikel penyusun komposit tersebut menjadi tidak terbentuk secara kuat atau bahkan tidak terbentuk sehingga hanya menjadi

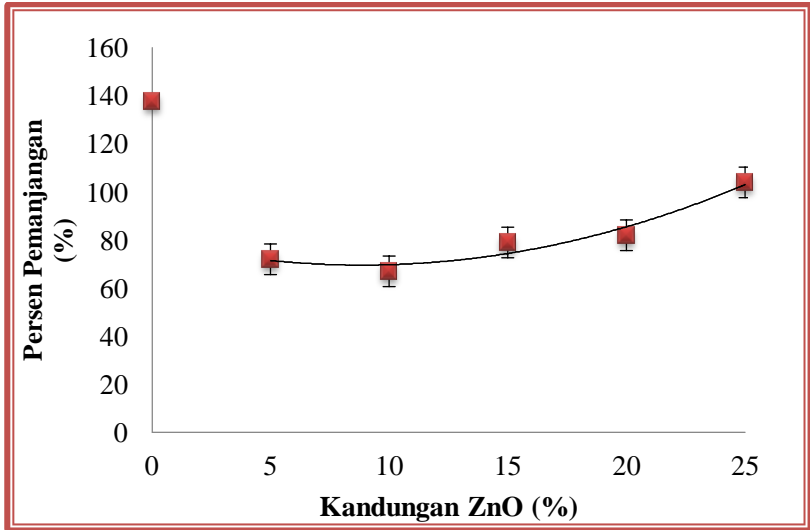
partikel yang bertaburan dan tidak berikatan dimana hal ini justru melemahkan ikatan yang ada antar komponen penyusun bioplastik.

ZnO merupakan *filler* komposit yang berfungsi untuk menguatkan, namun jumlahnya memiliki nilai batas maksimum. Jika jumlah *filler* tersebut melebihi jumlah maksimum maka akan merugikan bagi komposit tersebut yaitu nilai kuat tarik yang semakin menurun. Dan apabila pemberian partikel *filler zinc oxide* tepat pada nilai maksimum maka akan mampu menguatkan bioplastik yang dibuat. Dan nilai kuat tariknya akan mampu melebihi bioplastik yang tidak menggunakan *filler zinc oxide*.

### **4.3.2 Persen Pemanjangan Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi *Filler* ZnO**

Sampel bioplastik menerima gaya tarik pada saat uji tarik, jarak antar molekul menjadi merenggang sehingga sampel mengalami pertambahan panjang. Perbandingan antara panjang sampel yang mengalami kemuluran dibandingkan dengan panjang awal sampel sebelum pengujian dikali dengan 100% dinyatakan sebagai persen pemanjangan.

Berdasarkan grafik hasil persen pemanjangan yang telah di tampilkan pada **Gambar 4.7**, dapat diketahui bahwa persen pemanjangan pada bioplastik pati ubi kayu dengan variasi *filler* ZnO mengalami kenaikan dan penurunan. Hasil persen pemanjangan berbanding terbalik dengan kuat tarik, nilai tertinggi dihasilkan oleh sampel 0% dan sampel dengan nilai terendah dihasilkan pada sampel 10%. Artinya, sampel tanpa kandungan ZnO menghasilkan nilai persen pemanjangan yang paling baik. Bentuk *trendline* pada grafik yang ditampilkan menunjukkan adanya pengaruh penambahan ZnO dalam bioplastik. Semakin banyak kandungan ZnO didalamnya maka *trendline* pada grafik persen pemanjangan akan mengalami kenaikan. *Trendline* pada grafik tidak dapat menunjukkan nilai persen pemanjangan untuk sampel 0%, *trendline* dan persamaan yang ada digunakan untuk mengamati hubungan dari penambahan ZnO dalam bioplastik tersebut yaitu untuk sampel 5% hingga 25%. Koefisien regresi pada grafik ini cukup baik yaitu sebesar 0,95, ini artinya korelasi antara variable x dan variabel y pada grafik terjadi cukup baik.



**Gambar 4.7** Grafik Persen Pemanjangan (Regangan) Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi Kandungan *Filler* ZnO

Pada **Gambar 4.7** diketahui bahwa pemuluran untuk bioplastik murni tanpa kandungan ZnO memiliki persen pemanjangan yang paling tinggi dibanding sampel lainnya dengan kandungan ZnO sebesar 138% artinya bioplastik dapat meregang 1,38 kali dari keadaan semula sebelum sampel putus, lihat pada **Gambar 3.4 (a)**. Kemuluran yang maksimal ini juga merupakan peran dari pati ubi kayu yang mengandung amilopektin dalam jumlah banyak mampu menghasilkan gel yang baik dan bersifat lentur. Keaslian sifat pati yang bersifat lentur ditambah dengan baiknya proses ikatan antar molekul pada saat proses gelatinisasi karena tidak ada *filler* yang menyulitkan proses ikatan maka menghasilkan kemuluran yang paling baik. Serta penambahan gliserol dan sorbitol sebagai *plasticizer* molekul molekul didalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antar polimer, sehingga menyebabkan interaksi antar molekul biopolimer menjadi semakin berkurang. Akibatnya kuat tarik film juga berkurang dengan adanya *plasticizer*. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik

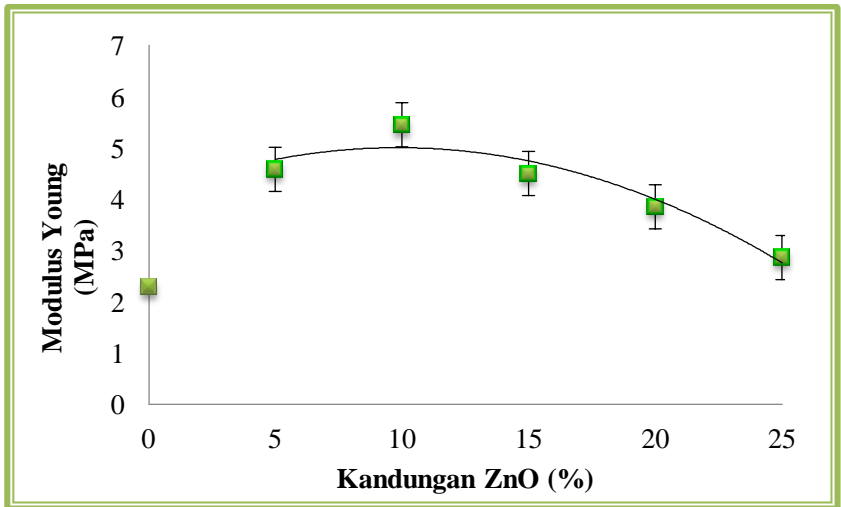
murni memiliki tingkat kemuluran yang relatif tinggi. Menurut Arief (2013), dalam standart plastik internasional (ASTM 5336) besarnya presentase pemanjangan untuk PLA dari Jepang mencapai 9%. Dalam penelitian ini persen pemanjangan yang telah dihasilkan telah memenuhi kriteria plastik PLA dari Jepang.

Kehadiran *zinc oxide* sebagai *filler* ternyata mampu menekan tingkat kemuluran, hal ini dapat dilihat dari **Gambar 4.7** dimana semua sampel dengan *filler* ZnO mengalami persen pemanjangan yang lebih rendah dibandingkan dengan bioplastik tanpa kandungan *zinc oxide*. Pada penambahan 5% ZnO diketahui pemuluran menurun hingga 56% (138%-72%) dan penurunan 71% (138%-67%) untuk penambahan 10% ZnO. Hal ini menunjukkan bahwa ZnO memiliki banyak peranan penting untuk menyerap energi tarik atau menahan tingkat pemuluran. *Zinc oxide* sebagai keramik memiliki sifat *brittle* dan rendah dalam pemuluran sehingga ketika gaya energi diberikan pada sampel bioplastik gaya atau energi tersebut disalurkan juga pada partikel ZnO. Sedangkan pada penambahan ZnO 15%, 20% dan 25% kehadiran ZnO didalam bioplastik meningkat dan hal ini membuat ikatan mekanik yang terjadi tidak lagi maksimal. Keadaan ini kembali menjadi akibat dari proses gelatinisasi yang terjadi tidak sempurna akibat adanya partikel *filler zinc oxide* menyulitkan adanya proses gelatinisasi.

### **4.3.3 Modulus Young Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi *Filler* ZnO**

Berdasarkan hasil uji tarik dan perhitungan pada kekuatan tarik dan persen pemanjangan, perbandingan keduanya dinyatakan dalam modulus *Young*. Menurut Setiani, et al., 2013 menyatakan bahwa modulus *Young* dapat dikatakan sebagai kekakuan suatu bahan.

Berdasarkan hasil perhitungan kekuatan tarik dan persen pemanjangan maka dapat diketahui besarnya nilai modulus *Young* seperti yang ditampilkan pada **Gambar 4.8**.



**Gambar 4.8 Grafik Modulus *Young* Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi Kandungan *Filler* ZnO**

Hasil yang diperoleh pada sampel dengan kandungan ZnO 0% memiliki nilai terendah daripada sampel lainnya yaitu sebesar 2,3 MPa. Penambahan ZnO ternyata berhasil meningkatkan nilai modulus *Young*, hal ini mengindikasikan bahwa ZnO berhasil menjadi bahan penguat. Kemudian mengalami kenaikan pada sampel bioplastik dengan komposisi ZnO sebanyak 5% yaitu sebesar 4,59 MPa. Pada sampel bioplastik dengan komposisi ZnO sebanyak 10% memiliki nilai tertinggi yaitu 5,46 MPa. Sampel 15% juga memiliki nilai modulus *young* yang lebih baik dibandingkan dengan sampel 0% yaitu sebesar 4,51 MPa. Kenaikan yang terjadi pada tiga sampel 5%, 10% dan 15% terjadi akibat adanya peran ZnO yang mampu meningkatkan nilai kekuatan tarik bioplastik yang dihasilkan sehingga berbanding lurus dengan modulus elastisitasnya. Setelah itu pada sampel dengan kandungan ZnO 20% dan 25% mengalami nilai modulus *Young* yang menurun bila dibandingkan dengan sampel 10%. Grafik modulus *Young* menunjukkan adanya bentuk *trendline* yang memuncak pada titik diantara sampel 10% dan 15%, diperkirakan nilai tertinggi modulus *Young* ada diantara nilai tersebut. Perkiraan dapat dilakukan menggunakan persamaan kuadrat yang ditampilkan pada grafik, namun persamaan tersebut tidak dapat

menentukan nilai modulus *Young* untuk sampel 0% *trendline* yang ada hanya mengamati hubungan dari penambahan ZnO terhadap nilai modulus elastisitasnya. Keenam nilai modulus *Young* tersebut memiliki nilai yang cukup baik, dapat dilihat pada batas eror masing masing titik berada pada *trendline* dan koefisien refleksi yang cukup dekat dengan nilai 1 yaitu 0,87.

Dengan adanya ZnO di dalam campuran bioplastik, mampu meningkatkan kuat tarik sampel. Hal ini disebabkan karena *zinc oxide* memiliki sifat mengeraskan dan menguatkan komposit. Sehingga dengan penambahan ZnO dengan jumlah yang optimum dapat memperbaiki nilai kuat tarik sampel bioplastik. Jumlah ZnO yang optimum akan mampu berikatan dengan matriks yang ada sehingga dapat membentuk ikatan yang kuat dan dalam jumlah yang lebih banyak. Sebaliknya dengan penambahan *zinc oxide* dengan jumlah yang terlalu banyak mampu menurunkan nilai kuat tarik, karena *filler* yang terlalu banyak tidak mampu berikatan dengan matriks.

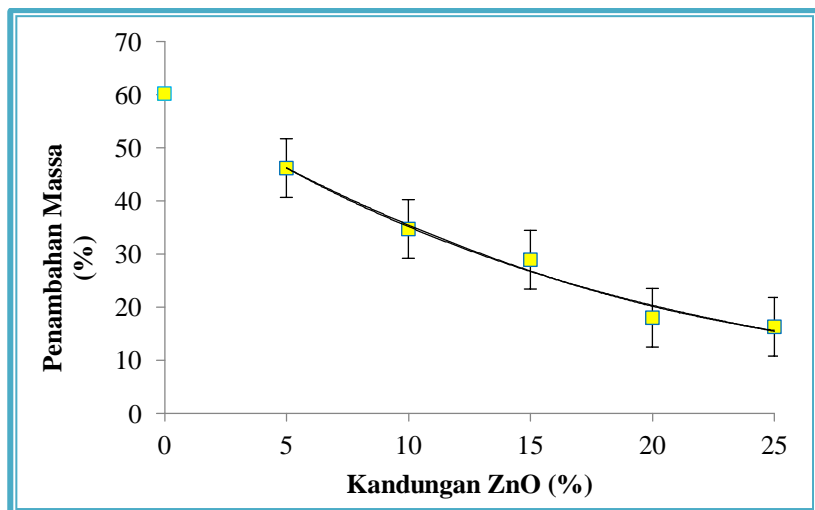
#### **4.4 Uji Ketahanan Air Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi *Filler* ZnO**

Sesuai tujuan pembuatan film bioplastik pati ubi kayu yaitu sebagai plastik kemasan bahan makanan, maka dibutuhkan sifat plastik yang stabil terhadap reaksi air. Maka analisa ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat sampel film bioplastik mampu menahan produk dari serapan air. Semakin besar daya serap airnya maka plastik kurang mampu melindungi produk dari air yang dapat menyebabkan produk cepat rusak atau berkurang kualitasnya.

Pengujian ketahanan air pada sampel bioplastik pati ubi kayu dengan variasi *filler* ZnO ditunjukkan pada **Gambar 4.9**. Sebelum pengujian dalam air dengan pH 7 sampel berada dalam kondisi normal (berbentuk lembaran 2 cm x 2 cm). Saat dimasukkan pada air, sampel mengkerut namun dapat kembali lagi ke bentuk semula. Setelah pengujian, sampel dikeringkan dan berubah bentuk seperti pada **Gambar 4.10 (a)**, tekstur sampel berubah menjadi lebih keras dan tampak mengkerut.

**Tabel 4.3** Hasil Uji Ketahanan Air Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi *Filler* ZnO

No.	Kandungan ZnO	$m_0$ (gram)	$m$ (gram)	$\Delta m$ (gram)	Penambahan Massa (%)
1	0%	0,048	0,076	0,029	$60,187 \pm 0,364$
2	5%	0,074	0,108	0,034	$46,160 \pm 0,343$
3	10%	0,062	0,083	0,021	$34,691 \pm 0,185$
4	15%	0,062	0,080	0,018	$28,912 \pm 0,516$
5	20%	0,061	0,087	0,025	$17,975 \pm 0,412$
6	25%	0,096	0,112	0,016	$16,283 \pm 0,317$



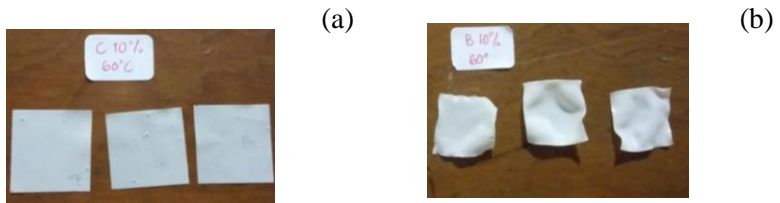
**Gambar 4.9** Grafik Hasil Uji Ketahanan Air Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi Kandungan *Filler* ZnO

Berdasarkan perhitungan persen penambahan massa pada **Persamaan 2.3** diperoleh persen penambahan massa terbesar pada sampel dengan kandungan ZnO 0% yaitu sebesar 60,19%. Itu artinya dengan penambahan massa yang terbesar, sampel tersebut memiliki ketahanan air yang paling rendah. Sedangkan pada sampel bioplastik dengan kandungan ZnO 5% hingga 25% mengalami persen penambahan massa yang terus menerus menurun. Hal ini dapat

dikatakan bahwa semakin banyak kandungan ZnO di dalam sampel maka akan mampu mengurangi persen penambahan massa akibat pengujian ketahanan air yang dilakukan. Pada saat pengujian ketahanan air, terjadi difusi molekul air menuju sampel bioplastik. Pada sampel bioplastik murni tanpa kandungan ZnO, terjadi difusi yang baik karena komposisi penyusun sampel bioplastik murni memiliki sifat hidrofilik, baik pati maupun kedua pemlastis yang digunakan. Sifat hidrofilik tersebut juga telah membuat sampel 0% memiliki ketahanan air yang paling rendah. Berbeda dengan sampel dengan kandungan ZnO 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%, keseluruhannya mengalami penurunan persen penambahan massa. Sampel 25% memiliki nilai persen penambahan massa yang paling rendah yaitu 16,28%, artinya sifat ketahanan air yang paling baik ada pada sampel 25%. Hal ini dikarenakan kehadiran *filler* ZnO mampu mengurangi penyerapan air. Berdasarkan *trendline* yang dibuat pada grafik didapatkan nilai regresi sebesar 0,98.

Komponen penyusun bioplastik sangat mempengaruhi kemampuan suatu sampel dalam menyerap air. Pati ubi kayu, gliserol dan sorbitol memiliki sifat hidrofilik yang artinya memiliki kecenderungan mengikat dan larut terhadap air. Pati yang digunakan adalah pati ubi kayu dimana mempunyai kandungan amilosa sebesar 25% dan amilopektin 75% (Elliason dan Gadmundsson, 1996). Memang pada umumnya kandungan amilopektin lebih besar dibandingkan dengan amilosa. Pati yang memiliki kandungan amilopektin cukup besar mengakibatkan memiliki banyak percabangan, sehingga mengakibatkan ikatan antar rantai dalam amilopektin mudah putus. Dengan sifat amilopektin yang lebih amorf maka banyak ruang kosong sehingga rapat massa antar rantai dalam pati tidak terlalu besar dan penyerapan terhadap airnya cukup besar. Sedangkan *zinc oxide* merupakan salah satu material keramik yang bersifat hidrofobik. Sehingga kehadiran partikel ZnO mampu mengurangi penyerapan air pada sampel. Semakin banyak kandungan ZnO dalam sampel maka semakin besar sifat ketahanan air pada sampel. Sifat hidrofobik pada partikel ZnO akan menyulitkan air untuk berdifusi. Sampel bioplastik dengan nilai ketahanan air yang tinggi merupakan hasil yang diharapkan, karena semakin sedikit air yang mampu diserap sampel tersebut mampu mempertahankan kualitasnya.

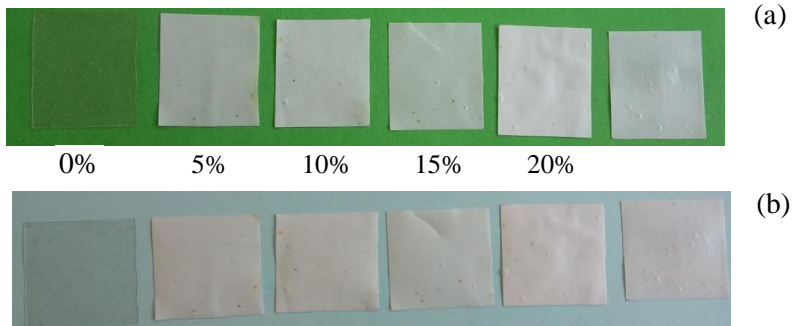




**Gambar 4.10** Sampel Uji Ketahanan Air Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi Filler ZnO (a) **Sebelum Pengujian** (b) **Setelah Pengujian**

#### 4.5 Uji Ketahanan Udara

Sampel bioplastik yang dibiarkan dalam suhu ruang akan mengalami reaksi dengan mikroorganisme disekitarnya, akan terjadi perubahan baik fisik, bentuk dan berat dari sampel yang diuji. Hal ini disebabkan adanya komponen dari luar yang berdifusi. Hasil dari pengujian ketahanan udara pada sampel bioplastik pati ubi kayu tidak terjadi perubahan yang begitu mencolok seperti pada **Gambar 4.11**.

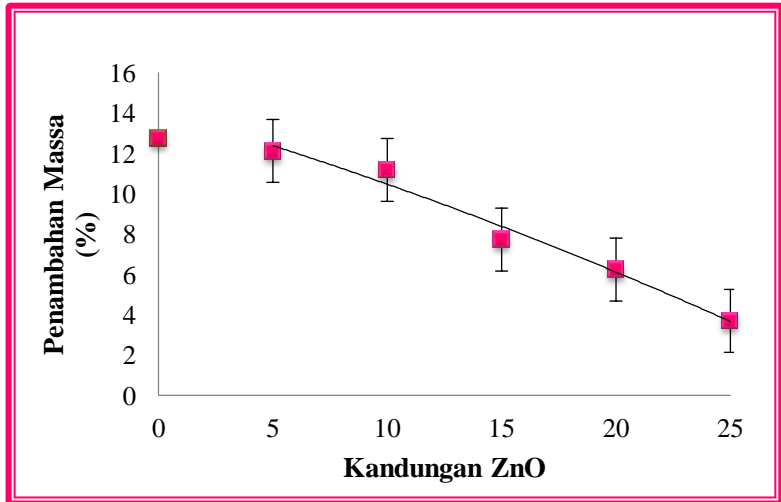


**Gambar 4.11** Pengujian Ketahanan Udara Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi Filler ZnO (a) **Sebelum Pengujian** (b) **Sesudah Pengujian**

**Tabel 4.4** Hasil Uji Ketahanan Udara Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi Kandungan *Filler ZnO*

Kandungan ZnO	m <sub>o</sub> (gram)	Minggu ke				Penambahan Massa (%)
		I (gram)	II (gram)	III (gram)	IV (gram)	
0%	0,078	0,080	0,080	0,098	0,088	12,749±0,294
5%	0,052	0,051	0,050	0,047	0,058	12,129±0,372
10%	0,059	0,058	0,059	0,056	0,066	11,187±0,380
15%	0,056	0,054	0,054	0,055	0,060	7,738±0,590
20%	0,069	0,072	0,067	0,069	0,074	6,251±0,056
25%	0,054	0,058	0,052	0,059	0,056	3,709±0,230

**Tabel 4.4** yang menunjukkan perubahan massa sampel selama 4 minggu berturut turut, dapat diamati bahwa terdapat fluktuasi massa sampel dengan perubahan nilai yang sangat kecil. Penimbangan massa pada siang hari dan malam hari mempengaruhi fluktuasi massa sampel. Pada siang hari sampel bioplastik mengalami penguapan air sehingga massa sampel berkurang. Sedangkan pada malam hari, massa sampel meningkat karena kandungan air didalamnya tidak mengalami proses penguapan. Penimbangan sampel bioplastik pati ubi kayu dengan *filler ZnO* berlangsung antara pukul 09.00-14.00, perbedaan jam pada saat penimbangan mempengaruhi perubahan massa. Penimbangan massa sampel bioplastik pada pagi hari cenderung meningkat dibanding penimbangan siang hari karena pada pagi hari penguapan air tidak terlalu banyak. Perubahan massa sampel bioplastik dengan nilai yang sangat kecil tersebut dapat diindikasikan pula dengan adanya debu dan kotoran yang menempel, hal ini dikarenakan pengamatan secara visual maupun mikroskopis tidak terdapat jamur maupun mikroorganisme lain yang menempel pada sampel seperti pada **Gambar 4.11 dan Gambar 4.13**.



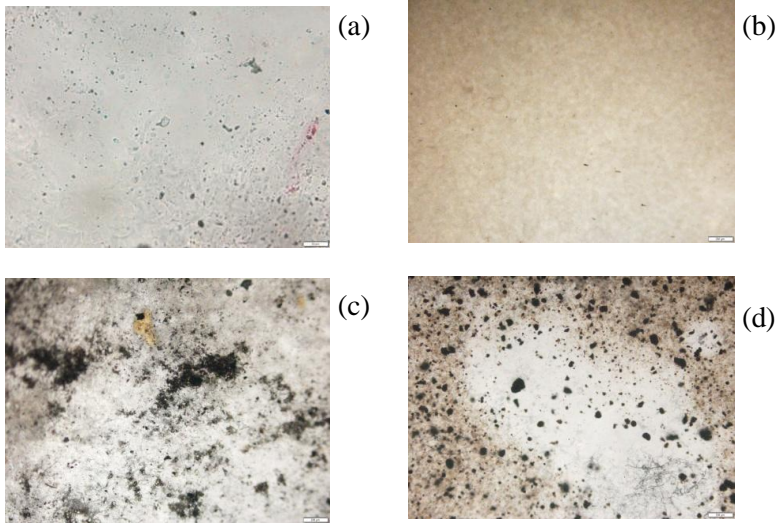
**Gambar 4.12** Grafik Hasil Uji Ketahanan Udara Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi Kandungan *Filler* ZnO

Pengujian ketahanan udara dilakukan selama 28 hari dengan mengamati massa awal sampel ( $W_0$ ) sebelum memulai pengamatan, dan massa akhir sampel setelah 28 hari pengujian ( $W$ ). Selama proses pengujian tersebut ternyata didapatkan hasil penambahan massa sampel bioplastik pati ubi kayu. Dimana persen penambahan massa tertinggi ada pada komposisi ZnO sebanyak 0% sebesar 12,75%. Penurunan persen penambahan massa terjadi pada semua sampel dengan kandungan ZnO 5% hingga 25%. Penurunan terjadi cukup besar yaitu sekitar 0,62%-9,05% dari sampel 0%. Menurut Krochta (1994) menyatakan bahwa laju transmisi uap air suatu bahan dipengaruhi oleh sifat kimia, struktur bahan penyusun dan lingkungan. Jika ditinjau dari pernyataan diatas, maka sesuai dengan hasil pengujian ketahanan udara yang dilakukan. Pada saat pembuatan bioplastik dengan komposisi ZnO sebanyak 0%, terjadi ikatan yang baik antar molekulnya. Karena komponen penyusun di dalamnya adalah *plasticizer* dan pati ubi kayu. Dimana keduanya saling berikatan dan membentuk konsentrasi intermolekuler yang baik dan meningkatkan mobilitas molekul sehingga terjadilah bioplastik dengan ikatan yang baik. Terdapat kecenderungan

menurunnya laju transmisi uap air seiring dengan meningkatnya konsentrasi pati. Hal ini disebabkan karena meningkatnya padatan terlarut dalam larutan film, dan meningkatnya konsentrasi molekul amilosa yang membentuk ikatan hidrogen yang lebih kuat sehingga menghasilkan struktur yang kompak. Struktur yang kompak dapat menghambat difusi uap air melewati *film* (Polnaya et al., 2006; Xu et al., 2005). Sedangkan pada pada sample dengan kandungan ZnO yang beragam yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% mendapatkan persen penambahan massa yang yang lebih rendah dibandingkan dengan kandungan ZnO 0% hal ini dikarenakan ikatan yang terjadi pada campuran film tidak terjadi dengan baik. Sehingga tidak dapat menghambat adanya difusi uap air yang melewati sampel. Pada sampel 20% dan 25% , sampel ini diasumsikan memiliki kandungan ZnO terlalu banyak sehingga tidak terjadi ikatan yang baik antara bioplastik dan *filler*. Semakin banyak partikel yang tidak berikatan semakin banyak pula rongga yang memudahkan adanya difusi uap air yang melewati film.

Pada **Gambar 4.12** menjelaskan pula adanya *trendline* menurun yang menghubungkan nilai masing masing sampel. Keenam nilai pada grafik menunjukkan nilai regresi sebesar 0,979. Nilai regresi yang sangat dekat dengan 1 ini sesuai dengan batas eror yang ada pada grafik, seluruhnya berada pada *trendline*. Persamaan kuadrat yang ada pada grafik digunakan untuk memprediksi pengaruh penambahan ZnO terhadap kemampuan daya serap air, namun persamaan ini tidak dapat digunakan untuk memprediksi nilai penambahan massa untuk sampel 0%.

Berdasarkan **Gambar 4.13** dapat diamati bahwa terjadi perubahan pada sampel setelah 5 bulan penyimpanan. Dalam waktu yang cukup lama ini sampel tanpa kandungan ZnO diasumsikan telah ditumbuhi mikroorganisme lain. Namun pada sampel dengan kandungan ZnO warna putih pekat berubah menjadi sedikit lebih transparan dan tidak tampak tumbuhnya jamur baik pada pengamatan visual maupun mikroskop. Hal ini dikarenakan adanya kandungan partikel ZnO yang hidrofobik sehingga tidak dapat menjadi habitat tumbuhnya mikroorganisme lain.



**Gambar 4.13** Hasil Mikroskop Sampel Uji Ketahanan Udara Sampel Bioplastik Pati Ubi Kayu dengan Variasi Filler ZnO (a) Pengamatan 1 Bulan pada Sampel Tanpa ZnO (b) Pengamatan 1 Bulan pada Sampel Dengan ZnO (c) Pengamatan 5 Bulan pada Sampel Tanpa ZnO (d) Pengamatan 5 Bulan pada Sampel Dengan ZnO

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*