



**PENGARUH PENAMBAHAN POLIPROPILENA PADA
KARAKTERISTIK PLASTIK *DEGRADABLE*
BERBASIS PATI AMPAS KOPI**

Rozanna Dewi^{1,2*}, Zulnazri^{1,2} dan Muhammad Rifki²

¹Center of Excellence Technology Natural Polymer and Recycle Plastic
Universitas Malikussaleh

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

*e-mail: rozanna.dewi@unimal.ac.id

Abstrak

Penelitian untuk menemukan pengganti plastik komersial telah menarik perhatian karena dampak lingkungan sampah plastik yang tidak dapat terurai selama ribuan tahun. Plastik degradable dapat digunakan sebagai alternatif pengganti plastik sintesis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh polipropilena (PP) dengan penambahan maleat anhidrida terhadap karakteristik plastik degradable berbasis pati ampas kopi. Karakterisasi yang dilakukan adalah sifat mekanik, kimia, termal, ketahanan air dan laju degradasi. Pembuatan plastik degradable dilakukan beberapa tahap: ekstraksi pati dari ampas kopi, pembuatan plastik degradable dengan Polipropilena-graft-Maleat Anhidrida (PP-g-MA) dan karakteristisasi. Variasi polipropilena yang digunakan adalah 5, 10, 15 gr dengan penambahan maleat anhidrida 1 gr. Kekuatan tarik, modulus young dan elongasi tertinggi yang diperoleh adalah 9.80 MPa, 103.16 MPa dan 8.85% pada penambahan 5 gr PP. Berdasarkan hasil uji Fourier Transform Infra Red (FTIR), terdapat gugus O-H, C-H dan C=C yang teramati pada bilangan gelombang 3560.29 cm^{-1} , 2943.37 cm^{-1} , 2879.72 cm^{-1} , 2833.43 cm^{-1} , dan $1100.20 - 1718.58\text{ cm}^{-1}$. Sebagian besar senyawa tersebut bersifat hidrofilik sehingga dapat terdegradasi oleh aktivitas mikroba di dalam tanah. Karakterisasi termal menggunakan uji Thermogravimetri (TGA) menunjukkan penurunan berat terjadi mulai dari suhu 458.97°C hingga 512.88°C . Nilai swelling terendah plastik degradable dengan penggunaan PP 15 gr yaitu 1.1460%. Persentase penyerapan air yang rendah dapat menghambat pertumbuhan jamur. Laju biodegradasi plastik degradable berbasis pati ampas kopi 3-5% dipengaruhi komposisi PP.

Kata kunci: Plastik Degradable, Pati Ampas Kopi, Polipropilena, Karakteristik, Maleat anhidrida

Doi: <https://doi.org/10.29103/jtku.v12i2.13580>

1. Pendahuluan

Penguraian limbah plastik komersial secara alami membutuhkan waktu puluhan hingga ratusan tahun dalam. Selain itu pengolahan limbah plastik komersial membutuhkan peralatan dan biaya yang besar. Penggunaan plastik yang tidak tepat telah membawa berbagai masalah kesehatan kepada manusia, termasuk bersifat karsinogenik serta menggunakan plastik konvensional secara besar-besaran oleh manusia telah membawa dampak negatif pada aspek berkelanjutan dan ramah lingkungan karena masalah bahan baku dan sampahnya. Salah satu solusi dari masalah tersebut adalah menggunakan plastik yang dapat terdegradasi dan berasal dari alam yang dapat diperbaharui salah satunya adalah pati. Meskipun kemasan berbahan dasar pati sudah dikomersialkan, namun sifatnya memiliki beberapa kelemahan dibandingkan plastik konvensional, seperti ketahanan uap dan oksigen serta sifat mekanik. Memperbaikinya merupakan tantangan besar, untuk mengetahui kemampuan proses dan komersialisasinya dengan lebih baik (Nora Aranburu and José Ignacio Eguiazábal., 2015) (D. Wang, Y dkk., 2011).

Pati banyak digunakan sebagai pengental, pengemulsi, dan bahan pengikat dalam makanan dan sektor non-makanan. Karena pati memiliki sifat biodegradasi, biaya rendah, dapat diperbaharui, dan melimpah, maka pati dianggap sebagai "jalur hijau" sebagai bahan baku untuk menghasilkan zat berpori seperti *aerogels*, *biofoams*, dan bioplastik (K. J Falua dkk., 2022). Salah satu kelemahan plastik *degradable* dari pati adalah sifat mekanis yang belum sebanding dengan plastik konvensional. Saat ini, selulosa telah menjadi pusat perhatian bagi para peneliti sebagai bahan baku potensial untuk biopolimer. Serat selulosa, turunan selulosa, dan nanoselulosa telah digunakan dalam pembuatan komposit dan nanokomposit sebagai matriks dan pengisi (Hiba Shaghaleh dkk., 2018). *Compatibilizer* dapat meningkatkan morfologi dan struktur permukaan yang rapat. Pencampuran polimer adalah cara yang umum dan efektif untuk mengembangkan bahan baru dengan sifat yang diinginkan. Karena sebagian besar polimer tidak dapat bercampur, *compatibilizer* secara ekstensif dapat menstabilkan morfologi campuran polimer

dan meningkatkan sifat mekaniknya (G. Jiang, H. Wu, and S. Guo., 2010).

Waryat dkk., 2013 mempelajari penggunaan *compatibilizer* maleat anhidrida dengan campuran polietilena (PE-g-MA) dapat meningkatkan karakteristik morfologi, fisik dan mekanik plastik degradabel. *Compatibilizer* berperan sebagai penghubung bahan yang berbeda karakteristik antara *Low-Density Polyethylene*/LLDPE yang bersifat hidrofobik dan *Thermoplastic Starch*/TPS yang bersifat hidrofilik. *Compatibilizer* mampu meningkatkan adhesivitas permukaan antara LLDPE dan TPS. Alper Aksit dkk., 2020 mempelajari penambahan *compatibilizer* Polipropilena Eter grafting Maleat Anhidrida (PPE-g-MA) dapat meningkatkan kekuatan tarik (10%) dan perpanjangan putus (70%). Denny Akbar dkk., 2022 mempelajari penambahan *compatibilizer* maleat anhidrida sebagai bahan pengikat ke dalam senyawa pati sagu/LLDPE untuk meningkatkan sifat mekanik, morfologi, kinerja degradasi, dan daya serap air. Pada penelitian tersebut, nilai uji tarik meningkat dari 0.6902 N/mm² (tanpa *compatibilizer*) menjadi 36187 N/mm² (dengan *compatibilizer* 10 wt.%). Namun demikian, hingga konsentrasi tertentu, penambahan *compatibilizer* mencapai titik jenuhnya titik dimana peningkatan konsentrasi tidak mempengaruhi sifat mekaniknya.

Untuk penelitian ini, plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi menggunakan polipropilena dan maleat anhidrida yang berfungsi sebagai *compatibilizer*. Ampas kopi dapat di jadikan sebagai bahan dasar pembuatan plastik *degradable*. Komposisi ampas kopi adalah selulosa 13%, hemiselulosa 42%, lignin 25%, lemak 2% dan protein 13% (gr/100gr material) (Sanjib Kumar Karmee., 2017) (Ballesteros dkk., 2014). Pada proses persiapan *compatibilizer*, variasi polipropilena yang digunakan adalah 5, 10, dan 15 gr dengan penambahan maleat anhidrida 1 gr. Variasi konsentrasi tersebut digunakan berbeda untuk mengetahui karakteristik optimal plastik *degradable* yang dihasilkan dari segi sifat mekanik, sifat termal, gugus fungsi, ketahanan air dan tingkat biodegradasinya.

2. Bahan dan Metode

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain blender, pipet *volume*, pengaduk, oven, termometer, *beaker glass*, *hot plate*, erlenmeyer, timbangan digital, labu plastomil, *magnetic stirrer*, ayakan, dan cetakan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati ampas kopi, polipropilena, maleat anhidrida, *benzoil peroxida*, *xylene*, dan aquades. Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap yaitu ekstraksi pati dari ampas kopi, preparasi plastik *degradable* dengan *compatibilizer* PP-g-MA dan tahap pengujian plastik *degradable* yang dihasilkan.

Ekstraksi Pati dari Ampas Kopi

Ampas kopi dibersihkan dan dicuci hingga bersih. Dilakukan penghalusan dengan menggunakan blender dan penambahan aquadest. Kemudian lakukan penyaringan dengan kain saring, sampai mendapatkan ekstrak patinya. Cairan pati yang pertama dan kedua kemudian disatukan, dan diamkan hingga terbentuk 2 lapisan yaitu air dan endapan pati basah. Setelah terbentuk endapan, buang airnya hingga yang tersisa hanya endapan pati basah saja. Keringkan pati basah tersebut sampai benar-benar kering. Setelah kering, pati yang di peroleh digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik *degradable*.

Preparasi Plastik *Degradable* dengan PP-g-MA

Proses awal pada tahap preparasi *grafting* dengan cara yaitu: ditambahkan 10 ml *xylene* ke dalam 5, 10, 15 gr polipropilena, dimasukan maleat anhidrida 1 gr setelahnya benzoil peroksida. Diaduk sampai homogen pada suhu 125°C untuk menghasilkan PP-g-MA. Selanjutnya tahap preparasi plastik *degradable* dengan cara yaitu: pemanasan dan Pencampuran antara pati termoplastik dan PP-g-MA, diaduk merata. Kemudian dicetak menggunakan *hot press* selama 6 menit dengan suhu 165°C.

Studi Pengaruh Penggunaan Ampas Kopi dan Penambahan PP-g-MA pada Plastik *Degradable*

Sifat mekanis dari plastik *degradable* berbasis pati saat ini masih berkurang. Salah satu upaya agar menambahkan kekuatan mekanis dari plastik *degradable* yaitu penambahan *compatibilizer*. Sifat mekanik dapat ditingkatkan dengan serat nabati, selulosa, dan penambahan polimer sintesis seperti PE, PP dan lain-lain. Penelitian ini menggunakan pati ampas kopi dan *compatibilizer* PP-g-MA untuk melihat perbandingan pengaruh sifat mekanis, sifat termal, ketahanan air dan biodegradabilitas yang optimal pada plastik *degradable* pati ampas kopi. Dalam konteks ini, bahan berbasis alami telah mendapatkan banyak popularitas karena sifatnya yang tidak beracun, dapat terurai secara hayati, dan berkelanjutan. Kopi konvensional menghasilkan ampas kopi bekas dalam jumlah besar yang kaya lignoselulosa dan zat aktif biologis yang penting. Ampas kopi mengandung sejumlah besar senyawa bahan organik (lemak asam lemak, asam amino, polifenol, mineral, dan polisakarida) (R. Campos-Vegaa dkk., 2015). N, Suaduang dkk., 2019 mempelajari inklusi kopi bubuk kopi dalam asam polilaktat pada konsentrasi 0%, 5%, 7.5%, dan 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perpanjangan putus meningkat dengan meningkatnya kandungan ampas kopi.

Menurut Waryat dkk., 2013 penggunaan *compatibilizer* menjadikan plastik *degradable* lebih kompatibel dan homogen serta dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik. *Compatibilizer* mampu meningkatkan adhesivitas permukaan antara LLDPE dan TPS. PP-g-MA (Polipropilena-*graft*-Maleat Anhidrida) adalah homopolimer yang dimodifikasi berbentuk kristal, isotaktik, dan dimodifikasi, yang berfungsi sebagai *compatibilizer* dan memberikan ketahanan gesekan, *coupling additive* untuk polipropilena dan polimer komposit, dan alat bantu pemrosesan untuk plastik. PE-g-MA (Polietilena-*graft*-Maleat Anhidrida) adalah *compatibilizer* untuk campuran polimer yang berfungsi sebagai pendukung untuk zat polar ke nonpolar. PE-g-MA memiliki manfaat seperti ketahanan abrasi, pelumasan, *antiblocking*, dan kaca permukaan, dan memiliki ikatan kimia melalui gugus anhidrida. Maleat anhidrida memiliki komposisi seperti viskositas 500 cP(140 °C) (lit.), saponifikasi 6 mg KOH/g, *transition temperature* T_m (DSC) 107 °C (*at peak*),

solubilitas H₂O: *insoluble toluene, xylene: soluble dan density 0.92 g/mL at 25 °C* (A. Mengual dkk., 2017).

Karakterisasi dan Pengujian

Karakteristik mekanis plastik *degradable* pati ampas kopi dengan PP-g-MA dilakukan dengan uji kuat tarik (*tensile test*), elongasi dan *Modulus Young*. Uji kuat tarik (*tensile test*) menggunakan standar ASTM D-638 (*American Standard Testing and Material*). Analisa kuat tarik dan elongasi dilakukan dengan menggunakan alat *Mechanical Universal Testing Machine*. Dipotong sampel sesuai dengan ukuran. Kuat tarik dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

σ = Kuat tarik (MPa)

F_{maks} = Tegangan maksimum (N)

A = Luas penampang film yang dikenai tegangan (mm²)

Karakterisasi kimia dilakukan dengan *Fourier Transformation Infra-Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung pada plastik *degradable* yang dihasilkan. Pengujian sifat termal plastik *degradable* dilakukan dengan analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA) untuk mengetahui kestabilan termal. Analisa ketahanan plastik *degradable* terhadap air dilakukan dengan uji *swelling* dan analisa laju penguraian mikroba/*biodegradability* dilakukan dengan penguburan didalam tanah.

3. Hasil dan Diskusi

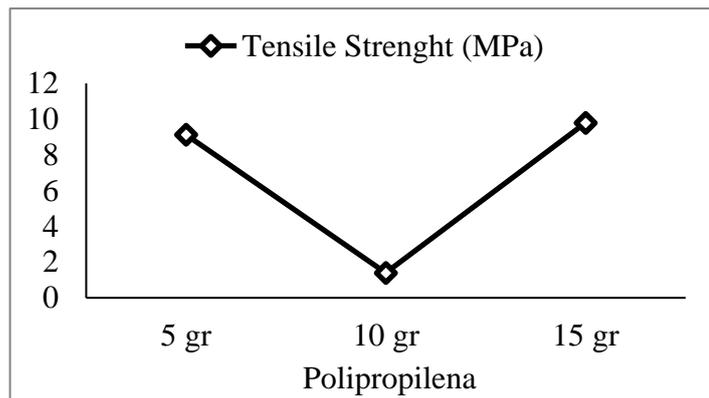
3.1 Analisa Sifat Mekanis

Pengukuran sifat mekanik yaitu kuat tarik (*tensile*), elongasi (*elongation*) dan *modulus young* dilakukan dengan menggunakan *texture analyzer*. Nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan nilai perpanjangan elongasi dan *modulus young*

sebanding dengan nilai elongasi. Hasil uji kuat tarik plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi dengan variasi Polipropilena/PP yang digunakan (5, 10, dan 15 gr) dengan penambahan maleat anhidrida 1 gr secara masing-masing dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Table 1. Nilai kuat tarik pada plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi

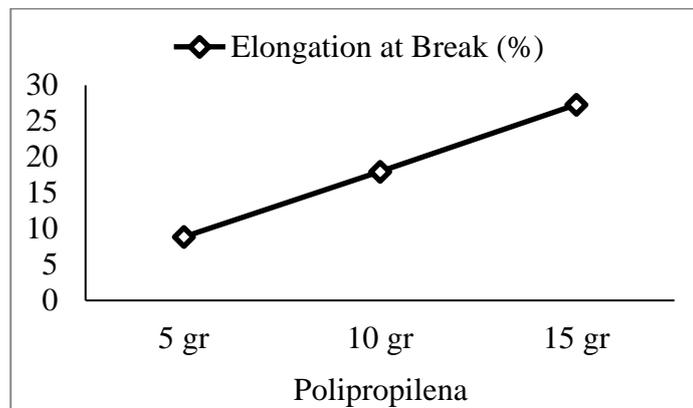
| Polipropilena (gr) | Tensile Strenght (MPa) | Elogation at Break (%) | Modulus Youn, (MPa) |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| 5 | 9.13 | 8.85 | 103.16 |
| 10 | 1.40 | 17.95 | 9.36 |
| 15 | 9.80 | 27.30 | 35.89 |



Gambar 1. Pengaruh Persentase Polipropilena terhadap Kuat Tarik/*Tensile Strenght* (MPa) pada Plastik *Degradable*.

Sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tarik, elongasi dan modulus elastisitas pada plastik *degradable*. Pada penelitian ini menggunakan polipropilena di campur dengan maleat anhidrida yang berfungsi sebagai *compatibilizer*. Pada Gambar 1. nilai kuat tarik plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi dengan penambahan PP dalam variasi tertentu berkisar antara 1.40 – 9.80 MPa. Kuat tarik paling rendah diperoleh pada massa PP 10 gr dengan nilai kuat tarik 1.40 MPa dan kuat tarik paling tinggi diperoleh dengan massa PP 15 gr dengan nilai kuat tarik 9.18 MPa. Namun, pada massa PP 10 gr kuat tarik menurun

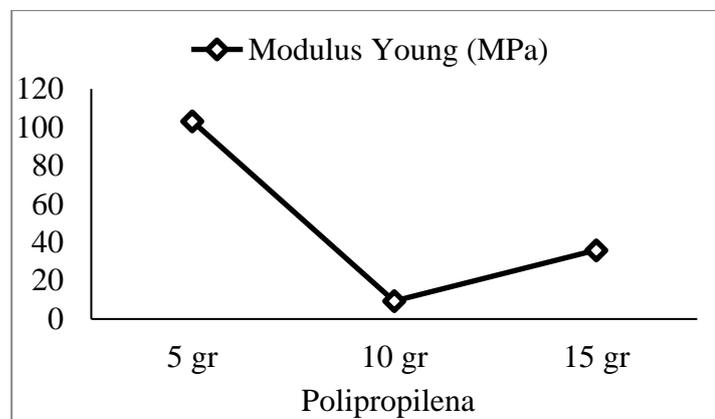
hingga 90% dengan nilai yang diperoleh 1.40 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan PP yang digunakan berpengaruh terhadap sifat mekanis dari plastik *degradable*. Semakin besar nilai kekuatan tariknya, semakin baik kemampuan plastik untuk melindungi produk dari faktor mekanis, seperti tekanan fisik (jatuh dan gesekan), getaran, dan benturan antar material (Maryam dkk., 2022). Farah Hafidzah dkk., 2021 mempelajari efek dari polipropilena-*graft*-maleat anhidrida (PP-gMA) dan *Graphene Nanoplatelet* (GNP terhadap tegangan tarik dari berbagai rasio berat Poli Asam Laktat/Polipropilena (PLA/PP). Campuran PLA/PP dibuat dengan rasio 70/30, 80/20, dan 90/10 dengan penambahan PP-g-MA (1 sampai 5 phr) dan GNP (1 sampai 3 phr) dengan menggunakan mesin cetak injeksi. Hasil tegangan tarik (MPa) dianalisis berdasarkan 11 kali percobaan. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan tarik campuran PLA/PP secara bertahap meningkat setelah penambahan PP-g-MA dan GNP.



Gambar 2. Pengaruh Persentase Polipropilena terhadap *Elongation at Break* (%) pada Plastik *Degradable*.

Elongasi bahan merupakan ukuran kemampuan bahan untuk meregang saat ditarik dan menentukan ke elastisan suatu material. Semakin tinggi nilai elongasi maka plastik *degradable* tersebut semakin elastis sehingga bahan tersebut memiliki nilai mulur yang besar. Dari Gambar 2. dapat diketahui nilai uji elongasi plastik *degradable* tertinggi terdapat di penggunaan massa PP 15 gr dengan nilai

elongasinya 27.30% dan nilai elongasi terendah dengan nilai 8.85% pada penggunaan massa PP 5 gr. Konsentrasi PP mempengaruhi nilai elongasi, semakin tinggi konsentrasi PP yang digunakan maka persen elongasi semakin besar nilainya. Modulus elastisitas bahan sebanding dengan nilai elongasi, dimana modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan bahan elastis dan merupakan besaran yang digunakan untuk mengkarakterisasi bahan yaitu berkaitan dengan ukuran tegangan dan regangan suatu benda.



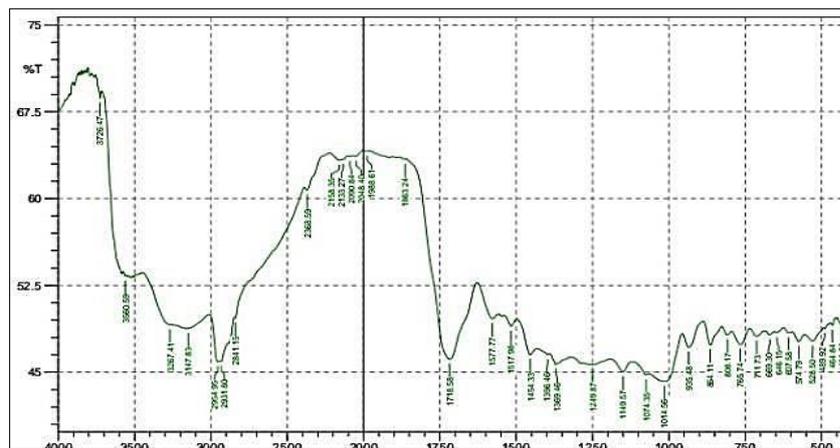
Gambar 3. Pengaruh Persentase Polipropilena terhadap *Elongation at Break* (%) pada Plastik *Degradable*.

Pada Gambar 3. nilai modulus elastisitas plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi dengan menggunakan variasi massa PP yang diperoleh pada penelitian ini berkisar 9.36 – 103.16 MPa. Apabila gaya atau tegangan dihentikan maka benda akan kembali seperti semula. Perbandingan tegangan dan regangan konstan dan besarnya konstanta disebut dengan modulus elastisitas. Semakin besar nilai modulus elastisitas maka bahan akan semakin kaku dan tidak mudah berubah bentuk. Nora Aranburu and José Ignacio Eguiazába dkk., 2015 telah mempelajari campuran poliamida dengan penambahan 20% PP-g-MA menghasilkan polimer yang kompatibel diperoleh dengan *injection molding*. Nilai kuat tarik pada plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi tidak sebanding dengan kuat tarik yang

diperoleh dari LDPE (10-12 MPa), PET (55-79 MPa), dan PP (100-600 MPa) dan nilai elongasi yang diperoleh sebanding dengan nilai elongasi dari PET (15-165%) (Nor Izaida Ibrahim dkk., 2021). Hasil kuat tarik plastik *degradable* pada penelitian ini belum memenuhi standar SNI (24.7-302 MPa) sebagai kemasan plastik sedangkan nilai elongasi telah memenuhi standar SNI (21-220%) pada variasi PP 15 gr (Nanda Raudhatil Jannah dkk., 2021). Faktor pengadukan seperti terhomogenisasinya campuran bahan mungkin berpengaruh pada plastik *degradable* tersebut untuk menghasilkan sifat mekanis yang optimal.

3.2 Analisa Gugus Fungsi dengan dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Metode analisis FTIR menggunakan cahaya inframerah untuk memindai sampel uji dan mengamati sifat kimia. Ketika suatu bahan disinari dengan radiasi inframerah, radiasi IR yang diserap biasanya membuat molekul pada kondisi getaran yang lebih tinggi. Panjang gelombang yang diserap oleh sampel adalah karakteristik struktur molekulnya. Gambar 4 adalah *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) pada sampel plastik *degradable* berbasis ampas kopi dengan menggunakan massa PP pada variasi 15 gr.



Gambar 4. Hasil FTIR pada plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi.

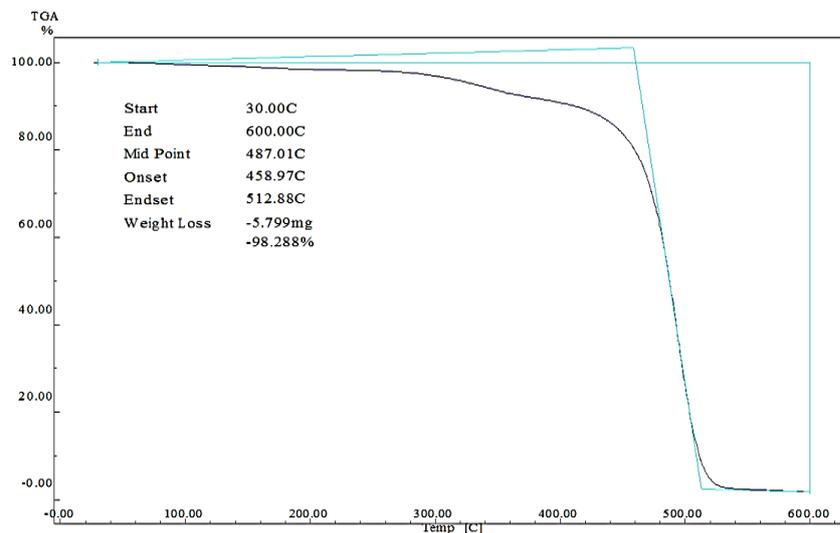
Karakterisasi kimia dilakukan dengan analisis FTIR yang bertujuan untuk

mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam plastik *degradable* yang dihasilkan. Analisis FTIR pada penelitian ini dilakukan pada bilangan gelombang 550-4000 cm^{-1} . Pada Gambar 4. dapat diamati bahwa bilangan gelombang 3560.29 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur O-H pada senyawa natrium hidroksida yang terdapat pada pati. Hal ini menunjukkan bahwa pada pati termoplastik dari sagu terdapat gugus hidroksil -OH yang lebih bebas disebabkan oleh berkurangnya atom-atom yang terdapat berikatan hidrogen. Menurut Yunita. (2020) panjang bilangan dengan pita lebar antara 3200-3600 cm^{-1} adalah pati, sehingga tidak ada pembentukan gugus fungsi yang baru. Pati memiliki spektrum yang mirip dengan bahan penyusunnya, puncaknya tampak melebar karena penyerapan air oleh granula pati. Dengan adanya gugus-gugus tersebut plastik *degradable* mudah terdegradasi oleh tanah. Hal ini juga menandakan bahwa pada plastik *degradable* bersifat hidrofilik karena terdapat gugus hidroksil -OH yang lebih bebas yang disebabkan oleh berkurangnya atom-atom yang dapat berikatan hidrogen (Yunita dkk., 2020). Puncak serapan pada bilangan gelombang 2943.37 cm^{-1} , 2879.72 cm^{-1} dan 2833,43 cm^{-1} dicirikan sebagai vibrasi regangan asimetris dari ikatan C-H pada golongan metil yang terdapat pada pati yang digunakan. Pada bilangan gelombang 1100.20 cm^{-1} , 1718.58 cm^{-1} dicirikan sebagai vibrasi ulur C=C yang terdapat pada senyawa *xylene* (dimetilbenzena) dan hasil dari ikatan antara maleat anhidrida dan polipropilena yang sudah terikat silang.

Telah dilaporkan sebelumnya oleh Iman Rahayu dkk., 2022 bahwa spektrum FTIR dari fraksi polietilena dengan campuran HDPE-g-MA terlarut. Proses maleasi dapat dilihat serapan FTIR pada bilangan gelombang 1720 cm^{-1} dan 1780 cm^{-1} . Pada studi yang mempelajari pencampuran *Low Density-Poliethylene* dan *Poly(Butylene Succinate)* (LDPE/PBS) dengan Polietilena-graft-Maleat Anhidrida (PE-g-MA) sebagai *compatibilizer*, spektrum PE-g-MA menunjukkan puncak karakteristik melalui puncak getaran peregangan -CH dari polietilena pada 2914 cm^{-1} dan 2847 cm^{-1} dan puncak C=O dari gugus maleat anhidrida pada 1705 cm^{-1} dan 718 cm^{-1} (Harris, M et al., 2020) (Aina Aqila Arman Alim et al., 2023).

3.3 Analisis Kestabilan Termal dengan Termogravimetri (TGA)

Stabilitas termal plastik yang dapat terdegradasi dievaluasi dengan memantau perubahan berat sebagai fungsi suhu pada laju pemanasan yang telah ditentukan. Analisis Termogravimetri (TGA) adalah teknik untuk mengukur degradasi polimer dengan memvariasikan laju pemanasan sementara perubahan massa sampel diukur. Pengujian TGA diambil dari penggunaan massa PP 15 gr pada plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi. Kurva yang dihasilkan pada analisis TGA adalah perubahan massa vs temperatur sebagai kurva TGA yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 5. Hasil TGA pada plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi.

Kurva yang dihasilkan pada analisis TGA adalah perubahan massa vs temperatur sebagai kurva TGA yang ditunjukkan pada Gambar 5. Kurva TGA merupakan plot dari % penurunan massa pada sumbu y dan peningkatan temperatur pada sumbu x. Dari Gambar 5 juga menunjukkan terjadinya penurunan massa (dekomposisi) pada sampel yang dimulai secara perlahan pada suhu 30°C. Pada suhu ini kehilangan berat di akibatkan oleh kontaminan dan bahan tambahan lain yang terkandung dalam plastik *degradable*. Kehilangan berat secara ekstrim dimulai pada suhu 458.97°C hingga 512.88°C. Total *weight loss* plastik *degradable*

berbasis pati ampas kopi dengan penambahan PP sebesar 93.288% bersisa 5.799 mg. Pada hal ini polimer mulai terdekomposisi, hilangnya gugus hidroksil dan depolimerisasi rantai karbon. Untuk film yang berbahan dasar pati, pada dasarnya ada dua suhu termal yang diamati. Yang pertama terjadi kenaikan suhu di atas 100°C, yang mengacu pada kadar air sehingga terjadi penguapan atau dehidrasi. Sebagian dari air ini terkandung dalam molekul pati karena sifat hidrofilisitasnya yang disebabkan oleh ikatan hidrogen yang dibentuk oleh gugus hidroksil dari unit glukosa (T.A. Nascimento, V dkk., 2012). Pada kondisi ini juga sebagian besar bahan terdekomposisi dan habis total pada suhu 600°C. Perubahan termogram TGA terjadi karena perubahan panas plastik *degradable*, tetapi juga terjadinya reaksi perubahan struktur dan perubahan fasa dari plastik *degradable* tersebut. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi berat sisa yang terdekomposisi maka semakin bagus pula ketahanan termal plastik *degradable*. Pada penelitian ini plastik *degradable* berbasis pati sagu menggunakan ampas kopi dengan penambahan PP memiliki kestabilan termal yang baik.

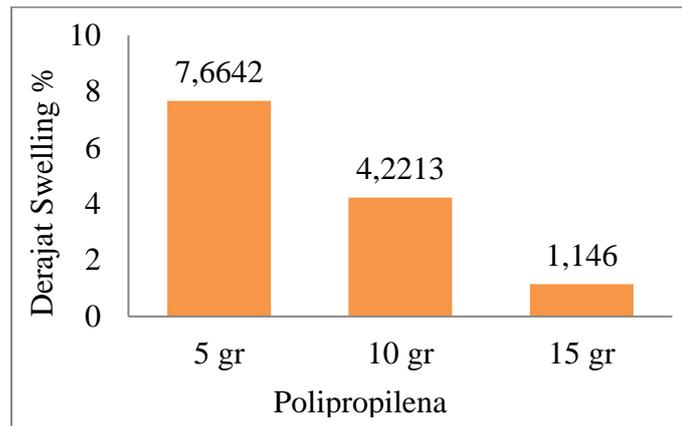
3.4 Analisa Ketahanan Air dengan Derajat Swelling

Sifat ketahanan plastik *degradable* terhadap air ditentukan dengan uji derajat *swelling*. Analisa persen *swelling* dilakukan untuk mengetahui banyaknya cairan yang diserap sehingga plastik *degradable* menjadi mengembang. Hasil uji daya serap air plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi dengan menggunakan variasi Polipropilena/PP (5, 10, dan 15 gr) dengan penambahan maleat anhidrida 1 gr terdapat pada Tabel 2 serta di tampilkan dalam Gambar 6.

Tabel 2. Hasil derajat *swelling* pada plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi dengan menggunakan PP.

| Polipropilena (gr) | Massa Sebelum Perendaman (gr) | Massa Sesudah Perendaman (gr) | Derajat <i>Swelling</i> (%) |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|

| | | | |
|----|--------|--------|--------|
| 5 | 0.1370 | 0.1475 | 7.6642 |
| 10 | 0.2440 | 0.2543 | 4.2213 |
| 15 | 0.1570 | 0.1588 | 1.1460 |



Gambar 7. Hasil derajat *swelling* plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi.

Pada Gambar 7 terlihat bahwa variasi konsentrasi PP yang digunakan mampu meningkatkan ketahanan air pada plastik *degradable*. Plastik *degradable* pati ampas kopi memiliki nilai *swelling* sekitar 1.1460-7.6642%. Penggunaan PP dengan massa 15 gr memiliki nilai *swelling* yang kecil pada 1.1460% dan nilai *swelling* paling tinggi terdapat pada massa PP 5 gr. Persentase penyerapan air yang rendah dapat menghambat pertumbuhan jamur pada permukaan plastik *degradable*. Ampas kopi mengandung komponen selulosa. Serat selulosa menyerap kelembapan karena sifatnya yang hidrofilik yang disebabkan oleh adanya beberapa ikatan H (gugus -OH) di antara makromolekul dinding sel dalam serat. Ketika serat bersentuhan dengan uap air, ikatan H akan terputus dan gugus -OH akan membentuk ikatan H baru dengan molekul air. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa gugus -OH hidrofilik merupakan sumber utama penyerapan air pada serat selulosa. Penyerapan air pada serat selulosa dapat diatasi dengan menghilangkan gugus-gugus ini (Parul Sahu., 2022). Menurut Nur Nadia Nasir dan

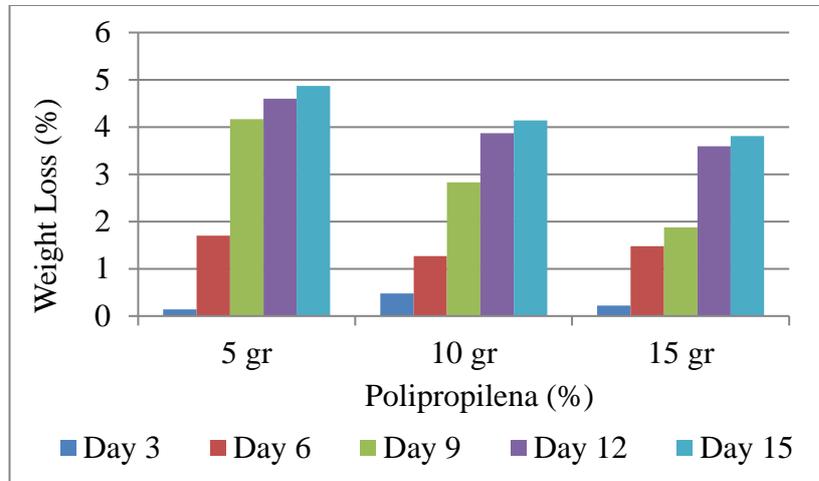
Siti Amira Othman. (2021) sifat pati yang sangat hidrofilik dan kepekaannya yang tinggi terhadap kelembapan menyebabkan air dengan mudah berpindah ke daerah *amorf* pati selama perendaman. Berdasarkan standar plastik internasional (EN 317) besarnya nilai pengembangan tebal *swelling* untuk plastik adalah 1.44% (Bambang Admadi Harsojuwono dkk., 2022).

3.5 Analisa Laju Biodegradabilitas dengan Penanaman di Dalam Tanah

Uji biodegradabilitas bertujuan untuk mengetahui laju degradasi plastik *degradable*, oleh karena itu, memerlukan waktu untuk penguraian plastik *degradable*. Laju *biodegradability* dilakukan dengan uji penguburan didalam tanah yang akan terdegradasi oleh mikroba. Hasil uji *biodegradability* plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi dengan menggunakan variasi Polipropilen/PP (5, 10, dan 15 gr) dengan penambahan maleat anhidrida 1 gr terdapat pada Tabel 3 serta di tampilkan dalam Gambar 7.

Tabel 3. Hasil Laju *biodegradability* pada plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi dengan menggunakan PP.

| Polipropilena (gr) | Laju <i>Biodegradability</i> (%) | | | | |
|-----------------------|----------------------------------|------|------|------|------|
| | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| 5 | 0.14 | 1.70 | 4.17 | 4.60 | 4.87 |
| 10 | 0.48 | 1.27 | 2.83 | 3.87 | 4.14 |
| 15 | 0.22 | 1.48 | 1.88 | 3.59 | 3.81 |



Gambar 7. Laju biodegradabilitas pada plastik *degradable* pati ampas kopi dengan variasi PP.

Mikroorganisme seperti bakteri dan jamur di dalam tanah menyebabkan terjadinya degradasi pada plastik *degradable* setelah penguburan. Sampel harus terkubur di tanah dengan berat yang diketahui untuk interval waktu yang berbeda, tergantung pada bahan dan aplikasi produk plastik yang digunakan. Penelitian ini menggunakan Polipropilena/PP (5, 10, dan 15 gr) dengan penambahan maleat anhidrida 1 gr yang berfungsi sebagai *compatibilizer* untuk melihat pengaruh laju degradasi yang dihasilkan. Dari Tabel 3 dan Gambar 7. terlihat bahwa hasil dari biodegradasi plastik *degradable* terurai sebesar 3-5% dalam waktu 15 hari. Penambahan PP berpengaruh terhadap terdegradasinya plastik *degradable* dan ampas kopi memiliki kadar lignin yang menyebabkan sulitnya plastik untuk terdegradasi. Lignin pada serat selulosa di sisi lain, dapat menghambat degradasi. Lignin dapat hilangkan dengan menggunakan beberapa senyawa pengurai lignin salah satunya adalah NaOH yang memiliki pengaruh signifikan terhadap penghilangan lignin dengan cara delignifikasi (Jung W et al., 2020). Dalam penelitian ini, semakin tinggi persen PP yang ditambahkan pada plastik *degradable* maka waktu degradasi didalam tanah semakin lama. Standar plastik *biodegradable* (ASTM D-6002: *Guide for Assessing the Compostability of Environmentally*

Degradable Plastics dan ASTM D-20.96 on *Environmentally Degradable Plastic*), yang menyatakan untuk produk yang terdiri dari polimer tunggal (homopolimer atau kopolimer acak), 60% karbon organik harus diubah menjadi karbon dioksida pada akhir periode pengujian yaitu maksimum 180 hari, maka durasi penguraian plastik berbasis pati sagu ini telah memenuhi standar.

4. Simpulan dan Saran

Sifat mekanis plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi dengan penambahan polipropilena dan maleat anhidrida memiliki kuat tarik, elongasi dan modulus young yang baik. Kekuatan tarik, *modulus young* dan elongasi tertinggi yang diperoleh adalah 9.80 MPa, 103.16 MPa dan 8.85% pada penambahan 5 gr PP. Kandungan gugus yang terdapat pada analisa FTIR dari plastik *degradable* pati ampas kopi dengan penambahan polipropilena dan maleat anhidrida bersifat hidrofilik yang berikatan dengan air dan memiliki gugus O-H, C-H and C=C. Karakteristik termal dengan uji TGA menunjukkan plastik *degradable* pati ampas kopi memiliki stabilitas termal yang baik. Penurunan berat terjadi mulai dari suhu 458.97°C hingga 512.88°C. Nilai *swelling* terendah plastik *degradable* dengan penggunaan PP 15 gr yaitu 1.1460 %. Persentase penyerapan air yang rendah dapat menghambat pertumbuhan jamur pada permukaan plastik *degradable* sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pengemas makanan. Laju biodegradasi plastik *degradable* berbasis pati ampas kopi dengan menggunakan polipropilena sekitar 3-5 % dalam waktu 15 hari. Penambahan polipropilena berpengaruh terhadap terdegradasinya plastik *degradable*.

5. Daftar Pustaka

1. Alper Aksit., Teresa Menzel., Merve Aksit., Volker Altstädt. (2020). Properties of Styrene–Maleic Anhydride Copolymer Compatibilized Polyamide 66/Poly (Phenylene Ether) Blends: Effect of Maleic Anhydride Concentration and Copolymer Content. MDPI: materials 13, 1237. DOI: 10.3390/ma13051237.

2. ASTM Standards Pertaining to The Biodegradability and Compostability of Plastics Sponsored by Subcommittee D20.96 on Environmentally Degradable Plastics, ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959.
3. Aina Aqila Arman Alim., Azizah Baharum., Siti Salwa Mohammad Shirajuddin., Farah Hannan Anuar., Blending of Low-Density Polyethylene and Poly(Butylene Succinate) (LDPE/PBS) with Polyethylene–Graft–Maleic Anhydride (PE–g–MA) as a Compatibilizer on the Phase Morphology, Mechanical and Thermal Properties. MDPI: Polymers, 15, 261. <https://doi.org/10.3390/polym15020261>.
4. A.Mengual., D. Juarez., R. Balart., S. Ferraandiz. (2017). PE-g-MA, PP-g-MA and SEBS-g-MA compatibilizer used in material blends, Elsevier: Procedia Manufacturing 13, 321–326.
5. Bambang Admadi Harsojuwono., Wayan Arnata., Amna Hartiati., Yohanes Setiyo., Sayi Hatiningsih., & Luh Suriati. (2022). The Improvement of the Modified Starch—Glucomannan—Polyvinyl Alcohol Biothermoplastic Composite Characteristics With Polycaprolactone and Anhydride Maleic Acid. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6, 844485.
6. Ballesteros, L.F., Teixeira, J.A., Mussatto, S.I. (2014). Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. Food Bioprocess Tech, 7 (12), 3493–3503.
7. Denny Akbar Tanjung., Novesar Jamarun., Syukri Arief., Hermansyah Aziz., Ahmad Hafizullah Ritonga., Boy Isfa., Vivi Sisca. (2022). Influence of LLDPE-g-MA on mechanical properties, degradation performance, and water absorption of thermoplastic sago starch blends Indones J. Chem 22, (1), 171-178.
8. D. Wang, Y. Li, X.-M. Xie., & B.-H. Guo. (2011). Compatibilization and morphology development of immiscible ternary polymer blends. Polymer, 52, (1), 91–200.
9. Farah Hafidzah., Mohd Bijarimi., Waleed Alhadadi., Suriyati Salleh., Mohammad Norazmi., Erna Normaya. (2021). Statistical Study on the Interaction Factors of Polypropylene-Graft-Maleic Anhydride (PP-g-MA) with Graphene Nanoplatelet (GNP) at Various Poly(Lactic Acid)/Polypropylene (PLA/PP) Blends Ratio. Indones. J. Chem, 21 (1), 234 – 242. DOI: 10.22146/ijc.54036.
10. G. Jiang, H. Wu., & S. Guo. (2010). Reinforcement of adhesion and development of morphology at polymer-polymer interface via reactive compatibilization: a review. Polymer Engineering and Science, 50, (12), 2273–2286.
11. Harris, M., Potgieter, J, Ray, S., Archer, R., Arif, K.M. (2020). Polylactic acid and high-density polyethylene blend: Characterization and application in additive manufacturing. Journal of Applied Polymer Science, 137, 49602.
12. Hiba Shaghaleh, Xu Xu, Shifa Wang. (2018) Current progress in production of biopolymeric materials based on cellulose, cellulose nanofibers, and cellulose

- derivatives. *The Royal Society of Chemistry: RSC Advances* 8, 825–842 DOI: 10.1039/c7ra11157.
13. Iman Rahayu., Achmad Zainuddin., Yoga Trianzar Malik., Sunit Hendrana. 2020. Maleic anhydride grafted onto high density polyethylene with an enhanced grafting degree via monomer microencapsulation. *Heliyon*, 6, e0374. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03742>.
 14. Jung, W., Savithri, D., Sharma-Shivappa., R. (2020). Effect of Sodium Hydroxide Pretreatment on Lignin Monomeric Components of *Miscanthus × giganteus* and Enzymatic Hydrolysis. *Waste Biomass Valor* 11, 5891–5900. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00859-8>.
 15. K. J. Falua, A. Fokharel, A. Babaei-Ghazvini, Y. Ai, and B. Acharya, valorization of starch to biobased materials: a review, *Polymers*, 14, 2215, (2022) <https://doi.org/10.3390/polym14112215>
 16. Maryam., Anwar Kasim., Novelina., Emriadi. (2022). Improvement on The Bioplastic Properties of Polyvinyl Alcohol (PVA) with The Sago Starch Nanoparticle Addition. *Sylwan* 166, (1) 130.
 17. Nur Nadia Nasir & Siti Amira Othman., (2021). The physical and mechanical properties of corn-based bioplastic films with different starch and glycerol content. *Journal of Physical Science*, 32, (3), 89–101. <https://doi.org/10.21315/jps2021.32.3.7>.
 18. Nor Izaida Ibrahim., Farah Syazwani Shahar., Mohamed Thariq Hameed Sultan., Ain Umaira Md Shah., Syafiqah Nur Azrie Safri., Muhamad Hasfanizam Mat Yazik. (2021). Overview of Bioplastic Introduction and Its Applications in Product Packaging. *Coatings* 11, 1423 <https://doi.org/10.3390/coatings11111423>.
 19. Nanda Raudhatil Jannah., Novesar Jamarun., Yulia Eka Putri. (2021). Production of Starch-Based Bioplastic from *Durio zibethinus* Murr Seed Using Glycerol as Plasticizer. *Jurnal Riset Kimia*, 12, (2).
 20. N. Suaduang, S. Ross., G. M. Ross., S. Pratumshat, & S. Mahasaranon. (2019). Effect of spent coffee grounds filler on the physical and mechanical properties of poly(lactic acid) biocomposite films. *Materials Today: Proceedings*, 17, 2104–2110.
 21. Nora Aranburu., & José Ignacio Eguiazábal. (2015). Improved Mechanical Properties of Compatibilized Polypropylene/Polyamide-12 Blends. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Polymer Science*, 742540, 8 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/742540>.
 22. Parul Sahu., & MK Gupta. (2022). Water absorption behavior of cellulosic fibres polymer composites: A review on its effects and remedies. *Sage Journal: Journal of Industrial Textiles* 51, (5S), 480S–7512S. DOI: 10.1177/1528083720974424.
 23. R. Campos-Vegaa, G. Loarca-Pina, H. A. Vergara-Castaneda, & B. Dave Oomah. (2015). Spent coffee grounds: a review on current research and future prospects,” *Trends in Food Science & Technology*, 45, (24e36), 1–13.

24. Sanjib Kumar Karmee. (2017). A spent coffee grounds based biorefinery for the production of biofuels, biopolymers, antioxidants and biocomposites. Elsevier: Waste Management, 0956-053. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.042>.
25. T.A. Nascimento., V. Calado., C.W.P. Carvalho. (2012). Development and characterization of flexible film based on starch and passion fruit mesocarp flour with nanoparticles. Elsevier: Food Research International, 49, 588–595.
26. Waryat., M, Romli A., Suryani Indah., Yuliasih Syah., Johan. (2013). Penggunaan compatibilizer untuk meningkatkan karakteristik morfologi, fisik dan mekanik plastik biodegradabel berbahan baku pati termoplastik polietilen. Indonesian Journal of Materials Science, 14, (3), 214 – 221.
27. Yunita., Nurlina., Intan Syahbanu, Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil dari Daun Suji sebagai sumber Capping Agent. POSITRON 10, (2), 123–130. <https://10.26418/positron.v10i2.42136>.