

# Pengaruh Konsentrasi Kaolin dan ZnO dengan Penambahan PVOH Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbasis Pati

Rony P. Sihombing, Muhammad Z. Al-Ghifari, Fauzan I. Maulana,  
Agustinus Ngatin\*

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

\*E-mail : agustinus.ngatin@polban.ac.id

## ABSTRAK

Bioplastik berbasis pati dapat dijadikan sebagai alternatif dari permasalahan plastik konvensional karena memiliki kelebihan yaitu dapat terdegradasi secara alami, namun memiliki kelemahan berupa buruknya karakteristik yang membuat fungsionalitasnya menurun. Kekurangan tersebut dapat diatasi dengan penambahan *filler* seperti ZnO dan *kaolin clay*, *plasticizer*, serta aditif seperti PVOH. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan bahan tersebut terhadap daya serap air dan biodegradabilitas bioplastik sebagai alternatif bagi penggunaan plastik konvensional. Bioplastik jenis ini dibuat dengan mencampurkan pati dengan 25% b/b gliserol, *filler* (ZnO atau *kaolin clay*) dengan variasi konsentrasi (3%, 6%, 9%, dan 12%, b/b), dan 5% b/b PVOH ke dalam air dengan pemanasan dan pengadukan kontinyu. Hasil penelitian menunjukkan bioplastik dengan *filler* ZnO memiliki daya serap air lebih baik namun sifat biodegradabilitasnya lebih rendah dibandingkan *filler kaolin clay*. Penambahan PVOH meningkatkan biodegradabilitas bioplastik dengan *filler* ZnO, namun sebaliknya pada *filler kaolin clay*. Bioplastik dengan daya serap air terbaik didapatkan pada penambahan *filler* ZnO 12% b/b dan PVOH 5% b/b dengan nilai daya serap air 70,2644%, sedangkan biodegradabilitas terbaik didapatkan pada penambahan *filler kaolin clay* 3% b/b dan PVOH 5% b/b dengan nilai sebesar 34,0608%.

## Kata Kunci

*Bioplastik, biodegradable, pati, filler, PVOH, daya serap air*

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan sampah plastik hingga saat ini masih menjadi salah satu perhatian utama dunia. Kebanyakan plastik saat ini diproduksi dari hidrokarbon dan pada umumnya tidak dapat diuraikan secara alami dan hanya bisa diuraikan melalui proses destruktif seperti pembakaran yang dapat menimbulkan masalah baru yaitu emisi karbon. Pada tahun 2015 diperkirakan terdapat 6.300 metrik ton sampah plastik yang timbul, dari jumlah tersebut 9% dapat didaur ulang, 12% diuraikan melalui pembakaran, dan 79% sisanya terakumulasi di lingkungan. Jika tren produksi dan pengolahan sampah plastik yang saat ini berlaku terus dilakukan maka pada tahun 2050 diperkirakan akan terdapat 12.000 metrik ton sampah plastik yang terakumulasi [1].

Masalah tersebut dapat diatasi dengan substitusi plastik konvensional dengan bahan lain yang memiliki karakteristik yang sama

namun terbuat dari bahan yang terbarukan dan *biodegradable*. Bahan

yang memiliki keunggulan tersebut salah satunya adalah bioplastik berbasis pati. Pati merupakan bahan yang murah dan sangat potensial untuk dikembangkan menjadi bahan dasar bioplastik karena sifatnya yang *biodegradable* dan terbarukan [2]. Pati dapat diperoleh dari tumbuhan seperti singkong yang merupakan salah satu komoditas utama pertanian Indonesia. Hal tersebut membuat bioplastik berbasis pati sangat potensial untuk dikembangkan.

Meskipun bioplastik berbasis pati sangat potensial untuk dikembangkan, bioplastik jenis ini memiliki kelemahan seperti rendahnya karakteristik mekanik dan ketahanan air dibandingkan dengan plastik konvensional. Namun permasalahan tersebut dapat diatasi dengan melakukan penambahan *filler*, *plasticizer*, serta bahan aditif lainnya. Penambahan *plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas dan membuat

bioplastik menjadi tidak rapuh dengan cara mengurangi interaksi antar rantai polimer dalam bioplastik. Salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai *plasticizer* adalah gliserol.

Penambahan *filler* dimaksudkan untuk menguatkan dan mengeraskan material penyusun bioplastik berdasarkan prinsip adhesi, yaitu gaya tarik-menarik antara molekul-molekul dari jenis bahan yang berbeda. Jenis *filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah ZnO dan *kaolin clay*. ZnO memiliki karakteristik mekanik dan sifat *barrier* yang baik serta memiliki sifat antibakterial [3]. Sementara itu, *kaolin clay* juga memiliki karakteristik mekanik dan sifat *barrier* yang baik pula. Maka dari itu, kedua material tersebut sangat cocok untuk dijadikan *filler* untuk bisa mentransfer sifatnya masing-masing dan memperkuat bioplastik.

Kualitas bioplastik juga bisa ditingkatkan dengan penambahan aditif lainnya seperti polyvinyl alkohol. Penambahan PVOH dapat memperbaiki kekuatan mekanik serta meningkatkan fleksibilitas dari bioplastik [4]. Penelitian kami dilakukan untuk menentukan karakteristik bioplastik dengan *filler* ZnO dan *kaolin clay* pada beberapa variasi konsentrasi tertentu. Dalam penelitian ini juga akan ditentukan pengaruh keberadaan aditif polyvinyl alkohol. Karakteristik yang akan kami tentukan di antaranya adalah, daya serap air dan biodegradabilitas.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini di antaranya adalah pati singkong (*Manihot esculenta*), *kaolin clay*, seng oksida (ZnO), gliserol, polyvinyl alkohol (PVOH) dan aquades. Peralatan yang digunakan di antaranya adalah peralatan gelas, *hot plate*, dan motor pengaduk Haocheng HM-100S.

### 2.2 Metode

#### 2.2.1 Pembuatan Pati

Singkong sebagai bahan baku pembuatan pati dikupas dan dicuci untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada singkong. Singkong selanjutnya dipotong dan dicampurkan dengan air dengan perbandingan 1 bagian singkong dan 2 bagian air sebelum akhirnya dihaluskan dengan blender. Hasil penghalusan dengan blender selanjutnya

disaring dengan kain saring untuk memisahkan ampas singkong dari filtrat. Filtrat kemudian diendapkan secara gravitasi selama 2 jam sehingga pati akan terpisah dari air karena sifatnya yang tidak larut dalam air. Pati selanjutnya dipisahkan dari air dan dikeringkan dengan sinar matahari selama 2 hari.

#### 2.2.2 Pembuatan Bioplastik

Bahan pembuatan bioplastik ditimbang sesuai dengan berat yang ditentukan yaitu 15 gram pati, 3, 6, 9, dan 12% b/b *filler*, 25% b/b gliserol, dan 5% b/b PVOH. Bahan tersebut dicampurkan ke dalam 150 ml aquades dengan suhu 80°C. Proses pencampuran dilakukan menggunakan pemanasan yang dikontrol agar tetap berada pada suhu 80°C dan pengadukan kontinyu dengan kecepatan putaran 650 rpm selama 30 menit.

Campuran selanjutnya disaring dan sebanyak 75 gram campuran dituang ke dalam cetakan berukuran 21 cm x 21 cm. Bioplastik selanjutnya dikeringkan pada suhu ruangan selama 48 jam. Bioplastik yang telah kering dilepaskan dari cetakan dan diuji daya serap air dan biodegradabilitasnya.

#### 2.2.3 Uji Daya Serap Air

Daya serap air mengilustrasikan aspek ketahanan air pada bioplastik. Bioplastik dengan daya serap air yang tinggi memiliki ketahanan air yang rendah. Penentuan daya serap air dilakukan dengan standar ASTM D570. Sampel berukuran 60 mm x 60 mm ditimbang berat awalnya dan direndam dalam aquadest selama 2 jam. Sampel yang telah direndam dikeringkan dengan lap kering dan langsung ditimbang berat akhirnya. Berat awal dan akhir sampel kemudian digunakan untuk menentukan daya serap air bioplastik dengan persamaan berikut:

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

$W_1$  dan  $W_0$  merupakan berat awal dan akhir sampel.

#### 2.2.4 Uji Biodegradabilitas

Biodegradabilitas menunjukkan kemampuan bioplastik untuk bisa terdegradasi ketika terkena paparan mikroorganisme. Pengujian biodegradabilitas dilakukan menggunakan EM4 [5]. Sampel berukuran 5 cm x 5 cm

ditimbang berat awalnya kemudian direndam dalam 35 ml larutan EM4 selama 7 hari. Berat akhir kemudian ditimbang setelah perendaman selesai. Pengujian tersebut menghasilkan data berupa berat awal dan berat akhir yang dapat diolah menjadi biodegradabilitas bioplastik dengan persamaan berikut:

$$\%Terdegradasi = \frac{W_0 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (2)$$

$W_1$  dan  $W_0$  merupakan berat awal dan akhir sampel.

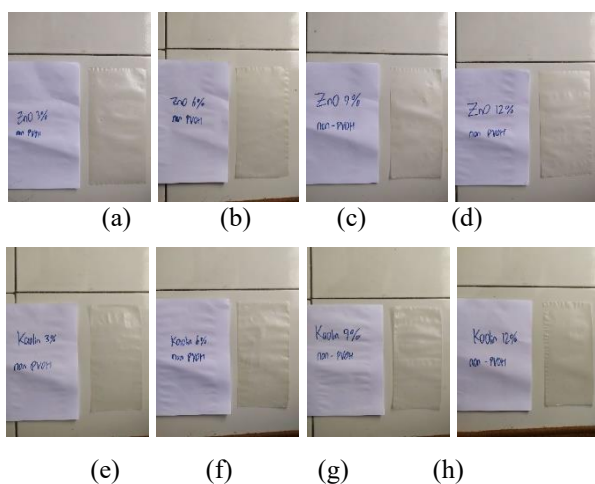
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 2.3 Pembuatan Pati

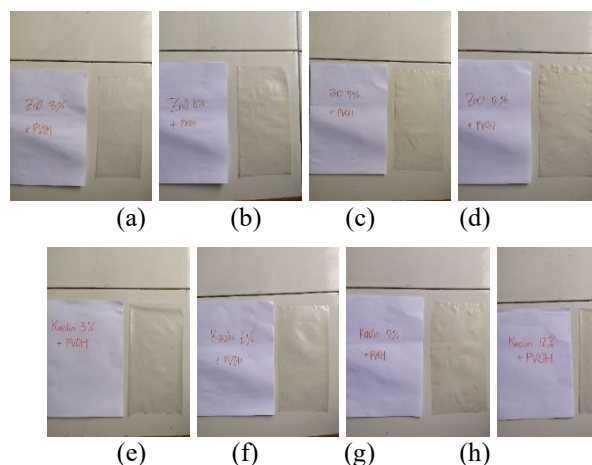
Proses pembuatan pati dilakukan dengan bahan baku singkong sebanyak 2,5 kg. Jumlah singkong tersebut menghasilkan pati sebanyak 600 gram. *Yield* dari pembuatan pati yang dilakukan adalah sebesar 24%. Pati yang telah dibuat siap untuk dijadikan bahan baku dalam pembuatan bioplastik

#### 2.4 Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik yang dilakukan menghasilkan sebanyak 16 sampel dengan variasi yang berbeda-beda. Gambar 1 dan 2 berikut menunjukkan bioplastik yang dihasilkan.



Gambar 1 Hasil Bioplastik Tanpa PVOH dengan filler (a) ZnO 3% (b) ZnO 6% (c) ZnO 9% (d) ZnO 12% (e) Kaolin 3% (f) Kaolin 6% (g) Kaolin 9% (h) Kaolin 12%

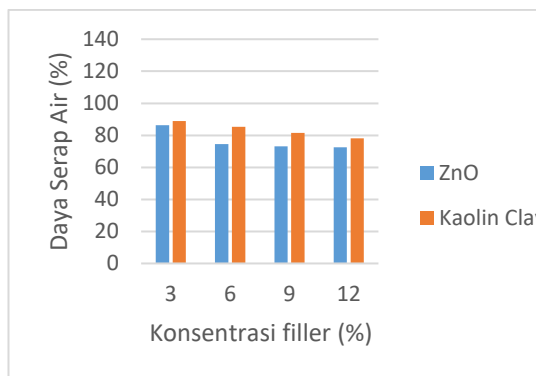


Gambar 2 Hasil Bioplastik dengan Penambahan PVOH dengan filler (a) ZnO 3% (b) ZnO 6% (c) ZnO 9% (d) ZnO 12% (e) Kaolin 3% (f) Kaolin 6% (g) Kaolin 9% (h) Kaolin 12%

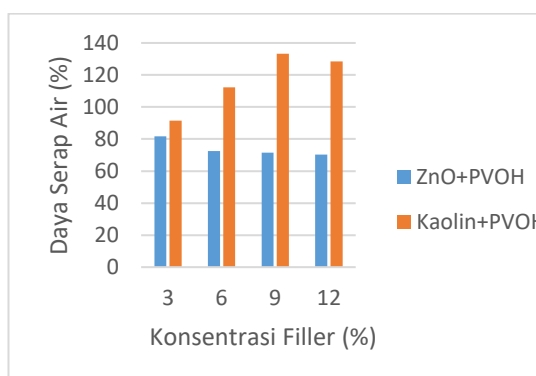
Berdasarkan pengamatan secara visual, sampel dengan filler ZnO memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan sampel dengan filler kaolin clay. Sampel dengan filler kaolin clay memiliki granular dan bintik-bintik pada permukaannya. Sementara itu, sampel dengan penambahan PVOH memiliki gelembung-gelembung kecil pada permukaannya. Terdapat sedikit gelembung pada sampel dengan filler ZnO sementara pada sampel dengan filler kaolin clay memiliki gelembung yang relatif lebih banyak. Kondisi sampel ini dapat menjelaskan parameter-parameter yang diujikan pada poin pembahasan selanjutnya.

#### 2.5 Daya Serap Air Bioplastik

Pengujian daya serap air bioplastik menghasilkan data yang digambarkan dalam grafik pada Gambar 3 untuk sampel tanpa PVOH dan Gambar 4 untuk sampel dengan penambahan PVOH.

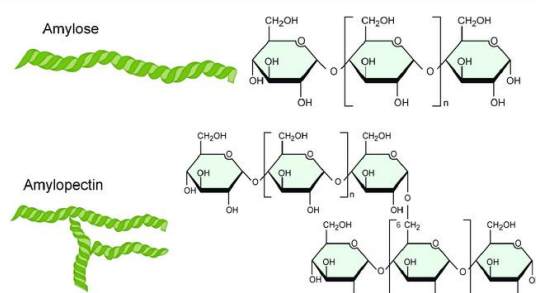


Gambar 3 Grafik Hubungan Konsentrasi Filler Terhadap Daya Serap Air Sampel Tanpa PVOH



Gambar 4 Grafik Hubungan Konsentrasi Filler Terhadap Daya Serap Air Sampel dengan Penambahan PVOH

Berdasarkan kedua grafik di atas, dapat terlihat bahwa daya serap air dari bioplastik menurun seiring bertambahnya konsentrasi filler. Hasil tersebut juga ditemukan dalam penelitian terdahulu seperti penelitian oleh Rosado et al pada tahun 2021 dan Sunardi et al pada tahun 2019. Hasil tersebut disebabkan oleh penambahan filler dengan konsentrasi yang tinggi membuat filler yang mengisi *free volume* diantara rantai polimer bioplastik pati semakin banyak dan membuat kerapatan komposit meningkat sehingga daya serap airnya menurun (Sunardi dkk., 2020). Selain itu filler yang digunakan yaitu ZnO dan kaolin clay bersifat hidrofobik. Semakin banyak jumlah filler hidrofobik yang ada dalam komposit membuat komposit menjadi semakin hidrofobik pula sehingga daya serap airnya akan semakin menurun. Filler ZnO dan kaolin clay juga bekerja dengan cara berikatan dengan gugus hidroksil yang berada pada rantai polimer pati. Pati tersusun atas amilum dan amilopektin yang strukturnya ditunjukkan pada Gambar 5.

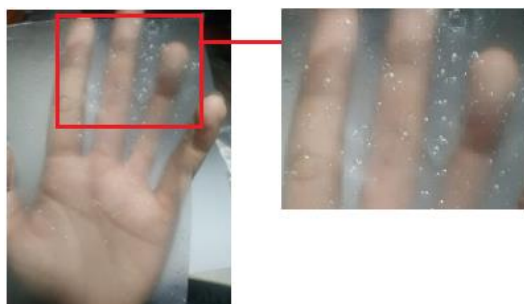


Gambar 5 Struktur Komponen Penyusun Rantai Pati [7]

Berdasarkan Gambar 5 di atas, komponen penyusun rantai polimer pati memiliki gugus hidroksil yang dapat berinteraksi dengan air sehingga ketahanan air nya rendah. Filler ZnO dan kaolin clay akan berikatan dengan gugus tersebut sehingga mengurangi keberadaan gugus hidroksil [3]. Kondisi tersebut membuat bioplastik menjadi lebih tahan terhadap air.

Berdasarkan kedua kurva pada Gambar 3 dan 4 di atas, penambahan PVOH menghasilkan data yang beragam. Penambahan PVOH meningkatkan ketahanan air pada sampel dengan filler ZnO tetapi menurunkan ketahanan air dari sampel dengan filler kaolin clay. Pada umumnya, penambahan PVOH dapat menurunkan daya serap dari suatu komposit. Hal tersebut terjadi karena pada dasarnya sifat suatu komposit merupakan campuran sifat dari bahan-bahan penyusunnya [8].

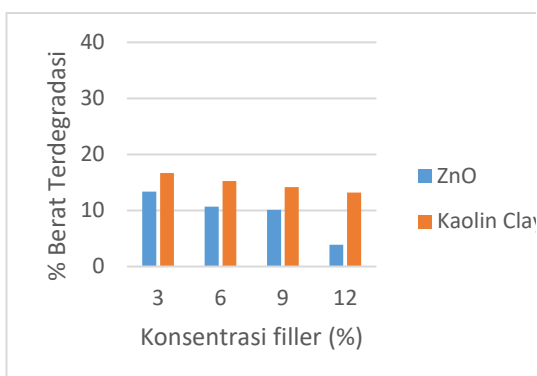
PVOH yang memiliki sifat hidrofobik tentunya akan membuat komposit yang memiliki sifat hidrofobik pula. Namun, dalam kasus penambahan PVOH ke dalam sampel bioplastik dengan filler kaolin clay, didapatkan nilai daya serap air yang justru meningkat seiring bertambahnya konsentrasi kaolin clay. Fenomena tersebut bersesuaian dengan penelitian lainnya dimana campuran kaolin clay dan PVOH banyak digunakan dalam pengembangan bahan dengan daya serap tinggi seperti sponge [9]. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa meningkatnya konsentrasi kaolin clay ke dalam campuran menimbulkan hasil dengan porositas yang tinggi. Keberadaan kaolin clay membuat kerapatan rantai PVOH menjadi kecil akibat penurunan kristalisasi molekuler PVOH. Hal tersebut menjelaskan mengapa penambahan PVOH ke dalam sampel bioplastik dengan filler kaolin clay menimbulkan hasil yang memiliki banyak gelembung dan pori seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6 berikut:



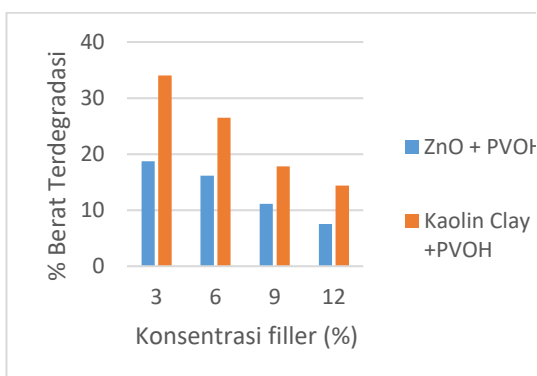
Gambar 6 Sampel dengan Filler Kaolin Clay dan Penambahan PVOH

## 2.6 Biodegradabilitas Bioplastik

Pengujian biodegradabilitas bioplastik menghasilkan data yang digambarkan dalam grafik pada Gambar 7 untuk sampel tanpa PVOH dan Gambar 8 untuk sampel dengan penambahan PVOH:



Gambar 7 Grafik Hubungan Konsentrasi Filler Terhadap Biodegradabilitas Sampel Tanpa PVOH



Gambar 8 Grafik Hubungan Konsentrasi Filler Terhadap Biodegradabilitas Sampel dengan Penambahan PVOH

Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa biodegradabilitas sampel menurun seiring dengan penambahan konsentrasi ZnO dan kaolin clay. Filler ZnO memiliki sifat anti-bakterial sehingga penambahannya akan

menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada sampel dan pada akhirnya menurunkan biodegradabilitasnya. Penghambatan pertumbuhan mikroorganisme dengan penambahan ZnO terjadi karena ZnO dapat memproduksi *reactive oxygen species* (ROS) yang menimbulkan terjadinya oksidasi pada sitoplasma sel mikroorganisme sehingga sel tersebut mati [3]. Sebaliknya, *filler kaolin clay* tidak memiliki sifat anti-bakterial sehingga biodegradabilitasnya lebih tinggi dibandingkan sampel dengan *filler ZnO*.

Gambar 8 menunjukkan peningkatan biodegradabilitas dengan penambahan PVOH pada sampel. Fenomena tersebut diakibatkan oleh penambahan PVOH yang menimbulkan gelembung pada sampel. Gelembung tersebut dalam jangka panjang dapat ditembus oleh mikroorganisme sehingga proses biodegradasi tidak hanya terjadi pada permukaan sampel saja melainkan dari bagian dalam pula. Selain itu, PVOH juga merupakan bahan organik sehingga bisa dijadikan sumber nutrisi oleh mikroorganisme pengurai.

## 4. KESIMPULAN

Peningkatan konsentrasi ZnO dan *kaolin clay* dapat meningkatkan ketahanan air, namun menurunkan biodegradabilitas. Ketahanan terhadap air terbaik terdapat pada *filler ZnO* 12% dengan nilai daya serap air sebesar 72,5732%. Biodegradabilitas terbaik terdapat pada *filler kaolin clay* 3% dengan nilai %terdegradasi 16,6855%.

Penambahan PVOH meningkatkan biodegradabilitas pada *filler ZnO* dan *kaolin clay*. Penambahan PVOH juga dapat meningkatkan ketahanan air pada *filler ZnO* dan sebaliknya pada kaolin clay. Ketahanan terhadap air terbaik terdapat pada *filler ZnO* 12% dan PVOH 5% dengan nilai daya serap air sebesar 70,2644. Biodegradabilitas terbaik terdapat pada *filler kaolin clay* 3% dan PVOH 5% dengan nilai %terdegradasi 34,0608%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada institusi Politeknik Negeri Bandung yang telah mendanai penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law, "Production, use, and fate of all plastics ever made," *Science Advances*, vol. 3, no. 7, Jul. 2017, doi: 10.1126/sciadv.1700782.
- [2] M.-F. Huang, J.-G. Yu, and X.-F. Ma, "Studies on the properties of Montmorillonite-reinforced thermoplastic starch composites," *Polymer (Guildf)*, vol. 45, no. 20, pp. 7017–7023, Sep. 2004, doi: 10.1016/j.polymer.2004.07.068.
- [3] A. H. D. Abdullah *et al.*, "Harnessing the Excellent Mechanical, Barrier and Antimicrobial Properties of Zinc Oxide (ZnO) to Improve the Performance of Starch-based Bioplastic," *Polymer-Plastics Technology and Materials*, vol. 59, no. 12, pp. 1259–1267, Aug. 2020, doi: 10.1080/25740881.2020.1738466.
- [4] K. Majdzadeh-Ardakani and B. Nazari, "Improving the mechanical properties of thermoplastic starch/poly(vinyl alcohol)/clay nanocomposites," *Composites Science and Technology*, vol. 70, no. 10, pp. 1557–1563, Sep. 2010, doi: 10.1016/j.compscitech.2010.05.022.
- [5] M. Afif, N. Wijayati, and S. Mursiti, "Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol," *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 7, no. 2, 2017.
- [6] Ph. D. , S. Sunardi, Y. Susanti, and K. Mustikasari, "SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK DARI PATI UBI NAGARA DENGAN KAOLIN SEBAGAI PENGUAT," *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, vol. 11, no. 2, p. 65, Feb. 2020, doi: 10.24111/jrihh.v11i2.5084.
- [7] A. Raouf MS and A. Raheim ARM, "Removal of Heavy Metals from Industrial Waste Water by Biomass-Based Materials: A Review," *Journal of Pollution Effects & Control*, vol. 05, no. 01, 2016, doi: 10.4172/2375-4397.1000180.
- [8] H. Judawisastra, R. D. R. Sitohang, L. Marta, and Mardiyati, "Water absorption and its effect on the tensile properties of tapioca starch/polyvinyl alcohol bioplastics," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 223, p. 012066, Jul. 2017, doi: 10.1088/1757-899X/223/1/012066.
- [9] T. M. Tamer *et al.*, "Development of Polyvinyl Alcohol/Kaolin Sponges Stimulated by Marjoram as Hemostatic, Antibacterial, and Antioxidant Dressings for Wound Healing Promotion," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 23, p. 13050, Dec. 2021, doi: 10.3390/ijms222313050.