

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Bio-Plastik Sebagai Solusi Isu Plastik

Plastik memiliki struktur kimia yang kompleks namun secara sederhana plastik tersusun dari gabungan monomer-monomer yang panjang gabungan dari monomer-monomer ini disebut sebagai polymer. Rantai polimer yang terbentuk terdiri dari monomer berkisar antara 1000-10000. Polimer plastik dibentuk dengan *polyaddition*, *polycondensation*, atau *rearrangement polymerisation*.¹ Ada banyak jenis polimer plastik kemudian digolongkan menjadi 2 jenis dengan sifat dan karakteristik yang berbeda yakni thermoplastik dan thermosetting. Thermoplastik memiliki sifat dan karakteristik mudah mencair jika dipanaskan dengan suhu tertentu, sedangkan plastik jenis termoseting tidak memiliki kemampuan mencair ketika sudah dipadatkan baik dicairkan dengan cara dipanaskan.²

Plastik dengan polimer aromatik lebih populer dan luas penggunaannya karena kebanyakan plastik memiliki kestabilan dan daya tahan yang tinggi. Proses degradasi yang dilakukan oleh alam pada polimer plastik terjadi melalui 4 tahapan yakni fotodegradasi, degradasi termal oksidatif, degradasi hidrolitik, dan biodegradasi oleh mikroorganisme. Proses degradasi yang terjadi plastik polimer menjadikannya rapuh dan pecah menjadi lebih kecil, sampai rantai polimer mencapai berat molekul yang cukup rendah untuk dimetabolisme oleh mikroorganisme. Mikroorganisme kemudian mengubah polimer menjadi karbon dioksida atau memasukkannya ke dalam biomolekul. Namun proses ini terjadi sangat lama yang membutuhkan waktu 50 tahun bahkan lebih. Oleh karena

¹ Seventh Edition, 'Plastics Materials', *Analysis and Deformation of Polymeric Materials*, 2005, 153–71 <https://doi.org/10.1007/0-306-46908-1_8>.

² Syifa Evania Farin, 'Penumpukan Sampah Plastik Yang Sulit Terurai Berpengaruh Pada Lingkungan Hidup Yang Akan Datang', *OSF Preprint*, 2021, 1–10 <<https://doi.org/https://doi.org/10.31219/osf.io/y2v5t>>.

itu, plastik polimer tidak dapat terurai secara alamiah oleh lingkungan.³

Peningkatan produksi plastik terjadi karena adanya peningkatan kebutuhan plastik oleh masyarakat modern. Peningkatan konsumsi plastik tanpa adanya perilaku mendaur ulang plastik serta kurangnya pengelolaan dan penanganan limbah plastik menjadi penyebab terjadi penumpukan sampah plastik. Kasus sampah plastik sudah menjadi masalah lingkungan global yang yang mengkhawatirkan, maka perlu sebuah upaya untuk menanggulangi peningkatan sampah plastik dengan perilaku penggunaan plastik yang lebih ramah lingkungan.⁴ Sebagai penyumbang sampah plastik kelautan terbesar kedua Indonesia sebesar 3,22 juta ton/m³, karena belum adanya sistem pengelolaan sampah plastik yang baik.⁵

Menurut Maya Nabila (2021) menyebutkan bahwa pandemi Covid-19 juga telah meningkatkan konsumsi plastik masyarakat modern. Peningkatan konsumsi selama pandemi Covid-19 terjadi karena adanya kebiasaan baru yang mengharuskan setiap aktivitas dilakukan secara daring hingga berbelanja serta layanan pesan antar makanan menjadi meningkat. Peningkatan konsumsi plastik yang meningkat tanpa adanya pengelolaan sampah yang sistematis akan memicu krisis lingkungan dimasa yang akan datang, karena 96% pembelanjaan yang dilakukan secara daring mengandung material plastik yang mengimplikasikan pada peningkatan persentase volume sampah plastik dan timbulnya kekhawatiran jangka panjang pada perspektif lingkungan.⁶ Menurut data SIPSN

³ Hayden K. Webb and others, 'Plastic Degradation and Its Environmental Implications with Special Reference to Poly(Ethylene Terephthalate)', *Polymers*, 5.1 (2013), 1–18 <<https://doi.org/10.3390/polym5010001>>.

⁴ Alfitri and others, 'Sampah Plastik Sebagai Konsekuensi Modernitas Dan Upaya Penanggulangannya', *Jurnal Sosiologi Andalas*, 6.2 (2020), 122–30 <<https://doi.org/10.25077/jsa.6.2.122-130.2020>>.

⁵ Jenna R. Jambeck and others, 'Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean', *Science*, 347.6223 (2015), 768–71 <<https://doi.org/10.1126/science.1260352>>.

⁶ Maya Nabila Roxanne, 'Bumi Di Bawah Tekanan : COVID-19 Dan Polusi Plastik', *Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial*, 7.1 (2021), 45–55.

(Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional) produksi sampah Nasional per tahun mencapai 27,8 juta ton dengan komposisi sampah plastik sebesar 15,5%. Dari data itu menunjukkan bahwa timbunan sampah plastik nasional masuk terbesar kedua setelah sampah sisa makanan.⁷

Bukti bahaya sampah plastik yang hanyut di laut dibuktikan dengan temuan Germanov yang diterbitkan dalam *Frontiers in Marine* menyebutkan bahwa selama musim hujan ikan pari manta dan hiu paus menelan 63 sampah plastik per jamnya. Yang diperkuat dengan temuan 26 potongan sampah plastik dalam kotoran pari manta dan 66 potong dalam sampel muntahan hiu paus. Penelitian lainnya dilakukan *International Pollutants Elimination Network (IPEN)* menyatakan bahwa telur ayam yang diproduksi di Dusun Klagen, Desa Tropodo Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo tercemar dioksin sebesar 200 pikogram per gram lemak. Banyaknya cemaran dioksin dalam telur olahan telah melebihi batas maksimum cemaran kimia telur olahan yang diatur oleh BPOM nomor 8 Tahun 2018 dengan batasan sebesar 2,5 pikogram.⁸

Permasalahan polusi global oleh plastik dengan bahan minyak bumi telah memberikan kekhawatiran yang serius. Salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya fosil, dengan beralih ke material yang lebih aman sebagai alternatif yakni beralih menggunakan bioplastik. Bioplastik adalah bahan berbasis bio atau material biodegradable yang biasanya berasal dari sumber terbarukan. Penelitian bioplastik yang telah dilakukan yakni dengan menggunakan limbah makanan sebagai bahan baku. Konversi limbah buah dan sayuran menjadi biomaterial dapat terjadi melalui proses yang simpel atau yang lebih rumit. Biopolimer diekstrak melalui bahan biomassa mentah yang langsung diproduksi, selain itu

⁷ 'SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional' <<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>> [accessed 1 July 2022].

⁸ Lia Cahyani, 2020. *Kisah Dampak Buruk Sampah Plastik Bagi Hewan*. Jakarta: Tempo Publishing.

ekstraksi biopolimer dapat menjadi agen penguat atau pengisi alami untuk mendapatkan biokomposit.⁹

Bioplastik dapat menjadi pengganti plastik berbahan minyak bumi karena selain mampu memperbaiki lingkungan juga mampu memastikan ketersediaan sumber daya minyak bumi. Bioplastik lebih aman digunakan dengan karena tidak membahayakan kesehatan dan lebih aman bagi lingkungan karena mampu mempertahankan lingkungan yang lebih hijau.¹⁰ Menurut Iman Hamed dkk (2022) menyebutkan bahwa produk sampingan makanan mengandung biomassa yang dapat digunakan untuk memproduksi film dan pelapis yang lebih murah, dan memungkinkan untuk bersaing dengan film yang berasal dari minyak bumi. Biomaterial yang pemanfaatannya masih kurang berkelanjutan pada dasarnya sangat biodegradable, dan sangat efektif untuk menjaga kualitas, masa simpan sebuah makanan, dan memberikan fungsi bioaktif ekstrak pada makanan.¹¹ Pengembangan bioplastik juga memanfaatkan sisa makanan yang memiliki sifat ganda yakni mengurangi sampah plastik dan sampah makanan se kaligus sehingga mendorong kelestarian lingkungan.¹²

Bioplastik berbahan dasar pati sangat mendapatkan perhatian karena sifatnya yang terbarukan, biodegradable,

⁹ Maria Assunta Acquavia and others, 'Natural Polymeric Materials: A Solution to Plastic Pollution from the Agro-Food Sector', *Polymers*, 13.1 (2021), 1–39 <<https://doi.org/10.3390/polym13010158>>.

¹⁰ Taofeeq D. Moshood and others, 'Sustainability of Biodegradable Plastics: New Problem or Solution to Solve the Global Plastic Pollution?', *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5.January (2022) <<https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100273>>.

¹¹ Iman Hamed, Anita Nordeng Jakobsen, and Jørgen Lerfall, 'Sustainable Edible Packaging Systems Based on Active Compounds from Food Processing Byproducts: A Review', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21.1 (2022), 198–226 <<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12870>>.

¹² M. O. Ramadhan and M. N. Handayani, 'The Potential of Food Waste as Bioplastic Material to Promote Environmental Sustainability: A Review', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 980.1 (2020), 1–8 <<https://doi.org/10.1088/1757-899X/980/1/012082>>.

tersedia melimpah dan murah.¹³ Menurut Elmi Kamsiati dkk (2017) mengungkapkan banyaknya bahan dasar pati yang tersedia di Indonesia dan teknologi produksi bioplastik juga lebih sederhana dengan sifat dan karakteristik bioplastik yang hampir sama dengan jenis plastik yang banyak digunakan seperti LDPE, PP, dan HDPE.¹⁴ Pemanfaatan limbah agroindustri seperti limbah kulit singkong dan kulit udang sebagai bioplastik juga telah dilakukan dengan tujuan mengatasi masalah lingkungan karena limbah kulit singkong dan kulit udang dapat didaur ulang menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi serta ramah lingkungan. Selain itu, hasil bioplastik selama proses pengembangan memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang baik karena nilai kuat tariknya mampu mendekati nilai kuat tarik dan elongasi dari plastik berbahan minyak bumi serta dengan penambahan kitosan 5% bioplastik yang dihasilkan juga aman untuk dikonsumsi karena tidak mengandung logam berat.¹⁵

Menurut Irham Maladi (2018) menyatakan bahwa bioplastik yang diproduksi dari pati kulit singkong memiliki sifat mekanik kuat tarik dan nilai perpanjangan putus yang memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI). Bioplastik yang dikembangkan juga memiliki kemampuan biodegradasi yang optimal karena seluruh bagian bioplastik dapat hancur seluruhnya.¹⁶ Pengembangan lainnya dengan menggunakan limbah tapioka sebagai bahan produksi bioplastik juga berhasil

¹³ Sonil Nanda and others, 'Innovations in Applications and Prospects of Bioplastics and Biopolymers: A Review', *Environmental Chemistry Letters*, 20.1 (2022), 379–95 <<https://doi.org/10.1007/s10311-021-01334-4>>.

¹⁴ Elmi Kamsiati, Heny Herawati, and Endang Yuli Purwani, 'The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia', *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 36.2 (2017), 67 <<https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>>.

¹⁵ Dasumiati, N. Saridewi, and M. Malik, 'Food Packaging Development of Bioplastic from Basic Waste of Cassava Peel (*Manihot Utilisima*) and Shrimp Shell', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 602.1 (2019) <<https://doi.org/10.1088/1757-899X/602/1/012053>>.

¹⁶ Irham Maladi, 'Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (*Manihot Utilissima*)' (Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2019).

dilakukan dengan kriteria dari sifat polipropilen (PP) sebagai plastik kemasan yang memenuhi syarat. Limbah tapioka sebagai bahan bioplastik juga cepat mengalami degradasi dibandingkan dengan bahan lainnya.¹⁷ Menurut Pandima dkk (2019) menyebutkan bahwa limbah ampas tapioka juga dapat digunakan secara efektif sebagai bahan baku pembuatan bioplastik dilihat dari uji biodegradable menunjukkan dari 4 sampel dengan sampel nomor 4 sebagai kontrol terdiri dari limbah ampas tapioka dan tapioka memiliki nilai degradabilitas tertinggi yakni 29,99% ini menunjukkan kemampuan mudah terurainya daripada dengan sampel yang lain.¹⁸

2. Limbah Industri Tepung Tapioka

Industrialisasi telah memberikan dampak negatif dan positif bagi kehidupan. Dampak positifnya berupa terpenuhinya segala kebutuhan hidup dengan mudah dan praktis. Dampak negatifnya berupa pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah hasil industri.¹⁹ Sebagai negara agraris Indonesia juga ikut terdampak oleh industrialisasi yang mengakibatkan pertumbuhan industri berbasis dasar hasil pertanian atau sering disebut sebagai Agroindustri.²⁰ Salah satu jenis agroindustri yang banyak berkembang di Indonesia adalah industri tepung tapioka yang salah satunya tersebar di Provinsi Jawa Tengah dengan kapasitas produksi 315.740 Ton/Tahun.²¹ Kapasitas produksi yang besar ini didukung dengan luas panen rata-rata 155,66 ribu hektar dan Kabupaten Pati ikut

¹⁷ Edza Aria Wikurendra and Akas Yekti Pulih Asih, *Pemanfaatan Limbah Padat Dan Cair Tapioka Sebagai Bahan Baku Plastik Mudah Terurai (Biodegradable)*, 2019.

¹⁸ Pandima Fatimatuz Zaroh and Sri Widyastuti, 'Pemanfaatan Limbah Ampas Tapioka Sebagai Bahan Baku Plastik Mudah Terurai (Biodegradable)', *Wahana*, 71.2 (2019), 15–22 <<https://doi.org/10.36456/wahana.v71i2.2098>>.

¹⁹ Salim, Emil.t.Dari Limbah Menjadi Rupiah Mudah dan Praktis Mengolah Limbah Industri Skala Rumah Tangga .Yogyakarta:ANDI

²⁰ Nanda Rizky, Amalia Wijayanti, and Safinta Nurinda Rahmadhia, 'Kadar Pati Dan Impurities Tepung Tapioka', *Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 16.2 (2021), 1–8.

²¹ Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), *OUTLOOK TEKNOLOGI PANGAN 2018 Inisiatif Pengembangan Industri Berbasis Sagu, Jagung, Dan Ubi Kayu*, 2018.

berkontribusi sebesar 16.482,9 hektar.^{22,23} Namun dengan tingginya tingkat produktivitas tepung tapioka juga mengakibatkan tingginya limbah industri tepung tapioka karena hanya 18% bagian dari ubi kayu yang dapat menghasilkan tepung tapioka.²⁴

Limbah industri tepung tapioka berpotensi menjadi bahan pencemar bagi lingkungan disekitarnya ketika dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan yang tepat. Kabupaten Pati sebagai salah satu sentra industri tepung tapioka juga telah mengakibatkan pencemaran lingkungan karena kebanyakan industri masih berskala perumahan serta kesulitan biaya dalam menjangkau IPAL (Instalasi Pengolahan Limbah).²⁵ Limbah yang dibuang langsung ke badan sungai menyebabkan kematian biota sungai, air sungai berubah menjadi coklat dan sangat berbau yang mengganggu aktivitas masyarakat disekitar sungai.²⁶ Pencemaran oleh industri tepung tapioka di Kecamatan Margoyoso juga tidak hanya terjadi pada sungai-sungai yang dekat dengan industri, pencemaran yang sudah melampaui ambang batas baku mutu dilihat dari parameter COD, BOD, TSS, dan Sianida (CN) juga membahayakan budidaya perikanan tambak di Kecamatan Margoyoso.²⁷ Menurut Istanada (2020) limbah industri tapioka yang dialirkan ke sungai juga ikut mengganggu

²² Kabupaten Pati and Dalam Angka, 'Kabupaten Pati Dalam Angka', 2016.

²³ Roch Widaningsih, 'Outlook Komoditas Pertanian SubSektor Tanaman Pangan', *Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian*, 2016, 33–36.

²⁴ ARNIDA MUSTAFA, 'Analisis Proses Pembuatan Pati Ubi Kayu (Tapioka) Berbasis Neraca Massa', *Agrointek*, 9.2 (2016), 118 <<https://doi.org/10.21107/agrointek.v9i2.2143>>.

²⁵ Pemerintah Kabupaten Pati, *Kajian Lingkungan Hidup Strategis : Revisi Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Pati 2010 - 2030*, 2019.

²⁶ Nita Zulaifah, Ummu Rosyidah, and Riska Andriani, 'Dampak Pembuangan Limbah Tapioka Terhadap Kualitas Air Sungai Kucing Di Desa Ngemplak Kidul Pati', in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 2016, vi, 357–69 <<http://prosiding.unirow.ac.id/index.php/SNasPPM%0AProsedur>>.

²⁷ Bambang Hariyanto and Dian Ayu Larasati, 'Dampak Pembuangan Limbah Tapioka Terhadap Kualitas Air Tambak Di Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati', *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS*, 2016.

proses irigasi para petani Desa Pohijo, karena tidak ada pilihan lain petani akhirnya menggunakan limbah industri tapioka sebagai irigasi lahan selama pengolahan lahan, sehingga memberikan dampak negatif bagi tanaman.²⁸

Ampas atau onggok industri tapioka juga hasil sampingan dari industri yang kebanyakan dimanfaatkan sebagai pakan ternak, atau dijual kepada tengkulak ampas. Ampas dihasilkan dari proses penyaringan ubi kayu yang telah diparut yang telah diambil patinya.²⁹ Ampas (onggok) berbentuk seperti parutan kelapa dengan kandungan air 80%.³⁰ Semakin banyaknya jumlah produksi industri tapioka akan meningkatkan hasil sampingan berupa Ampas (Onggok). Ampas yang tidak segera dimanfaatkan akan menimbulkan pencemaran lingkungan karena menyebarkan bau busuk disekitar lingkungan industri tapioka. Beberapa pabrik industri tapioka memanfaatkannya sebagai tepung asia jika ampas memiliki kualitas yang bagus.³¹

Ampas hasil sampingan dari industri tapioka memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi berkisar antara 63%-68%. Ampas (onggok) ini juga mengandung lemak, protein dan pati. Namun, hasil ampas (onggok) dari industri tapioka skala rumahan lebih banyak mengandung serat daripada industri skala besar. Berikut perbandingan kandungan ampas (onggok) yang telah dibuat menjadi tepung.³²

²⁸ Istanada Khoiril Mazida, 'Strategi Penghidupan Petani Padi Dalam Memanfaatkan Air Limbah Tapioka Untuk Irigasi Sawah Di Desa Pohijo Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati', *Swara Bumi E-Jurnal Pendidikan Geografi FIS Unesa*, 1.1 (2020) <<https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/swara-bhumi/article/view/33341/0>>.

²⁹ Ali Hasan, 'Green Management System', *Media Wisata*, 14.1 (2021), 8–12 <<https://doi.org/10.36276/mws.v14i1.244>>.

³⁰ Wikurendra and Asih.

³¹ Tineu Indrianeu and Elgar Balasa Singkawijaya, 'Pemanfaatan Limbah Industri Rumah Tangga Tepung Tapioka Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan', *JURNAL GEOGRAFI Geografi Dan Pengajarannya*, 17.2 (2019), 39 <<https://doi.org/10.26740/jggp.v17n2.p39-50>>.

³² Nanti Musita and others, 'Kajian Sifat Fisikokimia Tepung Onggok Industri Besar Dan Industri Kecil Study Of Physicochemical Properties Of Large

Tabel 2. 1 Kandungan Ampas³³

| Parameter | Industri Skala Besar | Industri Skala Rumahan |
|-----------------------|----------------------|------------------------|
| Kadar air (%) | 4,17 | 6,86 |
| Kadar Protein (%) | 1,04 | 1,42 |
| Kadar Lemak (%) | 0,11 | 0,17 |
| Kadar Pati (%) | 40,8 | 46,5 |
| Kadar Serat Kasar (%) | 23,93 | 14,08 |

3. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui laju terurai suatu produk.³⁴ Uji biodegradasi merupakan salah satu parameter untuk mengetahui suatu bioplastik yang diproduksi termasuk dalam plastik yang ramah lingkungan dan mudah terurai di alam dengan sendirinya. Uji biodegradasi dapat dilakukan dengan menguburkan sampel pada tanah yang sudah dikondisikan dengan pH dan mikroorganisme yang terukur.^{35,36} Biodegradasi dapat dipengaruhi beberapa faktor yakni substrat, sumber nitrogen, pH, suhu dan kelembaban. Selain beberapa faktor yang telah disebutkan faktor lainnya adalah adanya mikroorganisme pendegradasi bioplastik yakni *Bacillus megateriu*, *Pseudomonas sp.*, *Azotobacter*, *Ralstonia eutropha*, *Halomonas sp.*, *Bacillus brevis*, *Acidovorax delafieldii*, *Paenibacillus amyloiticus*, *Bacillus pumilus*, *Bordetella petrii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shewanella sp*, dengan persen kemampuan degradasi sebesar 2-19%.³⁷

Industry And Small Industry', *Jurnal Teknologi Agro Industri (Tegi)*, 10.1 (2018), 19–24 <<http://ejournal.kemenperin.go.id/tegi/article/view/3990>>.

³³ Musita and others.

³⁴ Zaroh and Widyastuti.

³⁵ Gia Nurhalliza and Lusi Marlina, 'Pengaruh Variasi Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik Biodegradasi Dan Water Uptake Bioplastik Dari Serbuk Tongkol Jagung', *TEDC*, 15.3 (2021), 279–86.

³⁶ Maladi.

³⁷ Annisa Nur Islami, "Biodegradasi Plastik Oleh Mikroorganisme," 2019, <https://doi.org/10.31227?osf.oi/rfkpy>.

Biodegradasi bioplastik dapat dideskripsikan sebagai hancurnya plastik menjadi monomer atau polimer melalui proses biologi. Biodegradasi dapat dilakukan di lingkungan yang terkendali ataupun di lingkungan yang alami. Tujuan dari uji biodegradasi adalah untuk memahami penguraian suatu bahan dalam rentang waktu yang diperlukan dalam proses penguraiannya.³⁸

Uji biodegradasi dapat dilakukan dengan *soil burial test* yakni menguburkan sampel bioplastik kedalam tanah yang telah dikondisikan sehingga memiliki komposisi yang sama.³⁹ Selain itu, juga dapat dilakukan dengan merendam sampel bioplastik dengan bakteri EM4 kemudian dalam rentang waktu tertentu diamati secara visual perubahan yang terjadi pada sampel bioplastik yang diuji.⁴⁰ Setelah 1 minggu sampel diambil serta diamati dan telah mengalami degradasi walaupun masih menyisakan sedikit sampel. Pada minggu berikutnya sampel lainnya juga telah degradasi secara sempurna dinyatakan dengan sampel yang sudah bersih tidak tersisa.⁴¹ Sampel bioplastik di uji biodegradasi menggunakan EM4.

4. Uji Preferensi

Preferensi merupakan tingkat kesukaan dengan menunjukkan sikap memilih suatu produk berdasarkan persepsi terhadap produk.⁴² Preferensi juga dapat dikatakan selera orang yang mengarahkan minat seseorang terhadap suatu produk yang dianggap memiliki manfaat

³⁸ Annemette Kjeldsen and others, 'A Review of Standards for Biodegradable Plastics', *Industrial Biotechnology Innovation Center IBioIC*, 2019, 28 <www.IBIOIC.COM>.

³⁹ A.D. Putra, I. Amri, and Irdoni, 'Sintesis Bioplastik Berbahan Dasar Pati Jagung Dengan Penambahan Filler Selulosa Serat Daun Nanas (Ananas Cosmosus)', *Jom Fteknik*, 6.1 (2019), 1–8.

⁴⁰ M Muhaimin, Triana Lindriati, and Setiawan Rusdianto, "Studi Biodegradasi Film Bioplastik Tembakau Menggunakan Bakteri EM4," 2015, 685–89.

⁴¹ Feris Firdaus, 'Potensi Limbah Padat-Cair Industri Tepung Tapioka Sebagai Bahan Baku Film Plastik Biodegradable', *Logika*, 1.2 (2004), 38–44.

⁴² Aldri Dolly Fernando and Riri Mayliza, "Pengaruh Persepsi Dan Preferensi Konsumen Terhadap Keputusan Pembelian Makanan Siap Saji Fried Chicken Pada D'Besto Di Kota Padang Cabang Siteba," *Jurnal Emba: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 2019, 1–10, <https://osf.io/srg86>.

terhadap dirinya. Tujuan dari preferensi adalah untuk memberikan kesimpulan terhadap produk yang akan dipilih sesuai dengan keuntungan dan manfaat yang akan didapatkan dari suatu produk.⁴³

Uji preferensi dilakukan dengan menilai suatu produk berdasarkan faktor sensori responden dengan mengamati penampilan, aroma, dan tekstur produk. Selain faktor sensori kinerja suatu produk yang diuji juga menjadi faktor lain diterimanya suatu produk. Pengukuran preferensi dilakukan dengan skala tingkat kesukaan (skala hedonik) dengan menentukan skor pada daya terima produk, dengan begitu hasil preferensi akan terlihat secara tidak langsung dari skor tersebut.⁴⁴

Menurut Moh.Darwis dkk (2019) uji preferensi pada produk bioplastik dilakukan dengan menggunakan skala hedonik dengan skor numerik skala 1-7 sebagai berikut 1=amat sangat tidak suka, 2=sangat tidak suka, 3=tidak suka, 4=netral, 5=suka, 6=sangat suka, 7=amat sangat suka. Uji preferensi pada produk bioplastik pati aren ini meliputi uji warna, tekstur, aroma dan kesukaan secara keseluruhan.⁴⁵

5. Education for Sustainable Development (ESD)

Education for sustainable development (ESD) dapat didefinisikan sebagai pendidikan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.⁴⁶ Upaya mengintegrasikan pendidikan dengan pembangunan berkelanjutan dilakukan sebagai salah satu usaha mewujudkan *sustainable development goals* (SDGs) atau tujuan pembangunan berkelanjutan. Pendidikan dianggap penting sebagai wadah untuk mewujudkan tujuan pembangunan

⁴³ Dompok Pasaribu, *Buku Monograf Kajian Kritis Terhadap Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Preferensi Mahasiswa Dalam Memilih Pembayaran Elektronik Non Bank*, Pertama, J (Suarabaya: CV.Global Aksar Pers, 2022).

⁴⁴ Harry T.Lawless and Hildegarde Heymann, *Sensory Evaluation of Food Principle and Practices*, Second Edi (Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2003), <https://doi.org/DOI.10.1007/978-1-4419-6488-5>.

⁴⁵ Moh. Darwis et al., "Karakteristik Fisikokimia Dan Sensoris Bioplastik Pati Aren Hasil Modifikasi Ganda," *Jurnal Agriotekbis* 9, no. April 2019 (2021): 1420–27.

⁴⁶ Sadaf Taimur And Hassan Sattar, 'Education For Sustainable Development And Argumentation', January, 2018, 55–88 <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2369-0_3>.

berkelanjutan karena di dalam pendidikan ada komponen penting perubahan dunia melalui perubahan sikap, intensi dan perilaku masyarakat.⁴⁷ Jadi, *education for sustainable* merupakan inovasi untuk merubah perilaku peserta didik. Hal ini terbukti dengan studi yang dilakukan pada peserta didik sekolah dasar dan menengah.^{48,49,50}

Education for sustainable development merupakan turunan dari konsep besar *sustainable development* yang digagas pertama kali pada tahun 1987 dalam laporan *Brundtland Commission* dan didirikan oleh *World Commission on Economic Development* (WCED) karena adanya keprihatinan terhadap kerusakan lingkungan global. Dalam laporan *Brundtland Commission* pada *Tokyo Declaration 1987 sustainable development* memiliki konsep mendasar yaitu kebutuhan manusia dan sumber daya terbatas. Namun, karena penerapan konsep *sustainable development/ sustainability* dalam berbagai bidang telah menimbulkan kekhawatiran tentang penyalahgunaan konsep *sustainable development* dengan menganggap *sustainable* sama dengan *continuity* tanpa adanya penekanan pentingnya aspek lingkungan alam dan sosial. Akhirnya UNESCO menambahkan dimensi tambahan yaitu budaya, karena nilai-nilai budaya, etika,

⁴⁷ Shinta Purnamasari and Aldila Nurrul Hanifah, 'Education for Sustainable Development (ESD) Dalam Pembelajaran IPA', *JKPI: Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 1.2 (2021), 53–61 <<https://journal.uniga.ac.id/index.php/jkpi/article/view/1281>>.

⁴⁸ Ajeng Fitria and Ghullam Hamdu, 'Pengembangan Aplikasi Mobile Learning Untuk Perangkat Pembelajaran Berbasis Education for Sustainable Development', *JINOTEP (Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran): Kajian Dan Riset Dalam Teknologi Pembelajaran*, 8.2 (2021), 134–45 <<https://doi.org/10.17977/um031v8i22021p134>>.

⁴⁹ Neneng Widya Sopa Marwa and Ghullam Hamdu, 'Analysis Of Critical Thinking Test Type Hots Based On Education For Sustainable Development In Primary School', *Primary: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 10.4 (2021), 785 <<https://doi.org/10.33578/jpkip.v10i4.8375>>.

⁵⁰ Afwu Hayyi Amyyana, Maria Paristiwati, and Fera Kurniadewi, 'Pirolisis Sederhana Limbah Plastik Dan Implementasinya Sebagai Sumber Belajar Berbasis Education For Sustainable Development (Esd) Pada Pembelajaran Kimia', *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 7.1 (2017), 14–21.

bahasa, agama dan seni mempengaruhi cara pandang masyarakat terhadap *sustainable development*.⁵¹

Sustainable development atau pembangunan berkelanjutan bukan merupakan konsep baru. Secara sederhana pembangunan berkelanjutan berarti memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Sehingga kehidupan bukan hanya cobaan bertahan hidup melainkan manusia harus membantu bahkan spesies ternama untuk bertahan hidup karena masing-masing spesies memiliki peranan penting yang pada akhirnya bermanfaat bagi bumi dan seluruh populasi manusia. Setiap orang memiliki kebutuhan berbeda di berbagai belahan dunia tetapi ketergantungan pada alam adalah serupa. Hal terpenting untuk diingat adalah bahwa hanya ada satu bumi dan ketika bumi satu-satunya hancur karena tindakan manusia saat ini, manusia yang akan datang tidak akan memiliki tempat tinggal. Oleh karena itu, keberadaan yang serasi antara semua makhluk hidup dengan lingkungan secara seimbang merupakan kebutuhan yang sangat diperlukan dewasa ini.⁵²

Semenjak tahun 1980-an pembangunan berkelanjutan mulai banyak di definisikan. Dari semua definisi pembangunan berkelanjutan atau *sustainable development* menuntut manusia untuk melihat dunia sebagai sebuah sistem waktu. Sistem waktu ini mengarahkan manusia untuk menyadari bahwa setiap keputusan ekonomi yang dibuat saat ini akan berdampak pada kondisi lingkungan dan sosial manusia di masa depan. Supaya manusia mampu menghadapi konsekuensi dari keputusan yang telah dibuat, maka harus ada penerapan nilai-nilai pembangunan berkelanjutan. Penerapan dan penanaman nilai-nilai pembangunan berkelanjutan dalam pendidikan merupakan cara paling strategis. Pernyataan ini sesuai

⁵¹ Bulan Prabawani, *Education for Sustainable Development: Pembentukan Karakter Dan Perilaku Berkelanjutan*, ed. by Maulana Aenuh Yaqin (Yogyakarta: Penerbit Arti Bumi Intaran, 2021).

⁵² Ashok Verma, 'Sustainable Development and Environmental Management', *International Journal on Environmental Sciences International*, 10 (2019), 1-5 <<https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6598-9>>.

dengan pernyataan pada bab 36 agenda 21 pada *Earth Summit* di Rio De Janeiro tahun 1992, yang puncaknya di Johannesburg pada tahun 2002. Pada pertemuan tersebut juga diajukan adanya dekade pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan yang akhirnya ditetapkan pada sidang umum PBB dan dimulai pada periode 2005-2014.⁵³

ESD (*education for sustainable development*) atau pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan merupakan proses pembelajaran yang didasarkan pada tujuan dan prinsip-prinsip keberlanjutan serta saling terkait dengan semua tingkat dan jenis pendidikan. Dalam ESD menunjang lima dasar belajar sebagai wadah untuk mempersiapkan pendidikan berkualitas dan manusia yang berkelanjutan yakni *learning to know, learning to be, learning to live together, learning to do, learning to transform oneself and society*.⁵⁴

ESD (*education for sustainable development*) membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan, dan nilai-nilai ke dalam kehidupan sosial, lingkungan dan tantangan ekonomi abad ke-21. Dengan proses pembelajaran yang inovatif, pembelajaran berpusat pada peserta didik yang memberdayakan peserta didik menjadi agen dalam proses pendidikan dari usia dini sampai usia tua. ESD juga membantu peserta didik meningkatkan rasa keadilan, saling menghormati, memahami situasi, pandangan dan kebutuhan orang-orang generasi berikutnya. Dalam ESD peserta didik juga diberdayakan untuk mengatasi penyebab perubahan iklim, membangun masyarakat yang ramah lingkungan untuk membantu melestarikan kualitas lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan manusia dan keadilan

⁵³ Nur Listiawati, 'Pelaksanaan Pendidikan Untuk Pembangunan Berkelanjutan Oleh Beberapa Lembaga', *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 19.September (2013), 430–50.

⁵⁴ Dika Agustia Indrati and Persita Pupung Hariadi, 'Esd (Education For Sustainable Development) Melalui Pembelajaran Biologi', in *Prosiding Symbion (Symposium on Biology Education)*, 2016, pp. 372–82.

sosial.⁵⁵ Peran sistem pendidikan dan pendidik disini sangat penting sebagai dasar hukum dan fasilitator selama proses pembelajaran.

Konsep dan dasar kebijakan ESD (*Education for Sustainable Development*) selama ini telah ada dalam sistem pendidikan di Indonesia jauh sebelum decade pembangunan untuk pengembangan berkelanjutan yang diperkenalkan di Indonesia. Paradigma pembangunan yang berkelanjutan dalam pendidikan nasional juga sudah berulang kali ditetapkan dan direvisi. Hal ini dapat dibuktikan dengan amanat UUD 1945 khususnya pada pasal 31 ayat 3. Dalam UU SisDikNas 2003 tentang pengelolaan dan pelaksanaan pendidikan telah disesuaikan dengan 7 (tujuh) kriteria ESD tepatnya pada pasal 40 ayat 2, pasal 50 ayat 5, pasal 51 ayat 1, dan pasal 54 ayat 1. Tujuh kriteria ESD yaitu fokus pada pembelajar, pendidikan yang interdisiplin dan holistic, pendidikan yang menggunakan beragam pendekatan dan metode, pendidikan berbasis pada pendekatan berpikir sistem, pendidikan yang memunculkan nilai, pendidikan yang mengedepankan pendekatan kultural lokal dan isu-isu lokal, serta belajar sepanjang hayat.⁵⁶

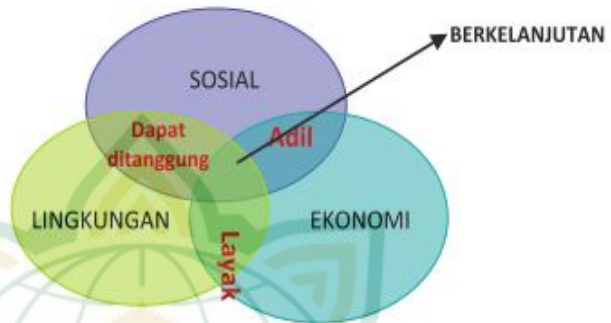
Kehidupan berkelanjutan dapat dipenuhi dengan memperhatikan aspek-aspek kehidupan yang mencakup kesetaraan antara 3 perspektif dalam kehidupan yaitu aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi. Ketiga perspektif dalam kehidupan ini kemudian dirinci menjadi 15 komponen yang dianggap mampu memayungi aspek kehidupan yang dijalani setiap manusia. Ketiga perspektif harus ada dalam implementasi ESD karena saling menunjang dan berkaitan satu sama lain.⁵⁷

⁵⁵ Mithen Lullulangi And Others, *Pembelajaran Lingkungan Hidup Yang Kreatif Dan Inovatif*, Ed. By Anas Arfandi, Cetakan I (Samata Gowa: Gunadarma Ilmu, 2020).

⁵⁶ Noor Endah Mochtar and others, *Pendidikan Untuk Pembangunan Berkelanjutan (Education for Sustainable Development) Di Indonesia Implementasi Dan Kisah Sukses* (Jakarta: Komisi Nasional Indonesia untuk UNESCO, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Tahun 2014, 2014).

⁵⁷ Listiawati.

Gambar 2. 1 Tiga Perspektif Pembangunan Berkelanjutan⁵⁸



a. Perspektif Sosial budaya

Perspektif sosial budaya merupakan sebuah pemahaman terhadap institusi sosial dan peran manusia dan dalam perubahan dan pembangunan. Dalam perspektif sosial budaya ada tujuh aspek kehidupan yang menjadi komponen pembangunan berkelanjutan yaitu hak asasi manusia (HAM), keamanan, kesetaraan gender, keragaman budaya, pemahaman lintas budaya, kesehatan, HIV/AIDS, dan tata kelola. Ketujuh komponen tersebut kemudian lebih dirinci lagi kedalam aspek-aspek yang lebih operasional.⁵⁹

b. Perspektif Lingkungan

Perspektif lingkungan merupakan suatu kesadaran terhadap sumber daya alam, lingkungan hidup fisik yang sensitif dampak aktivitas manusia, dan pengambilan keputusan yang berkaitan dengan komitmen menciptakan kebijakan pembangunan sosial dan ekonomi. Perspektif lingkungan mencakup lima aspek kehidupan yaitu, sumberdaya daya alam (SDA),

⁵⁸ P Suprastowo, 'Kebijakan Dan Implementasi Pendidikan Untuk Pembangunan Berkelanjutan (Education for Sustainable Development/ESD)', *Jurnal Penelitian Kebijakan Pendidikan*, 9 (2010) <<https://core.ac.uk/download/pdf/143971307.pdf>>.

⁵⁹ Sri Rahmawati and others, 'Potensi Implementasi Education for Sustainable Development (ESD) Dalam Pembelajaran IPA Di MTs Nahdlatul Ulama Mranggen Kabupaten Demak', 2.1 (2021), 15–27.

perubahan iklim, pembangunan pedesaan, urbanisasi berkelanjutan, serta pencegahan dan penanganan bencana. Setiap aspek kemudian dirinci lagi dalam aspek yang lebih operasional.⁶⁰

c. Perspektif Ekonomi

Perspektif ekonomi merupakan kepekaan terhadap keterbatasan dan potensi pertumbuhan ekonomi serta dampaknya terhadap masyarakat maupun lingkungan yang dikaitkan dengan komitmen untuk mengevaluasi tingkat konsumsi individu dan masyarakat sebagai bentuk keprihatinan terhadap lingkungan dan keadilan sosial. Dalam perspektif ekonomi terdapat tiga komponen aspek kehidupan yaitu, pengurangan kemiskinan, CSR, dan ekonomi pasar. Yang kemudian dirinci lagi kedalam aspek kehidupan yang lebih operasional.⁶¹

Pengemasan ESD yang tepat ke dalam sebuah pembelajaran dapat meningkatkan penguasaan konsep, hasil belajar dan keterampilan peserta didik. Terutama peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik karena peserta didik dituntut untuk menggunakan kemampuan berpikir kritis dalam merumuskan masalah dan mencari alternatif sebagai solusi untuk memecahkan masalah.⁶²

Jauh sebelum konsep pembangunan berkelanjutan dirumuskan PBB Islam telah merumuskan konsep pembangunan keberlanjutannya dalam *maqashid syari'ah*. *Maqashid syari'ah* sendiri menurut Ibnu 'Asyur merupakan tujuan utama syariah islam dalam rangka mewujudkan keteraturan alam dan memelihara kehidupan dari kerusakan.⁶³ Dengan menempatkan Al-Qur'an dan Hadist sebagai landasan utama. Sedangkan pembangunan berkelanjutan menurut PBB menempatkan akal manusia

⁶⁰ Rahmawati and others.

⁶¹ Rahmawati and others.

⁶² Purnamasari and Hanifah.

⁶³ Mohamad Anang Firdaus, "Maqashid Al-Syari'ah: Kajian Mashlahah Pendidikan Dalam Konteks Un Sustainable Development Goals," *Journal of Research and Thought of Islamic Education* 1, no. 1 (2018): 1–21.

sebagai landasan.⁶⁴ Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sri Ngabekti dan Djalal Tandjung yang menyatakan pendidikan pesantren telah lama menerapkan prinsip pembangunan berkelanjutan dalam kegiatan santri sehari-hari dengan mengarahkan santri menjadi pribadi mandiri yang memiliki sikap kepedulian lingkungan dan sosial melalui akhlakul karimah berlandaskan Al-Qur'an dan Hadist.⁶⁵

Menurut Hamida Aburounia dalam Ahmad Amin menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan bukanlah gagasan baru dalam Islam dan sudah banyak disebutkan dalam Al-Qur'an dan Hadist yang memberikan kerangka bagi kesejahteraan jasmani dan rohani manusia. Konsep pembangunan berkelanjutan ini sejalan dengan konsep *khilafah*.⁶⁶ Larangan merusak lingkungan dan mencemari lingkungan juga telah dituliskan dalam Qs. Surah Ar-Rum ayat 41

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: "Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)" (Qs. Ar-Rum Ayat 41)

Berdasarkan tafsir ringkas Kemenag menjelaskan bahwa kerusakan-kerusakan di bumi terjadi akibat

⁶⁴ Sofi Mubarak, "Islam Dan Sustainable Development: Studi Kasus Menjaga Lingkungan Dan Ekonomi Berkeadilan," *Dauliyah Journal of Islamic and International Affairs* 3, no. 1 (2018): 129–46.

⁶⁵ Sri Ngabekti and S. Djalal Tandjung, "Konsep Pendidikan Untuk Pembangunan Berkelanjutan (Kasus Pondok Pesantren Modern Selamat Kendal)" (Universitas Gadjah Mada, 2013), http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail_pencarian/58020.

⁶⁶ Ahmad Amin, "ENSURING QUALITY EDUCATION IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS FROM QUR'AN AND SUNNAH PERSPECTIVE," *Al-Burhān Journal of Qur'an and Sunnah Studies* 6, no. 3 (2022): 50–70.

mempertuhankan hawa nafsu yang jauh dari tuntunan fitrah. Allah menghendaki agar mereka merasakan akibat dari perbuatan buruk mereka agar mereka kembali ke jalan yang benar dengan menjad kesesuaian perilakunya dengan fitrahnya. Tafsiran Qs Ar Rum ayat 41 oleh Kemenag ini juga dikuatkan oleh tafsir Quraish Shihab menyatakan bahwa kerusakan yang terjadi di bumi disebabkan oleh kejahatan dan dosa-dosa manusia, Kemudian Allah menghendaki untuk menghukum manusia di dunia dengan perbuatan-perbuatan mereka agar mereka bertaubat dari kemaksiatan.⁶⁷

6. Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL)

Dunia pendidikan saat ini tidak hanya menuntut peserta didik untuk ahli dalam kemampuan kognitif, tetapi juga dituntut untuk mencapai keterampilan abad 21. Untuk menghadapi tuntutan keterampilan abad 21 diperlukan sebuah model pembelajaran yang sesuai yaitu model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL).⁶⁸ Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) merupakan pembelajaran dengan media proyek/kegiatan. Dalam proses pembelajaran *Project Based Learning* permasalahan digunakan sebagai langkah awal untuk memperoleh pengetahuan berdasarkan pengalaman peserta didik. Pendidik dalam pembelajaran PjBL hanya berperan sebagai pendamping, fasilitator dan motivator.⁶⁹ Model pembelajaran PjBL lebih banyak melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran. Sehingga peserta didik lebih aktif dalam proses pembelajaran.⁷⁰

Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) sangat berkaitan dengan kehidupan peserta didik. Model

⁶⁷ “Surat Ar-Rum Ayat 41 - Qur’an Tafsir Perkata,” accessed January 16, 2023, <https://quranhadits.com/quran/30-ar-rum/ar-rum-ayat-41/>.

⁶⁸ I. J. Nurhidayah, F. C. Wibowo, and I. M. Astra, ‘Project Based Learning (PjBL) Learning Model in Science Learning: Literature Review’, *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.1 (2021) <<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012043>>.

⁶⁹ Muhali Muhali, ‘Pembelajaran Inovatif Abad Ke-21’, *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 3.2 (2019), 25 <<https://doi.org/10.36312/e-saintika.v3i2.126>>.

⁷⁰ Nurhidayah, Wibowo, and Astra.

PjBL mendukung peserta didik untuk bertanya tentang fenomena dan solusi dari sebuah masalah, yang didalamnya terdapat kegiatan merencanakan, menginvestigasi, dan kolaborasi, sehingga menghasilkan sebuah produk yang menjadi jawaban dari sebuah pertanyaan atau masalah yang dianggap bermakna. Dalam model PjBL peserta didik dituntut untuk mengembangkan masalah dan agen untuk mengeksplorasi pertanyaan serta masalah yang mereka alami dalam kehidupan peserta didik.⁷¹ Model pembelajaran PjBL juga mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik serta keterampilan lain yang menyertai proses pembelajaran peserta didik seperti karakter kerja keras, kreativitas, rasa ingin tahu, rasa hormat serta prestasi gemar membaca.⁷² Hal ini sesuai dengan pernyataan Septi Alawiyah dkk (2021) bahwa proyek yang dimasukkan kedalam sebuah lembar dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, dan kemampuan berkolaborasi dengan teman sekelompoknya.⁷³

Model pembelajaran PjBL menjadikan peserta didik sebagai pembelajar yang mandiri, karena dalam proses pembelajaran menggunakan model PjBL peserta didik dituntut untuk memilih dan berpendapat tentang bagaimana menjalankan sebuah proyek tersebut. Peserta didik harus berani mengembangkan ide dan desain proyek, bahan yang digunakan selama proyek, dan mencari sumber informasi untuk menyajikan sebuah produk

⁷¹ Niamh Kelly, Teaching Science in Elementary and Middle School: A Project-Based Approach, *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2014, VIII <<https://doi.org/10.7771/1541-5015.1489>>.

⁷² Aceng Saripudin, Sri Haryani, and Sri Wardani, 'Characterized Project Based Learning to Improve Critical Thinking Skill', *International Conference on Mathematics, Science, and Education (ICMSE 2015)*, 2015. *Icmse (2015)* <http://icmseunnes.com/2015/wp-content/uploads/2016/03/46_CE.pdf>.

⁷³ Septi Alawiyah, Cucu Zenab Subarkah, and Saepudin Rahmatullah, "Lembar Kerja Berbasis Proyek Pada Pembuatan Bioplastik," in *Gunung Djati Conference Series*, vol. 2, 2021, 160–71, <https://conferences.uinsgd.ac.id/>.

akhir.⁷⁴ Hal ini didukung dengan pendapat dari Mohammed (2020) yang menyatakan bahwa *Project Based Learning* efektif digunakan dalam pembelajaran serta dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dengan memungkinkan terjadinya berbagi pengetahuan, informasi dan diskusi.⁷⁵ Dalam penelitian lain juga disebutkan bahwa dengan penerapan model PjBL yang dilaksanakan secara daring dimasa pandemi Covid-19 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan hasil belajar IPA peserta didik kelas IX-1 SMP Negeri 2 Binjai Kab. Langkat Tahun Pelajaran 2019/2020.⁷⁶ Selain itu, Model *Project based Learning* (PjBL) juga menjadi salah satu model pembelajaran yang dianjurkan penerapannya pada kurikulum 2013.⁷⁷

Keberhasilan capaian pembelajaran menggunakan model PjBL ini tidak lepas dari langkah-langkah pembelajaran model PjBL yang dikembangkan oleh *George Lucas Educational Foundation* (2014) dalam Purnomo (2019) sebagai berikut:

a. *Start With the Essential Question*

Pembelajaran dimulai dengan pertanyaan mendasar yang berkaitan dengan topik pembelajaran yang tentunya relevan dengan dunia nyata peserta didik, sehingga penugasan dapat diberikan kepada peserta didik melalui pertanyaan mendasar. Namun sebelum itu, tentunya telah dilakukan investigasi mendalam terkait realita dunia nyata peserta didik dengan topik pembelajaran.

⁷⁴ Shaban Aldabbus, 'Project-Based Learning: Implementation & Challenges', *International Journal of Education, Learning and Development*, 6.3 (2018), 71–79 <www.eajournals.org>.

⁷⁵ Mohammed Abdullatif Almulla, "The Effectiveness of the Project-Based Learning (PBL) Approach as a Way to Engage Students in Learning," *SAGE Open* 10, no. 3 (2020), <https://doi.org/10.1177/2158244020938702>.

⁷⁶ Fakhri Ramadhani, "Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning Untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Dalam Pembelajaran Daring Di Kelas IX SMP," *Jurnal Pelita Pendidikan* 8, no. 4 (2020): 237–43, <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/pelita/index>.

⁷⁷ Anna Permanasari, 'Kurikulum 2013: Implikasinya Dalam Pembelajaran Di Sekolah, Pendidikan Profesi Dan Pendidikan Tinggi', in *Prosiding Seminar Nasional*, 1, 7–16.

b. *Design a Plan for the Project*

Mendesain sebuah perencanaan untuk sebuah proyek dilakukan dengan kolaborasi antara guru dan peserta didik. Perencanaan sebuah proyek ini meliputi alat, bahan, dan aktivitas yang mendukung terselesainya sebuah proyek untuk menjawab pertanyaan mendasar/esensial.

c. *Create a Schedule*

Membuat jadwal aktivitas untuk menyelesaikan proyek yang meliputi membuat *timeline*, *deadline* penyelesaian proyek, membuat cara baru untuk menyelesaikan proyek, serta meminta peserta didik memberikan alasan pemilihan suatu cara.

d. *Monitor Progress of Project*

Guru berperan sebagai monitor selama aktivitas proyek sedang berlangsung. Fasilitas mentoring bagi peserta didik ini juga merupakan proses monitoring guru terhadap kegiatan proyek peserta didik. Proses monitoring dipermudah dengan adanya rubrik yang dapat merekam seluruh aktivitas peserta didik selama aktivitas proyek berlangsung.

e. *Assess the Outcome*

Penilaian hasil belajar dilakukan untuk mengukur ketercapaian pembelajaran selama aktivitas proyek berlangsung. Kegiatan ini meliputi kegiatan evaluasi, pemberian umpan terhadap tingkat capaian pemahaman peserta didik, dan pengukuran ketercapaian standar.

f. *Evaluate the Experience*

Evaluasi pengalaman selama aktivitas proyek berlangsung merupakan tahapan terakhir dalam pembelajaran berbasis proyek. Kegiatan ini dilakukan dengan cara guru dan peserta didik merefleksikan kegiatan proyek yang telah berlangsung. Kegiatan ini meliputi pengungkapan perasaan serta pengalaman peserta didik selama pelaksanaan proyek, dan diskusi antara peserta didik serta guru untuk memperbaiki kemampuan selama aktivitas proyek sehingga didapatkan temuan baru yang

dapat menjawab permasalahan yang telah diajukan diawal tahapan.⁷⁸

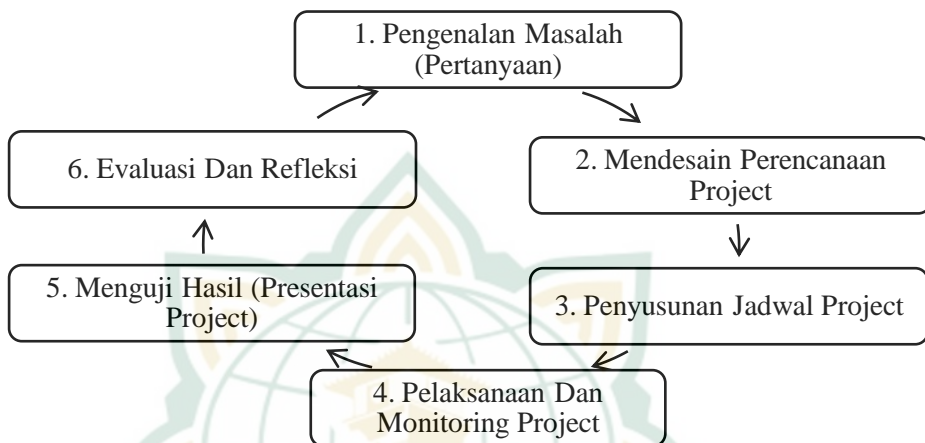
Kenyataan keberhasilan penerapan tahapan model pembelajaran PjBL telah dibuktikan dalam Heny Nirmayani dkk (2021) yang menerangkan bahwa tahapan model pembelajaran PjBL mampu meningkatkan kualitas proses pembelajaran. Hal ini terjadi karena pembelajaran dengan model PjBL membuat peserta didik aktif membangun pengetahuan secara mandiri melalui sebuah proyek yang terhubung dengan konsep pembelajaran yang sedang peserta didik pelajari. Selain itu, penerapan model PjBL menjadikan peserta didik leluasa untuk berpikir serta menerapkan konsep pembelajaran dalam kehidupan nyata.⁷⁹ Oleh Ai Sri Nurhayati dan Dwi Harianti gambaran tahapan pelaksanaan model pembelajaran diatas kemudian digambarkan pada gambar 2.2.⁸⁰



⁷⁸ Halim Purnomo and Yunahar Ilyas, *Tutorial Pembelajaran Berbasis Proyek* (Bantul, Yogyakarta: K-Media, 2019), <https://eprints.uad.ac.id>.

⁷⁹ L Heny Nirmayani, Ni Putu, and Candra Prastya, “Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning) Sesuai Pembelajaran Abad 21 Bermuatan Tri Kaya Parisudha” 4, no. 3 (2021): 378–85.

⁸⁰ Ai Sri, Nurhayati Dan, and Dwi Harianti, “Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL),” accessed September 25, 2022, https://sibatik.kemdikbud.go.id/inovatif/assets/file_upload/pengantar/pdf/pengantar_5.pdf.

Gambar 2. 2 Tahapan Pembelajaran PjBL⁸¹

7. Panduan Proyek Sebagai Media Pembelajaran

Media merupakan salah satu komponen pembelajaran yang penting karena media pembelajaran merupakan alat atau sarana untuk menyampaikan informasi dari pendidik menuju peserta didik.⁸² Salah satu jenis media pembelajaran adalah panduan yang termasuk dalam jenis media pembelajaran cetak. Panduan digunakan untuk memfasilitasi peserta didik agar belajar dan bekerja secara terarah dan kontinu yang mampu mengaktifkan dan mengembangkan keterampilan proses peserta didik.⁸³

Kegiatan proyek dalam sebuah pembelajaran mampu meningkatkan kreativitas dan menumbuhkan kemandirian belajar peserta didik. Selain itu kemampuan akademik

⁸¹ Sri, Dan, and Harianti.

⁸² Khoironi Fanana Akbar, "Pengembangan Media Pembelajaran Ipa Berbasis Android Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Smp" (Universitas Jember, 2020), <http://repository.unsri.ac.id/24701/>.

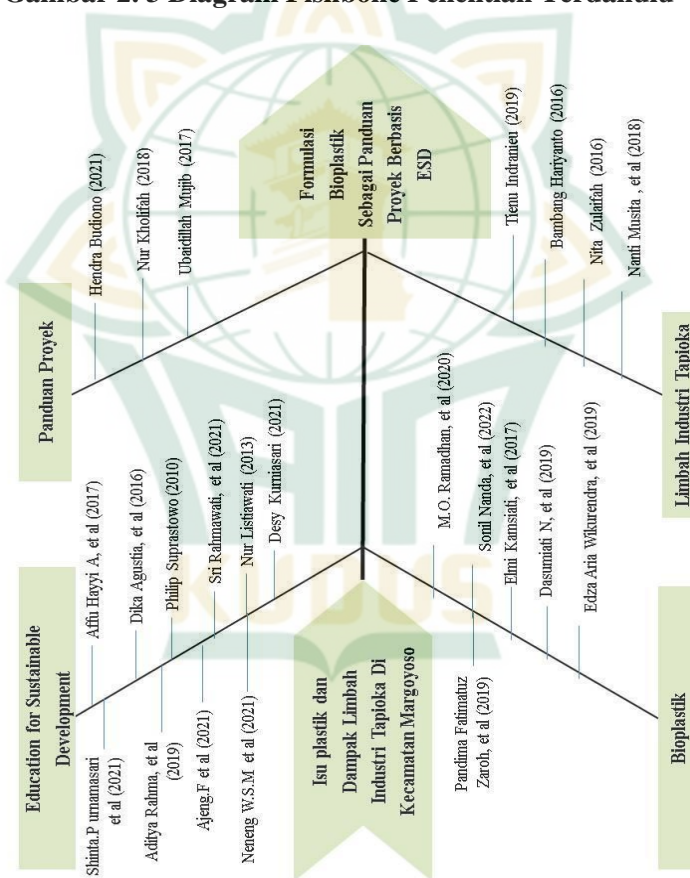
⁸³ Hendra Budiono, "Pengembangan Panduan Praktikum Konsep Dasar Biologi Dan Lingkungan Berbasis Project Based Learning," *Jurnal Gentala Pendidikan Dasar* 6, no. 2 (2021): 139–49, <https://online-journal.unja.ac.id/gentala/article/download/15656/12487>.

peserta didik juga ikut meningkat dengan adanya kegiatan-kegiatan dalam proyek.⁸⁴

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang relevan dengan produk yang akan dikembangkan penulis, terkait panduan proyek berbasis ESD kelas VII SMP/MTs melalui formulasi limbah padat-cair industri tapioka disajikan dalam gambar 2.3

Gambar 2. 3 Diagram Fishbone Penelitian Terdahulu



⁸⁴ Ubaidillah Mujib, “Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Mengembangkan Ensiklopedia Berbasis Bioedupreneurship,” *Jurnal Pendidikan Sains Universitas Muhammadiyah Semarang* 05, no. 01 (2017): 32–40.

Berikut ini penulis mengulas mengenai hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan skripsi penulis:

1. M.O Ramdhan dkk tahun 2020 dalam jurnal penelitian berjudul “The potential of food waste as bioplastic material to promote environmental sustainability: A review”.

Hasil dari penelitian tersebut adalah limbah makanan berpotensi menjadi bahan baku pembuatan bioplastik dengan begitu permasalahan limbah plastik yang sulit terurai serta permasalahan limbah makanan terselesaikan secara bersamaan dan kesejahteraan lingkungan dapat ditingkatkan.⁸⁵

Relevansinya dengan penelitian ini yaitu meneliti tentang pemanfaatan limbah menjadi bahan baku bioplastik. Sedangkan perbedaannya terdapat pada jenis limbah yang didapat berasal dari kegiatan agroindustri serta hasil formulasi bioplastik dikembangkan dijadikan sebuah media pembelajaran berbentuk panduan proyek berbasis ESD.

2. Sonil Nanda dkk tahun 2020 dalam jurnal penelitian berjudul “Innovations in applications and prospects of bioplastics and biopolymers: a review”.

Hasil ulasan penelitian menunjukkan bahwa bioplastik lebih ramah lingkungan daripada plastik berbahan minyak bumi ditinjau dari keberlanjutan dan resikonya terhadap lingkungan. Oleh karena itu, dukungan pemerintah dan kesadaran masyarakat penting untuk menciptakan peralihan dari produk berbahan dasar minyak bumi ke produk berbasis bio.⁸⁶

Relevansinya dengan penelitian ini yaitu pembahasan mengenai bioplastik sebagai produk ramah lingkungan yang dapat menggantikan plastik berbahan dasar minyak bumi. Sedangkan perbedaannya terdapat

⁸⁵ M. O. Ramadhan and M. N. Handayani, “The Potential of Food Waste as Bioplastic Material to Promote Environmental Sustainability: A Review,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 980, no. 1 (2020): 1–8, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/980/1/012082>.

⁸⁶ Sonil Nanda et al., “Innovations in Applications and Prospects of Bioplastics and Biopolymers: A Review,” *Environmental Chemistry Letters* 20, no. 1 (2022): 379–95, <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01334-4>.

pada metode penelitian yang di jurnal yang ditemukan peneliti yaitu menggunakan metode penelitian systematic review untuk mengetahui polimer bioplastik seperti polyhydroalkanoate, polylactic acid, poly-3-hydroxybutyrate, polyamide 11, polyhydroxyurethanes, dan biopolimer berbasis selulosa, berbasis pati, berbasis protein, dan berbasis lipid. Selain itu, juga mendiskusikan tentang manfaatnya bagi ekonomi, skema pemasaran, kimia dan penerapan bioplastik sebagai polimer. Sedangkan metode penelitian yang digunakan peneliti adalah metode penelitian pengembangan (*Research and Development*).

3. Dasumiati N dkk tahun 2019 dalam jurnal penelitian berjudul “Food packaging development of bioplastic from basic waste of cassava peel (manihot utilisima) and shrimp shell”

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan produk pembungkus makanan dari bioplastic berbahan dasar limbah kulit singkong dan kulit udang aman untuk dikonsumsi karena tidak mengandung logam berat tetapi mengandung mineral yang berguna bagi tubuh.⁸⁷

Relevansinya dengan penelitian ini yaitu pembahasan bioplastik dari berbahan dasar limbah. Perbedaannya dengan yang akan diteliti yaitu bahan dasar bioplastik yang digunakan menggunakan limbah udang sedangkan yang akan diteliti hanya menggunakan limbah padat-cair industri tapioka. Selain itu, hasil formulasi bioplastik yang limbah padat-cair juga akan dijadikan sebagai media pembelajaran berupa panduan proyek berbasis ESD.

4. Edza Aria Wirkuwardendra dkk tahun 2019 dalam laporan penelitian berjudul “Pemanfaatan Limbah Padat dan Cair Tapioka Sebagai Bahan Baku Plastik Mudah Terurai (Biodegradable)”.

⁸⁷ Dasumiati, N. Saridewi, and M. Malik, “Food Packaging Development of Bioplastic from Basic Waste of Cassava Peel (Manihot Utilisima) and Shrimp Shell,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 602, no. 1 (2019), <https://doi.org/10.1088/1757-899X/602/1/012053>.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Limbah tapioka dapat dimanfaatkan menjadi bioplastik yang ramah lingkungan serta memenuhi kriteria sebagai plastik dengan kriteria *polipropilen* (PP).⁸⁸

Relevansinya dengan penelitian ini adalah meneliti tentang pemanfaatan limbah padat-cair industri tapioka. Sedangkan perbedaannya terpadat pada limbah padat-cair industri tapioka yang diambil dari tempat berbeda yakni kawasan industri tapioka Margoyoso tepatnya di Desa Ngemplak Kidul.

5. Pandima Fatimatuz Zaroh dkk tahun 2019 dalam jurnal penelitian berjudul “Pemanfaatan Limbah Ampas Tapioka Sebagai Bahan Baku Plastik Mudah Terurai (Biodegradable)”.

Hasil penelitian berupa limbah ampas industri tapioka mampu menghasilkan bioplastik dengan persentase degradabilitas 29,99 %.⁸⁹ Relevansinya dengan penelitian ini yaitu meneliti tentang potensi limbah padat industri tapioka dimanfaatkan sebagai bahan dasar bioplastik. Sedangkan perbedaannya terdapat pada metode pengujian bioplastik pada penelitian sebelumnya uji gugus fungsi dilakukan dengan FTIR sedangkan pada penelitian ini tidak sampai dilakukan uji gugus fungsi dengan FTIR.

6. Tineu Indraneu dkk tahun 2019 dalam jurnal penelitian berjudul “Potensi Pemanfaatan Dan Pengolahan Limbah Industri Rumah Tangga Tepung Tapioka Di Tasikmalaya”

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah industri tapioka dapat dijadikan produk olahan seperti saus, pupuk organik, dan tepung asia.⁹⁰ Relevansinya

⁸⁸ Edza Aria Wikurendra and Akas Yekti Pulih Asih, “Pemanfaatan Limbah Padat Dan Cair Tapioka Sebagai Bahan Baku Plastik Mudah Terurai (Biodegradable),” 2019.

⁸⁹ Pandima Fatimatuz Zaroh and Sri Widyastuti, “Pemanfaatan Limbah Ampas Tapioka Sebagai Bahan Baku Plastik Mudah Terurai (Biodegradable),” *Wahana* 71, no. 2 (2019): 15–22, <https://doi.org/10.36456/wahana.v71i2.2098>.

⁹⁰ Tineu Indrianeu and Elgar Balasa Singkawijaya, “Potensi Pemanfaatan Dan Pengolahan Limbah Industri,” in *Komisi II : Geografi Fisik 2*, 2019, 117–26, <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/11600>.

pada penelitian ini yaitu membahas tentang potensi limbah industri tapioka. Sedangkan perbedaannya ada pada tempat penelitian yakni di Tasikmalaya dan di Kawasan Industri Tapioka. Selain itu, pada metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kualitatif.

7. Shinta Purnamasari dan Aldila Nurrul Hanifah tahun 2021 dalam jurnal penelitian berjudul “Education for Sustainable Development (ESD) dalam Pembelajaran IPA”

Hasil pada penelitian ini adalah Implementasi dan karakteristik ESD dalam pembelajaran IPA memberikan dampak positif pada hasil pembelajaran dan keterampilan peserta didik.⁹¹

Relevansinya pada penelitian ini yaitu meneliti implementasi ESD dalam pembelajaran IPA. Sedangkan perbedaannya terdapat pada metode penelitian yang digunakan yakni metode penelitian kajian pustaka sedangkan pada skripsi ini peneliti menggunakan metode *Research and Developemnt (RnD)* untuk menghasilkan produk media pembelajaran berupa panduan proyek berbasis ESD.

8. Aditya Rahma, Lucya Mega Heryanti dan Bambang Ekanara tahun 2019 dengan jurnal penelitian berjudul “Pengembangan Modul Berbasis Education for Sustainable Development pada Konsep Ekologi untuk Siswa Kelas X SMA”. Hasil penelitian ini menunjukkan Kelayakan modul Ekologi berbasis ESD untuk peserta didik SMA kelas X.⁹²

Relevansinya dengan penelitian ini yakni meneliti tentang pengembangan media pembelajaran berbasis

⁹¹ Shinta Purnamasari and Aldila Nurrul Hanifah, “Education for Sustainable Development (ESD) Dalam Pembelajaran IPA,” *JKPI: Jurnal Kajian Pendidikan IPA* 1, no. 2 (2021): 53–61, <https://journal.uniga.ac.id/index.php/jkpi/article/view/1281>.

⁹² Aditya Rahman, Lucya Mega Heryanti, and Bambang Ekanara, “Pengembangan Modul Berbasis Education for Sustainable Development Pada Konsep Ekologi Untuk Siswa Kelas X SMA,” *JURNAL EKSAKTA PENDIDIKAN (JEP)* 3, no. 1 (May 30, 2019): 1, <https://doi.org/10.24036/JEP/VOL3-ISS1/273>.

ESD. Sedangkan perbedaannya terdapat pada model penelitian yang digunakan yakni model *Dick & Carey*. Selain itu produk yang dikembangkan pada penelitian ini adalah media pembelajaran dalam bentuk modul pada materi Ekologi untuk peserta didik kelas X SMA.

9. Ajeng Fitri dan Ghulam Hamdu tahun 2021 dalam jurnal penelitian berjudul “Pengembangan Aplikasi Mobile Learning Untuk Perangkat Pembelajaran Berbasis Education For Sustainable Development”. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi *mobile learning* sebagai perangkat pembelajaran berbasis ESD berdasarkan validasi ahli materi masih perlu perbaikan berupa pengurangan atau penambahan fitur.⁹³

Relevansinya dengan penelitian ini yaitu menghasilkan produk berupa media pembelajaran berbasis ESD. Sedangkan perbedaannya terdapat pada jenis media pembelajaran yang dikembangkan berupa aplikasi *mobile learning*. Selain itu, metode RnD yang digunakan dalam penelitian adalah prosedur penelitian menurut Sugiyono.

10. Afwu Hayyi Amyyana dkk tahun 2017 dalam jurnal penelitian berjudul “Pirolisis Sederhana Limbah Plastik Dan Implementasinya Sebagai Sumber Belajar Berbasis Education For Sustainable Development (ESD) Pada Pembelajaran Kimia”. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sumber belajar pirolisis sederhana berupa buku yang berbasis ESD layak digunakan untuk mendukung pembelajaran kimia.⁹⁴

Relevansinya dengan penelitian ini yaitu menghasilkan sumber belajar berbasis ESD dan sama-sama menggunakan metode RnD dalam mengembangkan

⁹³ Ajeng Fitria and Ghullam Hamdu, “Pengembangan Aplikasi Mobile Learning Untuk Perangkat Pembelajaran Berbasis Education for Sustainable Development,” *JINOTEP (Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran): Kajian Dan Riset Dalam Teknologi Pembelajaran* 8, no. 2 (July 25, 2021): 134–45, <https://doi.org/10.17977/um031v8i22021p134>.

⁹⁴ Afwu Hayyi Amyyana, Maria Paristiwati, and Fera Kurniadewi, “Pirolisis Sederhana Limbah Plastik Dan Implementasinya Sebagai Sumber Belajar Berbasis Education For Sustainable Development (ESD) Pada Pembelajaran Kimia,” *Jurnal Riset Pendidikan Kimia* 7, no. 1 (2017): 14–21.

produk tersebut. Sedangkan perbedaannya terdapat model penelitian yang digunakan yakni model penelitian *Borg & Gall*.

11. Sri Rahmawati dkk tahun 2021 dalam jurnal penelitian berjudul “Potensi implementasi Education for Sustainable Development (ESD) dalam pembelajaran IPA di MTs Nahdlatul Ulama Mranggen Kabupaten Demak”. Hasil penelitian menunjukkan nilai-nilai ESD memiliki potensi untuk diterapkan dalam pembelajaran IPA di MTs Nadlatul Ulum Mranggen Kabupaten Demak.⁹⁵

Relevansinya dengan penelitian ini yaitu pembahasan ESD pada penelitian ini didasarkan pada hasil penelitian tersebut. Sedangkan perbedaannya terdapat pada metode yang digunakan yakni menggunakan metode penelitian kualitatif deskriptif.

12. Desy Kurniasari tahun 2021 dalam skripsi berjudul “Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital Berbasis Education For Sustainable Development Pada Materi Ekosistem Untuk Menumbuhkan Keterampilan Argumentasi Peserta Didik SMP/MTs.” Hasil penelitian menunjukkan LKPD berbasis ESD pada materi ekosistem untuk kelas VII SMP/MTs dapat menumbuhkan keterampilan argumentasi peserta didik.⁹⁶ Relevansinya dengan skripsi yang peneliti dapatkan dengan skripsi yang penulis teliti yakni sama-sama membahas mengenai media pembelajaran IPA kelas VII berbasis ESD. Perbedaan skripsi ini dengan skripsi yang penulis teliti yakni pada materi pembelajaran serta bentuk media pembelajaran yang dihasilkan berupa panduan proyek dari hasil dari penelitian murni.
13. Eneng Rahmayati dkk tahun 2021 dalam jurnal penelitian berjudul “Project Based Learning in Pandemic

⁹⁵ Sri Rahmawati et al., “Potensi Implementasi Education for Sustainable Development (ESD) Dalam Pembelajaran IPA Di MTs Nahdlatul Ulama Mranggen Kabupaten Demak,” *Jurnal Kualita Pendidikan* 2, no. 1 (2021): 2774–2156.

⁹⁶ Desy Kurniasari, *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital Berbasis Education For Sustainable Development Pada Materi Ekosistem Untuk Menumbuhkan Keterampilan Argumentasi Peserta Didik SMP/MTs*, issued 2021.

Covid-19: The Implementation of ESD to Develop Students' Critical Thinking Skills.” Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran dengan model *Project based Learning* mampu membangun pemahaman konsep peserta didik, menyentuh aspek ekonomi, sosial dan lingkungan, membangun keterampilan berpikir kritis dan karakter yang baik bagi peserta didik.⁹⁷

Relevansinya dengan penelitian ini yaitu penelitian ini sama-sama menganalisis tahapan *project based Learning* dengan penerapan ESD dalam pembelajaran. Perbedaannya dengan penelitian ini ada pada metode penelitian dan teknik analisis data yang digunakan yakni metode kualitatif dan teknik analisis data menggunakan TBLA (*Transcriptbased Lesson Annalysis*).

14. I J Nurhidayah dkk tahun 2021 dalam jurnal penelitian berjudul “Project Based Learning (PjBL) Learning Model in Science Learning: Literature Review.” Hasil penelitian menunjukkan bahwa PjBL dapat meningkatkan hasil belajar pada pembelajaran IPA dan mengarahkan peserta didik untuk berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah serta direkomendasikan untuk dijadikan model pembelajaran di sekolah.⁹⁸

Relevansinya dengan penelitian ini adalah sama membahas model pembelajaran PjBL. Perbedaannya dengan penelitian ini adalah metode penelitian yang digunakan adalah literature review.

15. Hendra Budiono dan Faizal Chan tahun 2021 dalam jurnal penelitian berjudul “Pengembangan Panduan Praktikum Konsep Dasar Biologi dan Lingkungan Berbasis Project Based Learning.” Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan panduan praktikum

⁹⁷ Eneng Rahmayanti, Sumar Hendayana, and Riandi Riandi, “Project Based Learning in Pandemic Covid-19 : The Implementation of ESD to Develop Students' Critical Thinking Skills,” *Unnes Science Education Journal* 10, no. 3 (2021): 137–44.

⁹⁸ I. J. Nurhidayah, F. C. Wibowo, and I. M. Astra, “Project Based Learning (PjBL) Learning Model in Science Learning: Literature Review,” *Journal of Physics: Conference Series* 2019, no. 1 (October 25, 2021), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012043>.

konsep dasar biologi dan lingkungan berbasis project based learning dalam kategori valid.⁹⁹

Relevansinya dengan penelitian ini adalah sama-sama menggunakan tahapan project based learning dalam media pembelajaran yang berbentuk panduan. Perbedaannya dengan penelitian ini yaitu model penelitian yang digunakan menggunakan model ADDIE serta selain itu materi pada panduan digunakan untuk mahasiswa semester I.

16. Ubaidillah Mujib tahun 2017 dalam jurnal penelitian berjudul “Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Mengembangkan Ensiklopedia Berbasis Bioedupreneurship.” Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat menghasilkan ensiklopedia pembelajaran sains berbasis bioedupreneurship.¹⁰⁰

Relevansinya dengan penelitian ini adalah sama-sama menerapkan proyek dalam pembelajaran. Sedangkan perbedaannya dalam penelitian ini adalah metode penelitian yang digunakan yakni penelitian tindakan kelas yang dilakukan pada mahasiswa semester VII Jurusan IPA Biologi IAIN Syekh Nurjati Cirebon.

17. Nur Kholifah tahun 2018 dalam jurnal penelitian berjudul “Pengembangan Panduan Pembuatan Media Taktil yang Diaplikasikan Dalam Pembelajaran IPA.” Hasil penelitian menunjukkan bahwa panduan pembuatan media taktil yang dikembangkan secara umum berkategori baik.

Relevansinya dengan penelitian ini adalah sama-sama menghasilkan panduan sebagai media pembelajaran. Sedangkan perbedaan pada penelitian ini yaitu panduan yang dihasilkan berlaku untuk peserta didik tingkat SD.

Berdasarkan penelitian terdahulu, telah banyak dilakukan riset tentang pencemaran plastik konvensional

⁹⁹ Budiono, “Pengembangan Panduan Praktikum Konsep Dasar Biologi Dan Lingkungan Berbasis Project Based Learning.”

¹⁰⁰ Mujib, “Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Mengembangkan Ensiklopedia Berbasis Bioedupreneurship.”

dengan solusi bioplastik dari limbah sebagai pengganti plastik konvensional. Serta riset tentang limbah industri tapioka di Kecamatan Margoyoso Pati juga telah banyak dilakukan, namun masih belum optimal karena hanya meriset tentang dampak pencemarannya belum sampai pada penyelesaian masalah yang dapat menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan oleh plastik serta limbah industri tapioka sekaligus. Selain itu, pembelajaran dengan penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis *Education for Sustainable* (ESD) yang sudah dilakukan belum begitu optimal, karena setiap daerah memiliki aspek ekonomi, sosial dan lingkungan yang berbeda.

Oleh karena itu, untuk menyelesaikan problem pada penelitian ini dilakukan riset formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka sebagai penyelesaian masalah pencemaran lingkungan oleh isu plastik dan limbah padat-cair industri tapioka. Yang kemudian hasil riset formulasi bioplastik dijadikan sebuah panduan proyek berbasis ESD dengan muatan materi pencemaran lingkungan khususnya pada materi dampak pencemaran lingkungan serta cara penanggulangan pencemaran lingkungan.

C. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan model konseptual bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang diidentifikasi sebagai masalah penting. Kerangka berpikir yang baik menjelaskan secara teoritis hubungan antar variabel yang diteliti. Permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh plastik telah menjadi isu lingkungan tingkat global, sehingga urgensi penyelesaian masalah lingkungan akibat plastik bukan hanya agenda masyarakat dunia melainkan juga masyarakat lokal. Namun masyarakat lokal juga harus menghadapi masalah lingkungannya sendiri yang diakibatkan oleh kegiatan lokal seperti yang terjadi pada masyarakat kawasan industri tapioka di Kecamatan Margoyoso tepatnya Desa Ngemplak Kidul. Untuk menghadapi masalah tersebut kemudian dikembangkan bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka Margoyoso sebagai solusi isu plastik yang tidak ramah lingkungan serta bahan dasar plastik yang bukan berasal dari sumber terbarukan. Hasil kegiatan

pengembangan bioplastik kemudian dijadikan sebagai panduan proyek berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) yang mengacu pada materi pencemaran lingkungan pada KD 3.8 dan 4.8. Berdasarkan tinjauan pustaka dan latar belakang yang telah disebutkan, maka kerangka berpikir penelitian ini akan digambarkan menggunakan skema melalui gambar 2.4

Gambar 2.4 Kerangka Berpikir

