

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia sedang mengalami darurat sampah plastik saat ini, karena menjadi negara kedua penyumbang sampah plastik terbesar di dunia setelah Cina. Sampah plastik yang selama ini membutuhkan waktu 200-400 tahun untuk hancur dan terurai. Jika dibiarkan menumpuk akan berbahaya bagi kelangsungan hidup makhluk hidup. Sehingga diperlukan kepedulian masyarakat terhadap bahaya sampah plastik supaya peningkatan masalah lingkungan seperti pencemaran udara, air dan tanah dapat diminimalisir.¹

Penggunaan plastik juga mengalami peningkatan selama pandemi Covid-19 yang terjadi karena perubahan tatanan kehidupan dari adaptasi kebiasaan baru untuk memakai masker setiap hari hingga ketergantungan rumah tangga pada layanan pengiriman baik makanan maupun kebutuhan rumah tangga. Hal ini mengakibatkan volume sampah plastik meningkatkan data peningkatan konsumsi pembelajaran daring sebesar 62% dan layanan pesan antar sebesar 47%. Dalam peningkatan volume sampah plastik perlu adanya pengelolaan sampah atau alternatif baru yang bisa mencegah krisis baru di masa depan, pasalnya 96% pembelian daring mengandung plastik yang berimplikasi pada peningkatan volume peningkatan sampah plastik.²

Tribun News dan CNN Indonesia salah satu media berita online juga mengabarkan bahwa sampah plastik di Laut Indonesia telah mencapai 6,8 juta ton per tahun dan diprediksi akan terus mengalami kenaikan. Menurut pernyataan Rosa Vivien Ratnawati direktur jenderal PSLB3 KLHK sumbangan sampah plastik telah mengalami peningkatan dari tahun 2010 sebesar 11% menjadi 17% tahun 2021. Peningkatan

¹ Madanih Rahmawati, Anindita, and Ade Kurnia, 'Indonesia Darurat Limbah Plastik: Merubah Limbah Botol Plastik Menjadi Kursi', *Journal UMJ*, September 2019, 2019, 2. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat>

² Maya Nabila Roxanne, 'Bumi Di Bawah Tekanan: COVID-19 Dan Polusi Plastik', *Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial*, 7.1 (2021), 45-55. <http://dx.doi.org/10.23887/jiis.v7i1.30960>

penggunaan plastik ini merupakan akibat dari pemenuhan kebutuhan masyarakat modern yang ingin praktis.^{3,4}

Perilaku konsumsi plastik meningkat seiring dengan peningkatan populasi dan aktivitas manusia. Menurut Alfritri dkk (2020) dalam Greenpeace 2019 dilaporkan bahwa ada 855 miliar kemasan makanan dan minuman sachet terjual tahun 2019 dipasar Asia Tenggara dan penjualan kemasan makan dan minuman sachet akan meningkat mencapai 1,3 triliun di tahun 2027. Data ini didasarkan pada data INAPLAS (Asosiasi Industri Plastik Indonesia) bahwa sekitar 65% konsumsi plastik nasional masih didominasi oleh plastik kemasan. Sekitar 60% diantaranya diproduksi oleh industri makanan dan minuman yang menjadi sektor dengan pertumbuhan paling cepat di tingkat nasional, yang pada tahun 2019 semester satu industri minuman mengalami pertumbuhan sebesar 22,74%. Peningkatan konsumsi plastik yang tidak dibarengi dengan pengelolaan sampah plastik yang baik akan menimbulkan masalah lingkungan seperti banjir dan pencemaran laut. Indikasi bahwa pengelolaan sampah di Indonesia masih kurang efektif ditunjukkan dengan tingkat pencemaran laut yang lebih tinggi ketimbang India yang memiliki jumlah penduduk pesisir sama banyak tapi dapat menempati urutan ke-12 di dunia sedangkan Indonesia berada di urutan ke-2 didunia.⁵

Pencemaran laut yang diakibatkan oleh sampah plastik juga menyebabkan kematian penyu di Kepulauan Seribu mengalami peningkatan. Setidaknya ada 4 ekor penyu setiap bulan yang mati karena menelan sampah plastik. Germanov mengungkapkan selama musim hujan di Indonesia ikan pari manta dan hiu paus telah menelan sebanyak 63 lembar plastik

³ 'KLHK: Sampah Plastik Di Laut Indonesia 6,8 Juta Ton Per Tahun - Tribunnews.Com' <<https://www.tribunnews.com/bisnis/2022/03/16/klhk-sampah-plastik-di-laut-indonesia-68-juta-ton-per-tahun>> [accessed 23 April 2022].

⁴ 'Sampah Plastik 2021 Naik Ke 11,6 Juta Ton, KLHK Sindir Belanja Online' <<https://www.cnnindonesia.com/nasional/20220225173203-20-764215/sampah-plastik-2021-naik-ke-116-juta-ton-klhk-sindir-belanja-online>> [accessed 23 April 2022].

⁵ Alfritri 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>>.

per jam. Pada tahun 2018 juga ditemukan bangkai paus sperma terdampar di Wakatobi Sulawesi Tenggara didalam perut bangkai paus ini ditemukan 6 kilogram sampah plastik dan sandal jepit mati. Selain itu, juga ditemukan 26 jenis sampah plastik setiap 100 meter persegi terumbu karang perairan di Indonesia serta 37% sampah plastik ditemukan di pantai. Paparan racun plastik juga telah mencemari telur ayam di Tropodo Jawa Timur, ini dibuktikan dengan adanya penelitian internasional yang menyatakan konsentrasi dioksin dan furan dalam telur ayam mencapai 200 pikogram per gram lemak. Hal ini menunjukkan bahwa telur ayam di Tropodo Jawa Timur telah melampaui batas maksimum cemaran kimia yang hanya diperbolehkan sebesar 2,5 pikogram dioksin per gram lemak menurut Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 8 Tahun 2018.⁶ Peristiwa ini memberikan tamparan keras kepada pemerintah Indonesia untuk lebih memperhatikan penanganan dan pengelolaan sampah plastik.

Pada dasarnya plastik ditemukan sebagai pengganti kantong belanja kertas yang ditemukan pertama kali oleh Sten Gustaf Thulin di Swedia tahun 1958. Pada era itu penggunaan kantong kertas semakin banyak sehingga meningkatkan penebangan pohon. Hal ini dikarenakan produksi kantong kertas butuh banyak energi dan air sehingga kantong plastik menjadi solusi dari kantong kertas.⁷ Plastik konvensional bersumber dari bahan bakar fosil atau minyak bumi, namun karena penggunaannya yang tidak sesuai dengan persyaratan dapat menimbulkan masalah kesehatan. Selain itu, pencemaran lingkungan juga terjadi karena penumpukan sampah serta sifat plastik konvensional yang sulit terdegradasi oleh alam. Sampah plastik konvensional dapat bertahan selama bertahun-tahun di alam. Pembakaran sampah

⁶ Cahyani, Lia, 2020. *Kisah Dampak Buruk Plastik Bagi Hewan*. Jakarta: Tempo Publishing.

⁷ Hajid, Silvano dan Anindita Pradana.. “Kantong Plastik: Awalnya diciptakan untuk Selamatkan Bumi” *Youtube*, diupload oleh BBC NEWS Indonesia. <https://youtu.be/VuBwiWRNhvo>. diakses 23 April 2022

plastik juga berbahaya bagi kesehatan karena gas hasil pembakarannya mengganggu pernafasan manusia.⁸

Untuk menghadapi plastik konvensional yang berasal dari minyak bumi, telah diusulkan bioplastik berbahan dasar biodegradable atau berasal dari sumber terbarukan karena dianggap sebagai alternatif yang lebih aman dan terbarukan. Sumber terbarukan ini berasal dari limbah makanan sebagai bahan baku untuk diaplikasikan kedalam produksi bioplastik. Salah satu limbah makanan yang telah digunakan sebagai produksi bioplastik adalah limbah sayuran dan buah seperti kulit jeruk, kulit pisang, kulit singkong, kulit kentang dan masih banyak yang lainnya. Banyak penelitian tentang pemanfaatan limbah sayuran dan buah-buahan yang diekstraksi untuk menghasilkan biopolimer sebagai bahan baku pembuat bioplastik.⁹ Indonesia telah mengembangkan bioplastik berbahan biopolymer seperti pati sagu dan pati ubi kayu, karena bahan baku tersebut tersedia banyak di Indonesia.¹⁰

Ketersediaan pati ubi kayu yang melimpah di Indonesia disebabkan karena luas panen yang melimpah. Salah satu provinsi di Indonesia penghasil ubi kayu terbesar adalah Provinsi Jawa Tengah dengan luas panen rata-rata 155,66 ribu hektar.¹¹ Sumbangan luas panen ubi kayu di Jawa tengah tentunya tidak lepas dari luas panen di Kabupaten Pati yang menjadi penyumbang kedua terbanyak di provinsi Jawa Tengah. Rata-rata hasil panen ubi kayu yang langsung dikonsumsi hanya sebesar 28% sisanya berpotensi sebagai

⁸ Nurhenu Karuniastuti, 'Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan Dan Lingkungan', *Swara Patra: Majalah Pusdiklat Migas*, 3.1 (2013), 6–14 <<http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/43/65>>.

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 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>>.

¹¹ Roch Widaningsih, 'Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan', *Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian*, 2016, 33–36.

bahan baku industri tepung tapioka. UKM Industri tepung tapioka di Kabupaten Pati sendiri menyerap tenaga kerja lebih banyak ke tiga daripada UKM yang lain dengan UKM Ikan sebagai peringkat pertama dan UKM Produksi Garam sebagai peringkat kedua. Hal ini menunjukkan bahwa industri tepung tapioka sangat berkembang di Kabupaten Pati.¹² Kebanyakan industri tapioka yang tersebar di Provinsi Jawa Tengah masih dalam skala kecil atau rumah tangga yang cara pengolahannya masih menggunakan proses basah (*wet process*).¹³

Salah satu sentra industri tapioka di Kabupaten Pati adalah Kecamatan Margoyoso tepatnya Desa Ngemplak Kidul. Jumlah industri tepung tapioka yang ada di desa Ngemplak Kidul mencapai 223 tempat industri tapioka di tahun 2005. Banyaknya industri tapioka yang tersebar di Desa Ngemplak Kidul juga menghasilkan limbah berupa limbah padat (ampas) dan limbah cair (tajin/elod). Limbah industri tapioka yang tidak diolah dengan baik menyebabkan pencemaran lingkungan pada daerah sekitar. Seperti pencemaran limbah cair industri tapioka di Sungai Kecing Desa Ngemplak Kidul ini menyebabkan penurunan kualitas air, bau menyengat yang mengganggu aktivitas warga, dan kematian biota yang ada di Sungai.¹⁴ Pencemaran tidak hanya terjadi di daerah industri tapioka melainkan juga terjadi di daerah Sungai Silungonggo hal ini membahayakan kegiatan budidaya perikanan tambak.¹⁵

Selama ini limbah industri tapioka kebanyakan dimanfaatkan sebagai pakan ternak, campuran makanan, saus

¹² Suroso, 'Kebijakan Pembangunan Pemberdayaan Usaha Industri Tapioka Di Kabupaten Pati', *Jurnal Litbang*, X.2 (2014), 83–93.

¹³ Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), *Outlook Teknologi Pangan 2018 Inisiatif Pengembangan Industri Berbasis Sagu, Jagung, Dan Ubi Kayu*, 2018.

¹⁴ Nita Zulaifah, Ummu Rosyidah, and Riska Andriani, 'Dampak Pembuangan Limbah Tapioka Terhadap Kualitas Air Sungai Kecing 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>>.

¹⁵ 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.

dan pupuk organik. Onggok ubi kayu limbah industri tepung tapioka juga diolah lagi menjadi tepung onggok.¹⁶ Onggok ubi kayu dan limbah cair industri tapioka rumah tangga juga masih mengandung sisa pati dan serat selulosa.¹⁷ Dalam penelitian lain juga dikatakan bahwa limbah industri tepung tapioka yang dikerjakan oleh skala kecil menghasilkan limbah sekitar 75% dari bahan mentahnya. Limbah ini disebut limbah padat (onggok) dan limbah cair. Limbah yang dilepas langsung kedalam alam akan menimbulkan pencemaran. Namun juga dapat diolah menjadi barang bernilai seperti Bioplastik. Bioplastik merupakan plastik yang dapat terurai dengan mudah di alam, bioplastik dihasilkan dari biopolymer. Limbah industri tepung tapioka salah satunya kulit singkong ini dapat diolah menjadi bioplastik dengan menambahkan plastikizer berupa gliserol.¹⁸

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh plastik tentunya mengancam keberlanjutan global. Disamping itu, pencemaran lingkungan oleh industri tapioka juga ikut mengancam keberlanjutan lokal. Hal itu sejalan dengan pendapat Nana Supriatna juga menyatakan bahwa selain mengaitkan dengan fenomena yang ada dalam kehidupan sehari-hari proses pembelajaran juga perlu mengaitkan dengan isu lingkungan baik lokal maupun global untuk menjadi sumber belajar peserta didik.¹⁹ Sehingga diperlukan sebuah pemahaman pembangunan berkelanjutan. Tantangan lingkungan, sosial dan ekonomi yang saling terkait menuntut

¹⁶ Tineu Indrianeu and Elgar Balasa Singkawijaya, 'Potensi Pemanfaatan Dan Pengolahan Limbah Industri', *Komisi II: Geografi Fisik 2*, 2019, 117–26 <<https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/11600>>.

¹⁷ Nanti Musita and others, 'Kajian Sifat Fisikokimia Tepung Onggok Industri Besar Dan Industri Kecil Study Of Physicochemical Properties Of Large Industry And Small Industry', *Jurnal Teknologi Agro Industri (Tegi)*, 10.1 (2018), 19–24 <<http://ejournal.kemenperin.go.id/tegi/article/view/3990>>.

¹⁸ Zulisma Anita and others, 'Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong', *Jurnal Teknik Kimia*, 2.2 (2013), 37–41.

¹⁹ Nana Supriatna and others, 'Implementasi Education for Sustainable Development (ESD) Melalui Ecopedagogy Dalam Pembelajaran Tematik Terpadu Di Sekolah Dasar', *Primaria Educationem Journal*, 1.2 (2018), 80–86 <<http://journal.unla.ac.id/index.php/pej/article/view/1077/748>>.

pendidikan untuk memungkinkan generasi muda mengambil tindakan, tanggung jawab, dan lebih inovatif terhadap dunia.²⁰

Pembangunan berkelanjutan menurut Brundtland (1987) merupakan pemenuhan kebutuhan saat ini yang tidak mencederai kemampuan generasi yang akan datang untuk memenuhi kebutuhannya. Konsep ini bermula dari dua kondisi dasar yaitu kebutuhan manusia dan sumber daya yang terbatas dengan maksud perlunya sebuah teknologi, inovasi dan organisasi-organisasi sosial guna memenuhi kebutuhan saat ini dan yang akan datang. Penerapan pembangunan berkelanjutan dalam pendidikan sangat penting dilakukan, karena pendidikan merupakan komponen penting perubahan dunia melalui perubahan sikap, intensi, dan perilaku masyarakat.²¹ Hal ini dibuktikan dengan peningkatan kesadaran berkelanjutan dan keterampilan berpikir peserta didik yang sangat penting untuk memecahkan masalah lingkungan dalam penerapan ESD.²²

Pengenalan nilai berkelanjutan harus sejak usia dini, dengan memperkenalkan ESD (*education for sustainable development*) di sekolah-sekolah dengan harapan peserta didik memiliki nilai-nilai keberlanjutan yang mampu mempertahankan kelestarian lingkungan alam, sosial dan ekonomi.²³ Penerapan ESD (*education for sustainable development*) dapat dilakukan melalui pembelajaran berbasis proyek.²⁴ Proyek merupakan model pembelajaran yang

²⁰ 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>.

²¹ Bulan Prabawani, *Education for Sustainable Development : Pembentukan Karakter Dan Perilaku Berkelanjutan*, ed. by Maulana Aenul Yaqin (Yogyakarta: Penerbit Arti Bumi Intaran, 2021).

²² Ekamilasari, Anna Permanasari, and Indarini Dwi Pursitasari, 'Students ' Critical Thinking Skills and Sustainability Awareness in Science Learning for Implementation Education for Sustainable Development', *Indonesian Journal of Multidisciplinary Research Journal*, 1.1 (2021), 121–24.

²³ Nuansa Bayu Segera, 'Education For Sustainable (ESD) Development Sebuah Upaya Mewujudkan Kelestarian Lingkungan', *Sosio Didaktika: Social Science Education Journal*, 2.1 (2015), 22–30 <<https://doi.org/10.15408/sd.v2i1.1349>>.

²⁴ Eneng Rahmayanti, Sumar Hendayana, and Riandi Riandi, 'Project Based Learning in Pandemic Covid-19: The Implementation of ESD to Develop

mengatur pembelajaran tentang proyek, didalamnya siswa diminta untuk melakukan kegiatan penelitian mendalam tentang suatu topik nyata untuk mengintegrasikan pengetahuan dan mempresentasikan hasil yang peserta didik telah pelajari. Selain mampu mengembangkan ide peserta didik untuk menciptakan solusi orisinal, menemukan sumber daya yang tersedia, menyajikan hasil pencarian informasi dan mengevaluasi temuannya.²⁵

Selain itu, proses komunikasi selama pembelajaran juga memerlukan media pembelajaran sesuai dengan tujuan pembelajaran, materi pembelajaran, dan karakteristik peserta didik serta ketersediaan daya dukung agar proses pembelajaran menjadi lebih efektif.²⁶ Dalam penelitian lain juga menyebutkan bahwa media pembelajaran yang inovatif mampu merangsang pikiran, perasaan dan perhatian peserta didik sehingga kesuksesan proses pembelajaran dapat diraih.²⁷

Dengan demikian perlu formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat dan cair industri tapioka sebagai solusi isu plastik sekaligus solusi limbah padat-cair industri tapioka. Kemudian melalui formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka dikembangkan sebuah proyek berbasis ESD (*education for sustainable development*).

Students ' Critical Thinking Skills', *Unnes Science Education Journal*, 10.3 (2021), 137–44.

²⁵ 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>.

²⁶ Nur Ainun et al., "Pengembangan LKPD Berbasis Proyek Pembuatan Ekstrak Indikator Alami Asam Basa," *Jurnal Education and Development* 9, no. 3 (2021): 102–9.

²⁷ Luh Diah Surya Adnyani, Ni Wayan Surya Mahayanti, and Suprianti, "Pengembangan Buku Panduan Pembuatan Materi Dan Media Pembelajaran Bahasa Inggris Untuk Guru-Guru SD Di Kecamatan Seririt," *Seminar Nasional Riset Inovatif*, 2017, 570–78.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas peneliti dapat merumuskan permasalahan sebagai berikut;

1. Bagaimana proses formulasi bioplastik berbahan dasar limbah industri tapioka sebagai solusi isu plastik?
2. Bagaimana penampilan bioplastik berbahan dasar limbah padat dan cair industri tapioka berdasarkan uji preferensi dan uji biodegradable?
3. Bagaimana potensi kelayakan panduan proyek berbasis ESD untuk peserta didik SMP/MTs melalui formulasi bioplastik limbah padat dan cair industri tapioka sebagai solusi isu plastik?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka sebagai solusi isu plastik.
2. Untuk menganalisis penampilan bioplastik berbahan dasar limbah industri tapioka melalui uji preferensi dan uji biodegradable.
3. Untuk menganalisis potensi kelayakan panduan proyek berbasis ESD melalui formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat dan cair industri tapioka sebagai solusi isu plastik.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas diharapkan dapat memberikan manfaat berupa:

1. Dapat memberikan informasi tentang formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat dan cair industri tapioka sebagai solusi plastik ramah lingkungan.
2. Dapat memberikan alternatif plastik ramah lingkungan yang mudah terurai dari formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat dan cair industri tapioka serta solusi pengolahan limbah padat dan cair industri tepung tapioka.
3. Dapat menjadi panduan proyek berbasis ESD melalui formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat dan

cair industri tapioka, bagi proses pembelajaran peserta didik.

E. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Penelitian ini menghasilkan plastik ramah lingkungan berbahan dasar industri tepung tapioka dan produk panduan proyek berbasis *Educational for Sustainable Development* dengan spesifikasi produk sebagai berikut:

1. Produk plastik ramah lingkungan dibuat sebagai solusi limbah plastik konvensional. Produk dibuat dengan memanfaatkan limbah padat-cair industri tapioka dengan tujuan mengurangi limbah padat-cair industri tapioka di Margoyoso Pati. Penampilan produk plastik ramah lingkungan dari hasil formulasi limbah industri tepung tapioka layak menjadi pengganti plastik konvensional ditinjau dari uji biodegradable dan uji preferensi.
2. Panduan proyek berbasis ESD disusun berdasarkan sintaks model pembelajaran PjBL. Proyek mengacu pada KD. 3.8 dan 4.8 kelas VII SMP/MTs semester 2 yaitu menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem dan membuat tulisan gagasan tentang penyelesaian pencemaran di lingkungannya berdasarkan hasil pengamatan. Panduan proyek berbasis ESD ini menghadirkan isu plastik serta 3 aspek ESD yaitu sosial, lingkungan dan ekonomi yang terjadi dalam masyarakat sekitar industri tapioka Margoyoso Pati. Melalui isu plastik dan isu pencemaran lingkungan akibat industri tepung tapioka di Margoyoso Pati kemudian pembaca diarahkan untuk berpikir kritis tentang gagasan pemanfaatan kembali limbah padat-cair industri tapioka menjadi plastik ramah lingkungan sebagai solusi pencemaran lingkungan. Kemudian dilanjutkan dengan prosedur pembuatan plastik ramah lingkungan pembaca diarahkan untuk berpikir kritis untuk menentukan formulasi bioplastik yang tepat selama proses pembuatan plastik ramah lingkungan.

F. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

1. Asumsi pengembangan produk didasarkan pada dua hal, yaitu:
 - a. Asumsi produk berupa bioplastik
 - 1) Formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri pengolahan tepung tapioka dapat menjadi solusi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh industri tapioka dan plastik konvensional.
 - b. Asumsi produk berupa panduan proyek
 - 1) Produk panduan proyek berbasis ESD melalui formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka layak menjadi proyek dalam proses pembelajaran peserta didik kelas VII semester 2 tepatnya pada materi pencemaran lingkungan.
2. Keterbatasan Pengembangan
Penelitian ini memiliki keterbatasan berupa:
 - a. Produk bioplastik berbahan dasar limbah padat dan cair industri tapioka pengujian hanya sebatas uji biodegradasi dan uji preferensi serta tidak dilakukan uji laboratorium lebih lanjut. Produk proyek berbasis ESD kelayakannya hanya diuji sebatas validasi ahli materi dan guru.