REPOSITORI IAIN KUDUS

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Formulasi Bioplastik Berbahan Dasar Limbah Padat-Cair Industri Tapioka Sebagai Solusi Plastik Ramah Lingkungan

Formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka ini merupakan tahapan perencanaan yang merupakan rangkaian dari kegiatan *Research and Development* (R&D). Bahan dasar plastik ramah lingkungan diambil dari limbah padat-cair industri tapioka di kawasan industri tapioka tepatnya di Desa Ngemplak Kidul Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati. Produksi tapioka yang melimpah dikawasan tersebut telah meningkatkan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah industri tapioka yang dibuang langsung pada aliran air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Masyarakat tersebut menyebut limbah padat industri sebagai ampas, sedangkan limbah cair industri disebut sebagai lindur. Pemanfaatan ampas dan lindur hasil limbah industri tapioka sebagai produk bioplastik masih sedikit, hal ini menjadi kesempatan peneliti untuk mengangkat limbah padat-cair industri tapioka menjadi sebuah produk plastik ramah lingkungan. Limbah padat-cair industri tapioka masih memiliki beberapa kandungan yang dapat menjadikannya sebagai plastik ramah lingkungan. Kandungan limbah padat-cair industri tapioka disajikan dalam Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Tabel 4. 1 Kandungan Limbah Padat (Ampas) Industri Tapioka[1]

Kandungan	Industri Besar	Industri Kecil
Air	4,17%	6,86%
Abu	1,93%	1,95%
Protein	1,04%	1,42%
Lemak	0,11%	0,17%
Pati	40,8%	46,5%
Serat Kasar	23,93%	14,08%

Tabel 4. 2 Kandungan Limbah Cair (Lindur) Industri Tapioka[2]

Kandungan	Limbah Cair Industri Tapioka
Warna	Putih kekuningan
Bau	Yang masih baru seperti ubi kayu namun lama kelamaan akan menyengat dan berbau busuk.
TSS *(Total Suspended Solid)*	1.500-5.000 mg/l
BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)	3.000-6.000 mg/l
COD (*Chemical Oxygen Demand)*	6.000-10.200 mg/l
Sianida (CN)	0,67 mg/l
pH	4-5,5 Ketika masih segar 6-6,5

Dari tabel kandungan limbah padat-cair industri tapioka dapat dilihat jika limbah padat-cair industri tapioka masih mengandung endapan pati, jasad renik

[1] Nanti Musita et al., "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, no. 1 (2018): 19–24, http://ejournal.kemenperin.go.id/tegi/article/view/3990.

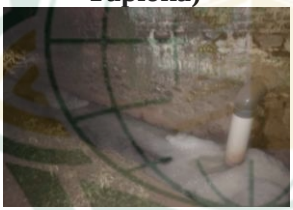
[2] Herna Octivia Damayanti, Metachul Husna, and Dicky Harwanto, "Limbah Cair Tapioka, Pencemaran, Dan Teknik Pengolahannya," *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK* 17, no. 1 (2021): 73–84, https://doi.org/10.33658/jl.v17i1.222.

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

serta koloid lainnya. Namun jika limbah padat dan cair ditampung dalam bak penampungan akan menghasilkan tepung lindur dan tepung ampas dengan tekstur sama seperti tapioka dan bewarna coklat dengan bau sedikit menyengat.[3] Berdasarkan kandungan limbah padat-cair industri tapioka berpotensi menjadi bioplastik. Berikut ini disajikan hasil limbah padat industri tapioka dan penampakan setelah menjadi tepung ampas, serta limbah cair industri tapioka dan penampakannya setelah menjadi tepung lindur pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, Gambar 4.3, dan Gambar 4.4

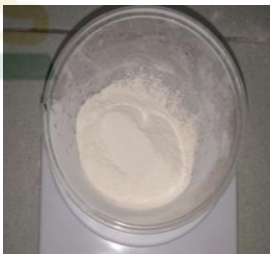
Gambar 4. 1 Lindur (Limbah Cair Industri Tapioka)



Gambar 4. 2 Tepung Lindur (Limbah Cair Industri Tapioka)

Gambar 4. 3 Ampas (Limbah Padat Industri Tapioka)

Gambar 4. 4 Tepung Ampas (Limbah Padat Industri Tapioka)



Untuk menjadi tepung ampas dan tepung lindur, limbah padat dan cair industri tapioka perlu diolah

[3] "Plastik Biodegradable Dari Endapan Limbah Cair Tepung Tapioka l;' Dengan Metode Melt Intercalation," 2021.

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

terlebih dahulu. Berikut uraian cara pengolahan limbah padat dan cair industri tapioka:

a) Pengendapan dilakukan dengan cara menampung limbah cair industri tapioka kedalam bak penampungan selama seminggu hingga endapan sedikit membeku, limbah padat indusri tapioka tidak melewati tahapan pengendapan,
b) Pengeringan dilakukan setelah limbah cair industri tapioka mengendap dengan cara dijemur di bawah sinar matahari, sedangkan pada limbah padat industri tapioka langsung dijemur di bawah sinar matahari,
c) Penghalusan dilakukan setelah limbah padat dan cair kering, dengan cara menggunakan mesin penghalus tepung atau menggunakan blender,
d) Pengayakan dilakukan pada limbah padat dan cair industri tapioka yang sudah dihaluskan untuk menghasilkan tepung limbah padat dan tepung limbah cair indsutri tapioka.

Proses pengolahan disajikan pada diagram Gambar 4.5.

Gambar 4. 5 Proses Pengolahan Limbah Padat-Cair Industri Tapioka[4]

[4] Sumber Dokumen Pribadi, Tanggal 21 Agustus 2022

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Dari tepung ampas dan tepung lindur ini baru kemudian dimanfaatkan menjadi bioplastik dengan berbagai komposisi yang disajikan pada Tabel 4.3 serta proses yang disajikan dalam bagan Gambar 4.6. Berikut penjelasan proses formulasi bioplastik berbhaan dasar limbah padat-cair industri tapioka:

a) Pencampuran bahan-bahan bioplastik yakni tepung limbah padat-cair industri dengan perbandingan yang diatur dalam tabel 4.3 dan bahan tambahan air 100 ml, gliserol 3 gr sebagai plasticizer dan Asam Asetat (cuka) 2 gr sebagai katalis kemudian diaduk hingga semua bahan dicampur rata-rata,
b) Pemanasan dilakukan setelah limbah padat cair industri tapioka dan bahan tambahan tercapur rata kemudian dipanaskan di atas kompor dengan api kecil sambil diaduk hingga teksturnya mengental seperti lem,
c) Pencetakan dilakukan setelah proses pemanasan selesai dengan cara menuangkan adonan bioplastik ke nampan plastik, kemudian ratakan hingga rata dan membentuk lapisan tipis di permukaan nampan.
d) Pengeringan dilakukan setelah proses pencetakan selesai dilakukan, pengeringan dilakukan dengan cara menjemur adonan yang sudah dicetak di bawah sinar matahari.
e) Setelah proses pengeringan selesai produk bioplastik bisa dikupas dari nampan sehingga produk bioplastik berbenteuk lembaran-lembaran selebar nampan yang digunakan untuk mencetak.

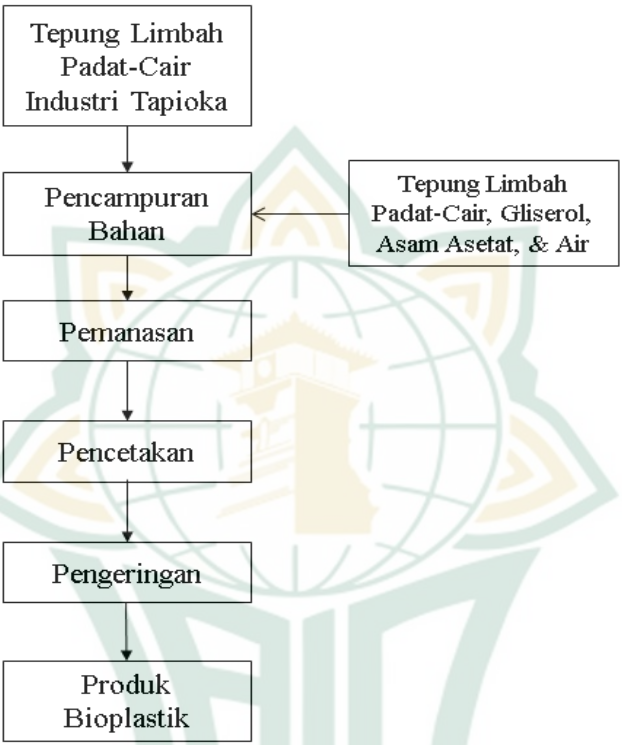
Tabel 4. 3 Perbandingan Komposisi Limbah Padat-Cair Industri Tapioka

Jenis Limbah	Sampel 1 (kontrol)	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Sampel 6
Limbah Padat	-	-	20 gr	10 gr	-	10 gr
Limbah Cair	-	20 gr	-	10 gr	10 gr	
Tapioka (Kontrol)	20 gr	-	-	-	10 gr	10 gr

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 6 Proses Formulasi Limbah Padat-Cair Industri Tapioka Menjadi Bioplastik



2. Penampilan Bioplastik Berbahan Dasar Limbah Padat-Cair Industri Tapioka Melalui Uji Preferensi dan Uji Biodegredable

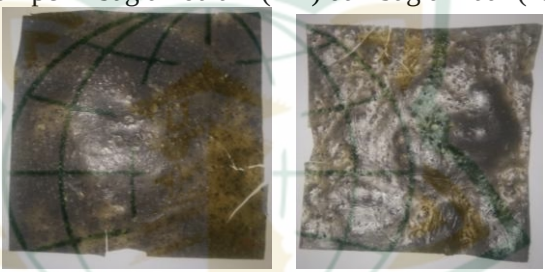
Penampilan bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka memiliki karakteristik yang berbeda sesuai dengan komposisi limbah padat-cair industri tapioka serta bahan tambahan berupa plastikizer gliserol sebanyak 3 gr. Bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka dibuat dengan perbandingan komposisi yang disajikan dalam Tabel 4.1. Ada 6 sampel hasil formulasi bioplastik disajikan pada Gambar 4.7.

REPOSITORI IAIN KUDUS

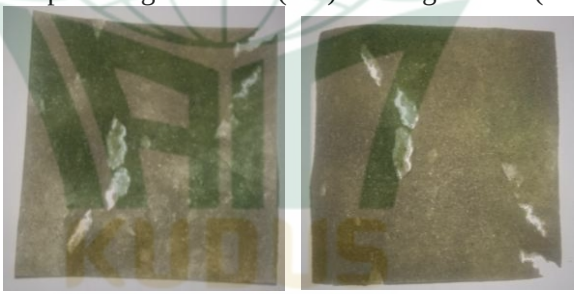
REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 7 Bioplastik Hasil Formulasi

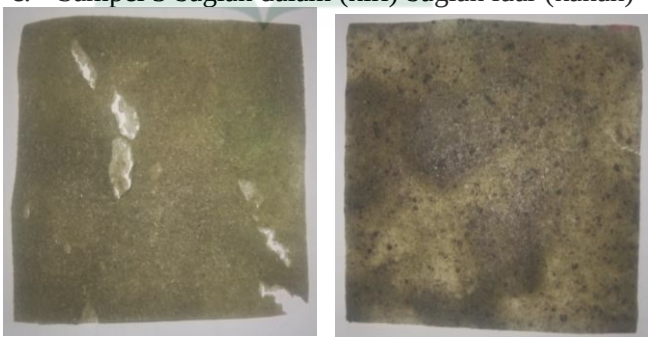
a. Sampel 1 bagian dalam (kiri) dan bagian luar (kanan)



b. Sampel 2 bagian dalam (kiri) dan bagian luar (kanan)



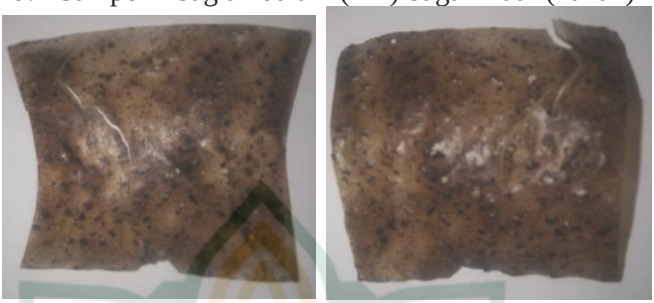
c. Sampel 3 bagian dalam (kiri) bagian luar (kanan)



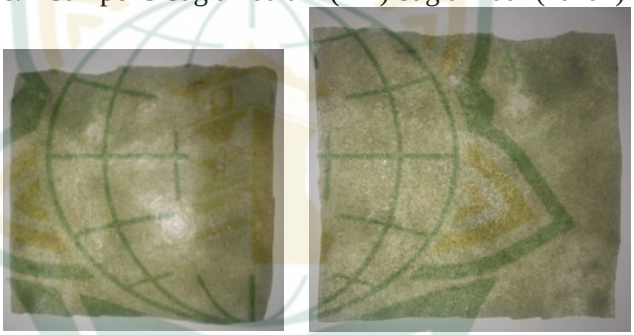
REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

d. Sampel 4 bagian dalam (kiri) bagain luar (kanan)



e. Sampel 5 bagian dalam (kiri) bagian luar (kanan)



f. Sampel 6 bagian dalam (kiri) dan bagian luar (kanan)

a. Pengujian Preferensi Pada Bioplastik

Uji preferensi yang dilakukan berupa uji kesukaan terhadpap warna, aroma dan tekstur dengan 15 orang paneli terdiri dari 5 orang remaja, 5 orang dewasa, dan 5 orang tua.

1) Warna

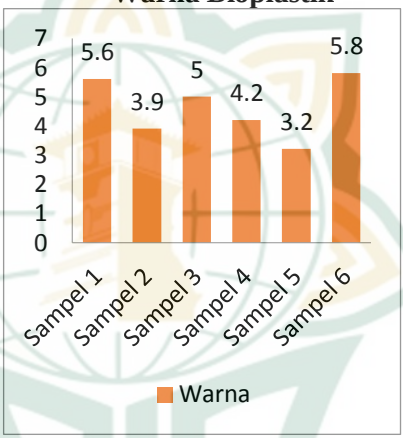
Sampel 6 bioplastik nerupakan sampel yang sangat disukai panelis dengan rata-rata skor tertinggi pada indikator warna yaitu 5,8. Sedangkan rata-rata skor terendah pada indikator warna yakni 3,2 pada sampel 5, skor tersebut dipersepsikan panelis dengan memberikan penilaian tidak suka. Sampel 5 terdiri dari perbandingan komposisi 10 g tepung tapioka dan 10 g tepung lindur. Rata-rata skor terendah kedua dengan skor 3,9 yang dipersepsikan panelis dengan memberikan penilaian netral ada

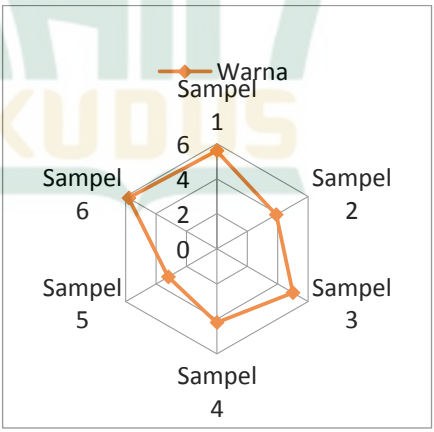
REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

pada sampel 2 dengan komposisi 20 g tepung lindur. berdasarkan pengamatan visual bioplastik yang disajikan pada Gambar 4.7 sampel dengan warna gelap yang tidak menarik terdapat pada sampel 2 dan sampel 5. Berikut disajikan hasil perhitungan rata-rata skor uji preferensi dengan indikator warna pada Gambar 4.8.

Gambar 4. 8 Hasil Uji Preferensi Indikator Warna Bioplastik





2) Aroma

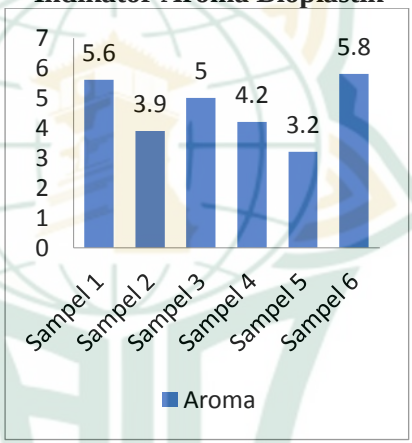
Hasil uji preferensi pada indikator aroma menunjukkan bahwa produk bioplastik dengan sampel 5 merupakan produk bioplastik yang

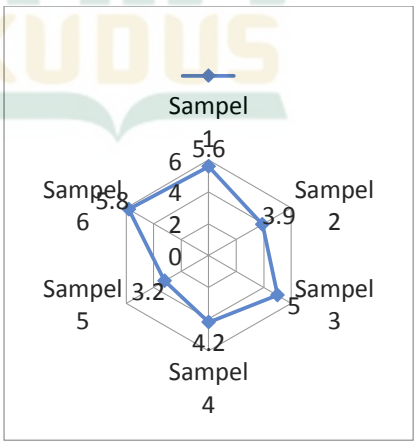
REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

tidak disukai oleh panelis dengan rata-rata skor terendah yakni 3,2. Sedangkan sampel yang sangat disukai panelis terdapat pada sampel 6 dibuktikan dengan rata-rata skor tertinggi yakni 5,8. Berdasarkan saran panelis bioplastik yang memiliki aroma menyengat dapat diberikan aroma untuuk mengurangi aroma menyengat bioplastik. Hasil uji preferensi dengan indikator aroma disajikan pada Gambar 4.9.

Gambar 4. 9Gambar 4.8 Hasil Uji Preferensi Indikator Aroma Bioplastik





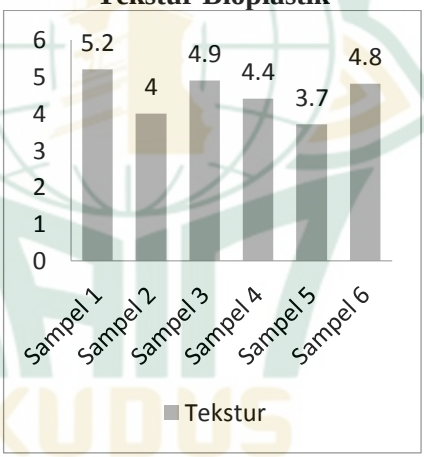
REPOSITORI IAIN KUDUS

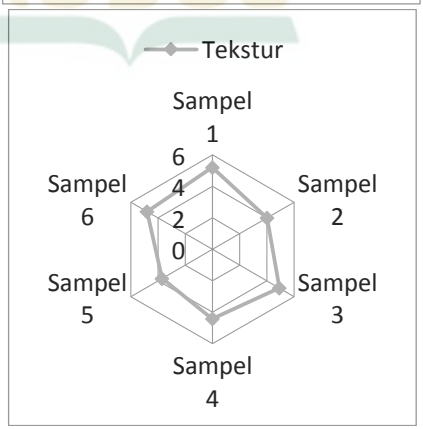
REPOSITORI IAIN KUDUS

3) Tekstur

Dari hasil perhitungan uji preferensi dapat dilihat sampel 1 merupakan sampel bioplastik yang disukai dari panelis dengan rata-rata skor tertinggi 5,2. Sedangkan sampel dengan rata skor terendah yakni 3,7 yang dikategorikan netral terdapat pada sampel 5. Pada pengamatan visual yang disajikan pada gambar 4.7 juga terlihat bahwa bioplastik yang dihasilkan sampel 5 memiliki tekstur kasar dengan bintik-bintik hitam. Berikut disajikan hasil uji preferensi dengan indikator tekstur pada Gambar 4.10.

Gambar 4. 10 Hasil Uji Preferensi Indikator Tekstur Bioplastik

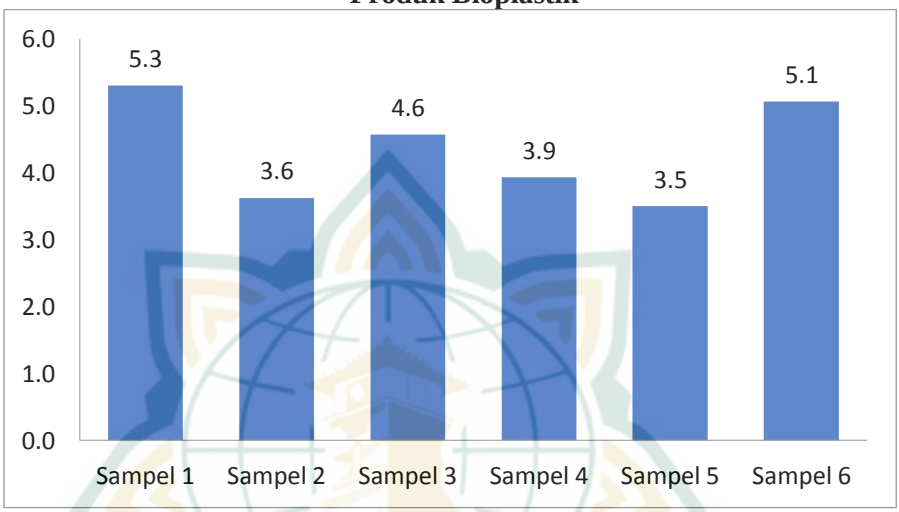




REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 11 Ringkasan Hasil Uji Preferensi Produk Bioplastik



Hasil ringkasan uji preferensi dengan indikator warna, aroma dan tekstur dari sampel 1, sampel 2, sampel 3, sampel 4, sampel 5 dan sampel 6 yang disajikan pada Gambar 4.11 menunjukkan skor tertinggi hasil uji preferensi diperoleh sampel 1 dengan skor 5,3 yang dikategorikan suka. Sedangkan skor terendah diperoleh sampel 5 dengan skor 3,5 yang dikategorikan netral.

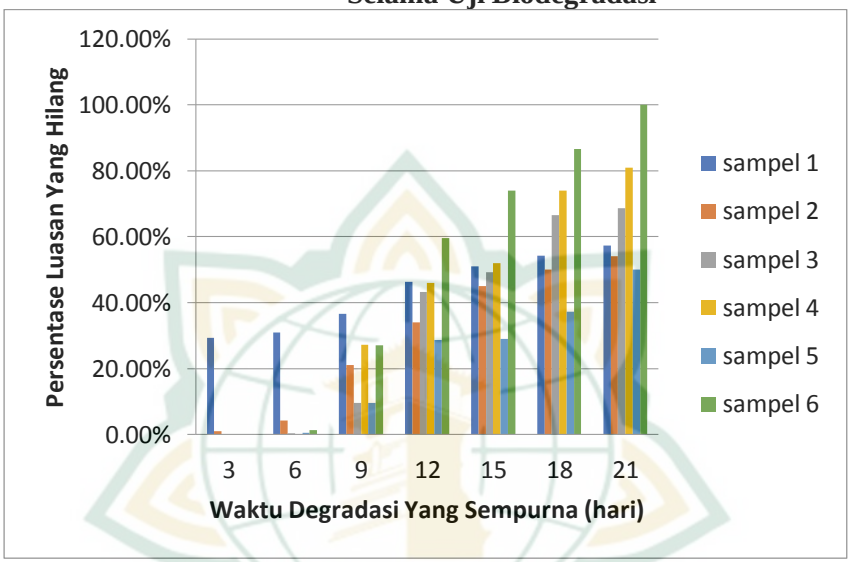
b. Pengujian Biodegradasi Pada Bioplastik

Uji biodegradasi yang dilakukan berupa uji persentase berat yang hilang sealam 21 hari serta uji luasan yang hilang selama 21 hari yang diambil setiap 3 hari sekali. Uji biodegradasi dilakukan pada 6 sampel variasi bioplastik dengan 3 kali ulangan yang hasilnya kemudian dirata-rata, hasil rata-rata luasan sampel yang hilang disajikan pada Gambar 4.11, terlihat bahwa setiap sampel dapat terurai dengan kemampuan terurai berbeda-beda.

REPOSITORI IAIN KUDUS

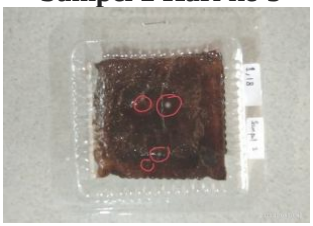
REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 12 Persentase Luasan Yang Hilang Selama Uji Biodegradasi

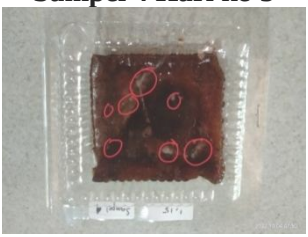


Pada hari ke-3 sampel yang mampu teruarai hanya sampel 1 ditandai dengan persentase luasan yang hilang sebanyak 29,3% dan sampel 2 dengan persentase luasan yang hilang sebanyak 1% disertai dengan tumbuhnya jamur pada permukaan bioplastik yang disajikan pada Gambar 4.13. Selain itu, sampel 4, sampel 5 dan sampel 6 hanya ditumbuhi jamur di permukaannya yang disajikan pada Gambar 4.14, Gambar 4.15, dan Gambar 4.16.

Gambar 4. 13 Penjamuran Sampel 2 Hari ke-3



Gambar 4. 14 Penjamuran Sampel 4 Hari ke-3



REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 15 Penjamuran Sampel 5 Hari ke-3

Gambar 4. 16 Penjamuran Sampel 6 Hari ke-3

Pada hari ke-6 ada dua sampel belum terurai yakni sampel 3 dan sampel 5 yang masih belum terurai, namun hasil pengamatan visual pada sampel 3 dan sampel 5 menunjukkan adanya penjamuran pada permukanaan sampel tersebut, selain itu pada sampel 4 juga muncul larva serangga pengurai pada bioplastik yang disajikan pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18. Penjamuran pada permukaan sampel bioplastik juga terjadi pada sampel 1 disertai dengan munculnya larva serangga pngurai, sampel 2, dan 5 dengan persentase luasan yang hilang sebanyak 31% pada sampel 2 sebanyak 4%, sedangkan sampel 5 dan sampel 6 sebanyak 1%. Penjamuran serta muculnya larva serangga pengurai pada sampel 1, sampel 2, sampel 5, disajikan pada Gambar 4. 19, Gambar 4.20, dan Gambar 4.21.

Gambar 4. 17 Penjamuran Sampel 3 Hari ke-6

Gambar 4. 18 Penjamuran disertai Munculnya Cacing Pada Sampel 4

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 19 Penjamuran Sampel 1 disertai Munculnya Cacing

Gambar 4. 20 Pernjamuran Sampel 2 disertai Munculnya Cacing

Gambar 4. 21 Penjamuran Sampel 5 disertai Munculnya Cacing

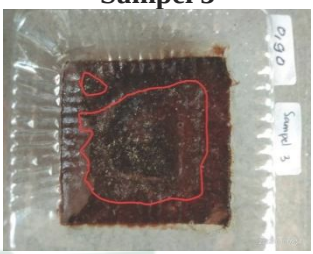
Pada hari ke-9 seluruh sampel uji biodegradasi terurai artinya sampel 3 dan sampel 4 yang belum terurai pada pengamatan hari ke-3 telah terurai pada hari ke-9 dengan persentase luasan yang hilang senilai 10% pada sampel 3 dan sampel 4. Sedangkan persentase luasan yang hilang pada sampel 1, sampel 2, sampel 5, dan sampel 6 masing-masing senilai 36,6%, 21%, 9,60%, dan 27% dengan jamur yang mulai menghilang serta larva yang mulai berubah menjadi serangga pengurai. Berikut disajikan penjamuran sampel 2 pada Gambar 4.22, penjamuran sampel 3 disajikan Gambar 4.23, penjamuran sampel 4 disajikan Gambar 4.24, penjamuran sampel 5 disajikan pada Gambar 4.25, penjamuran sampel 6 disajikan pada Gambar 4.26.

REPOSITORI IAIN KUDUS

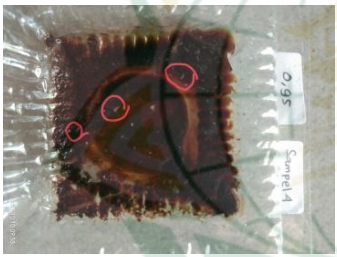
REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 22 Penjamuran Sampel 2

Gambar 4. 23 Penjamuran Sampel 3



Gambar 4. 24 Penjamuran Sampel 4



Gambar 4. 25 Penjamuran Sampel 5

Gambar 4. 26 Penjamuran Sampel 6

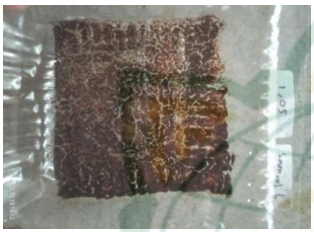
Pada hari ke-12 berdasarkan rata-rata persentase luasan yang hilang sampel 6 mengalami persentase luasan yang hilang paling tinggi sebesar 59,6% dibuktikan dengan seluruh permukaan sampel 6 yang mengalami pecah-pecah disajikan pada Gambar 4.27. Persentase luasan yang hilang terbesar kedua setelah sampel 6 adalah sampel 1 sebesar 46,30%, dilanjutkan sampel 4 sebesar 46%. Sedangkan sampel 3, sampel 2, dan sampel 5 masing-

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

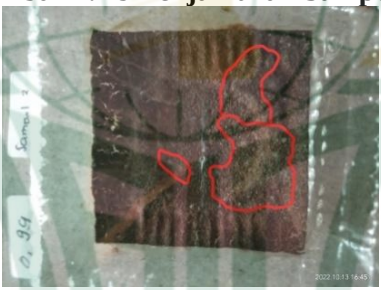
masing sebesar 43,30%, 34%, dan 28,60%. Sampel yang masih mengalami penjamuran yaitu sampel 2, sampel 3, disajikan pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29.

Gambar 4. 27
Pengamatan Visual Sampel 6



Gambar 4. 28
Penjamuran Sampel 2

Gambar 4. 29 Penjamuran Sampel 3



Pada pengamatan hari ke-15 rata-rata persentase luasan yang hilang terus mengalami peningkatan. Dengan sampel 6 sebagai rata-rata persentase luasan yang hilang paling tinggi sebesar 74% dan sampel 5 dengan rata-rata persentase luasan paling rendah pada hari ke-15 sebesar 29%. Sedangkan rat-rata persentase luasan yang hilang terbesar kedua ada pada sampel 4 sebesar 52%, kemudian dilanjutkan oleh sampel 1, sampel 3, dan sampel 2 dengan masing-masing rata-rata persentase luasan yang hilang sebesar 51%, 49,30%, dan 45%. Beberapa sampel pada hari ke-15 ada yang masih mengalami penjamuran yakni sampel 2, sampel 3, sampel 4, sampel 5 yang disajikan masing-masing

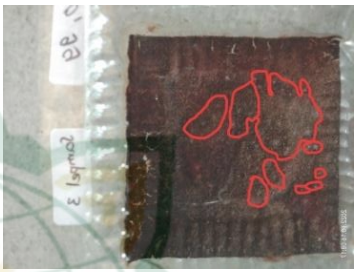
REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

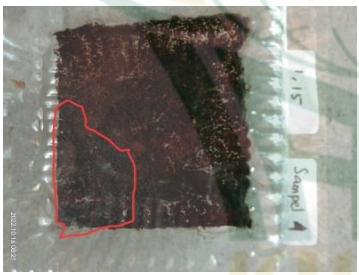
pada Gambar 4.30, Gambar 4.31, Gambar 4.32, dan Gambar 4.33.

Gambar 4. 30 Penjamuran Sampel 2

Gambar 4. 31 Penjamuran Sampel 3



Gambar 4. 32 Penjamuran Sampel 4



Gambar 4. 33 Penjamuran Sampel 5

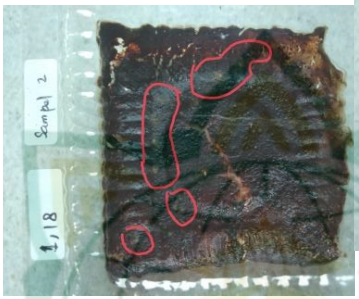
Pada hari ke-18 berdasarkan rata-rata persentase luasan yang hilang masih terjadi peningkatan penguraian dengan rata-rata persentase luasan yang hilang paling tinggi masih tetap sama pada sampel 6 dilanjutkan sampel 4, sampel 3, sampel 1, sampel 2 dan sampel 5 dengan rata-rata persentase luasan yang paling rendah. Berikut masing-masing rata-rata persentase luasan yang hilang dari yang terbesar hingga yang terkecil 86,6%, 74%, 66,60%, 54,3%, 50% dan 37,3%. Pada hari ke-18 masih ada beberapa sampel yang mengalami penjamuran yakni sampel 2, sampel 3, sampel 4 dan

REPOSITORI IAIN KUDUS

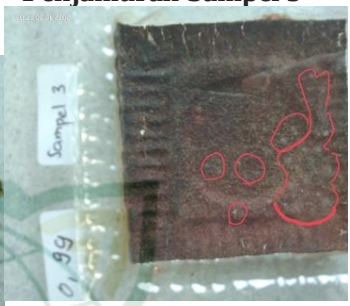
REPOSITORI IAIN KUDUS

sampel 5 yang disajikan pada Gambar 4.34, Gambar 4.35, Gambar 3.36, dan Gambar 4.37.

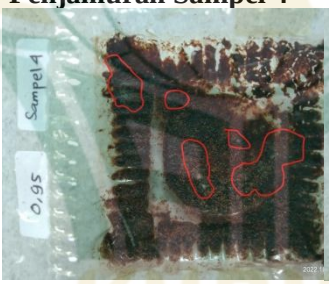
Gambar 4. 34
Penjamuran Sampel 2



Gambar 4. 35
Penjamuran Sampel 3



Gambar 4. 36
Penjamuran Sampel 4



Gambar 4. 37
Penjamuran Sampel 5

Pada hari ke-21 berdasarkan pengamatan visual tetap mengalami peningkatan. Selain itu juga dibuktikan dengan rata-rata persentase luasan yang hilang pada sampel 6 yang meningkat menjadi 100%, pengamatan visual pada sampel 6 disajikan pada Gambar 4.38. Berikut rata-rata persentase luasan yang hilang pada hari ke-21 dari yang terbesar ke yang terkecil yakni sampel 4 sebesar 81%, sampel 3 sebesar 68,6%, sampel 1 sebesar 57,30%, sampel 2 sebesar 54% dan sampel 5 sebesar 50%. Pada hari ke-21 beberapa sampel juga mengalami penjamuran meski tidak seluas penjamuran pada hari-hari sebelumnya. Berikut sampel 1, sampel 2, sampel 3, sampel 4 dan sampel 5 yang mengalami penjamuran

REPOSITORI IAIN KUDUS

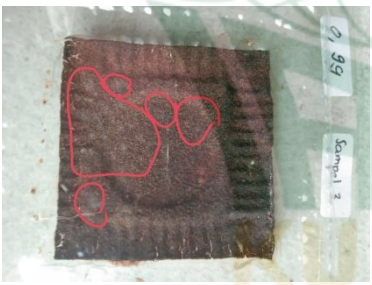
REPOSITORI IAIN KUDUS

yang disajikan masing-masing pada Gambar 4.39, Gambar 4.40, Gambar 4.41, Gambar 4.42, dan Gambar 4.43.

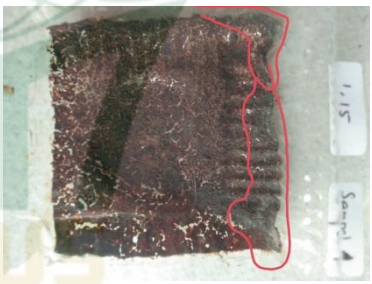
Gambar 4. 38
Pengamatan Visual Sampel 6

Gambar 4. 39
Penjamuran Sampel 1

Gambar 4. 40
Penjamuran Sampel 3



Gambar 4. 41
Penjamuran Sampel 4



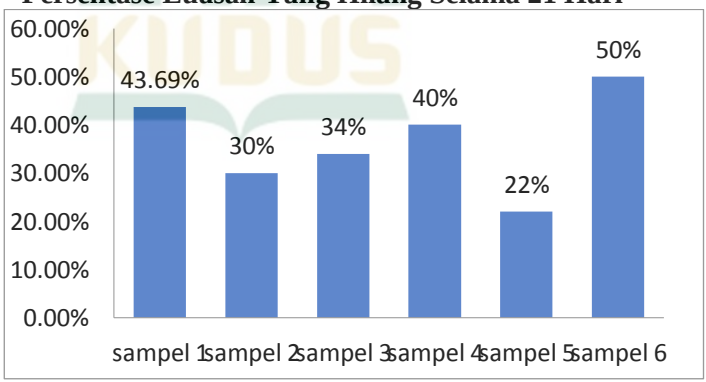
Gambar 4. 42
Penjamuran Sampel 5

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Berdasarkan ringkasan hasil rata-rata persentase luasan yang hilang selama 21 menunjukkan setiap sampel mengalami peningkatan terurai dengan kemampuan terurai yang berbeda-beda. Sampel yang terurai dengan cepat berdasarkan hasil rata-rata persentase luasan yang hilang selama 21 hari adalah sampel 6, kemudian dilanjutkan oleh sampel 1, sampel 4, sampel 3, sampel 2, dan sampel 5 yang disajikan pada Gambar 4.44. Sedangkan pada rata-rata persentase berat yang hilang selama 21 hari menunjukkan setiap sampel memiliki kemampuan terurai, dengan sampel 1 sebagai sampel tercepat terurai yang memiliki rata-rata persentase berat yang hilang paling besar senilai 59%, kemudian dilanjutkan sampel 5 dengan persentase 26,6%, lalu sampel 2 dengan persentase 25,2%, kemudian sampel 6 dengan persentase 17,5%, setelah itu sampel 3 dengan persentase 14,8% dan sampel 4 dengan persentase 14,3%. Hasil rata-rata persentase berat yang hilang selama 21 hari disajikan pada Gambar 4.45.

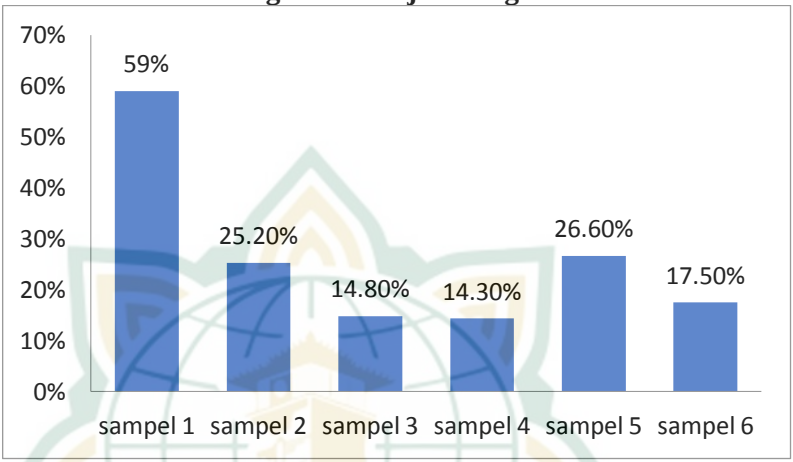
Gambar 4. 43 Ringkasan Hasil Rata-Rata Persentase Luasan Yang Hilang Selama 21 Hari



REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 44 Rata-rata Persentase Berat Yang Hilang Selama Uji Biodegradasi



Uji biodegradasi pada bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka menyebabkan warna bioplastik menjadi coklat. Hal ini terjadi karena bioplastik menyerap EM4 yang bewarna coklat yang digunakan sebagai media uji biodegradasi.[5] Kandungan bakteri pada EM4 serta pH, dan kelembaban yang dihasilkan EM4 menjadikan bakteri mampu berkembangbiak dengan baik sehingga proses terurainya bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka dapat terjadi.[6] Berikut disajikan kandungan EM4 media uji biodegradasi pada Gambar 4.46.

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

[6] Annisa Nur Islami, "Biodegradasi Plastik Oleh Mikroorganisme," 2019, https://doi.org/10.31227?osf.oi/rfkpy.

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 45 Kandungan EM4 Media Uji Biodegradasi

B. Hasil Pengembangan

1. Karakteristik Produk Bioplastik Sebagai Proyek

Rangkaian kegiatan R&D produk bioplastik berbahan baku limbah padat-cair industri tapioka ini masuk dalam tahap perencanaan. Produk bioplastik sebagai proyek memiliki kualitas yang mudah terurai serta karakteristik serupa dengan plastik konevensional. Berikut percobaan yang dilakukan oleh para peneliti untuk memperoleh formulasi produk bioplastik berbahan limbah padat-cair industri tapioka yang baik, yang disajikan pada tabel 4.4:

Tabel 4. 4
Pengenalan Masalah dalam Formulasi Limbah Padat-Cair Industri Tapioka

Tahapan Formulasi	Kesalahan	Akibat Kesalahan	Perbaikan
Percobaan 1: Pencampuran	Tanpa menambahkan plastikizer dan pewarna	Produk bioplastik terlalu kaku serta warna yang tidak menarik	Penambahan Gliserol 3 gr sebagai plastikizer dan pewarna agar menarik.

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

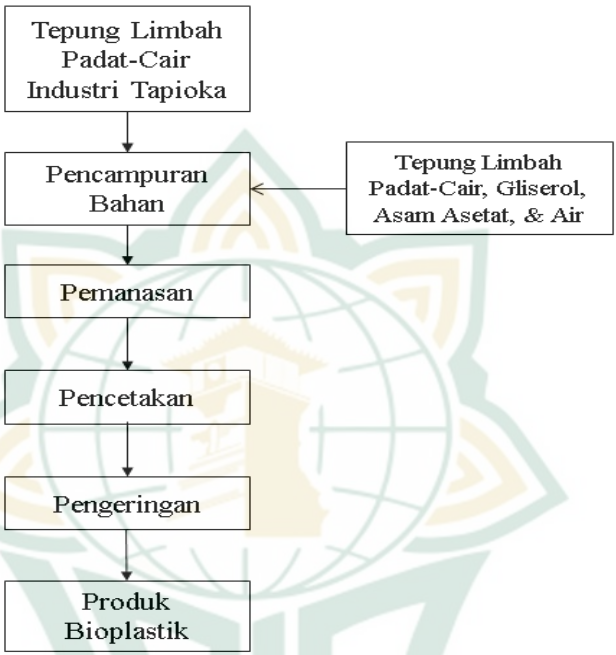
Percobaan 2: Pengeringan	Pengeringan dengan sinar matahari selama setengah hari	Bioplastik pecah-pecah	Pengeringan menggunakan sinar matahari hingga kering dengan pengecekan setiap 1 jam sekali

Gambar 4. 46 Proses Pengolahan Limbah Padat-Cair Industri Tapioka Menjadi Tepung

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Gambar 4. 47 Proses Pengolahan Tepung Limbah Padat-Cair Industri Tapioka Menjadi Tepung



2. Karakteristik Panduan Proyek Berbasis ESD

Produk panduan proyek berbasis ESD ini merupakan hasil dari kegiatan *design* (perencanaan) yang menjadi rangkaian kegiatan pada *Research and Development*. Proyek berbasis ESD yang dirancang memiliki beberapa ciri khusus yakni mengacu pada KD 3.8 menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem serta KD 4.8 membuat tulisan gagasan tentang penyelesaian pencemaran lingkungan berdasarkan hasil pengamatannya. Tahapan pemblajaran yang digunakan dalam proyek berbasis ESD adalah tahapan PjBL (*project based learning)*. Berikut disajikan hasil pengembangan proyek berdasarkan tahapan PjBl *(Project Based Learning)* pada Tabel 4.5.

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Tabel 4. 5
Hasil Panduan Proyek Berbasis ESD Dengan Tahapan PjBL

No	Tahapan PjBL	Penjelasan Aktivitas Dalam Panduan Proyek
(1)	Pengenalan Masalah	• Pengenalan masalah limbah industri tapioka dan masalah plastik serta penanganannya.

REPOSITORI IAIN KUDUS

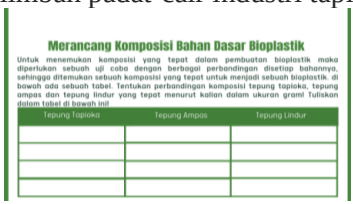
REPOSITORI IAIN KUDUS

No	Tahapan PjBL	Penjelasan Aktivitas Dalam Panduan Proyek

- Peserta didik diarahkan untuk menyelesaikan masalah limbah indutri tapioka sekaligus plastik menjadi bioplastik.

REPOSITORI IAIN KUDUS

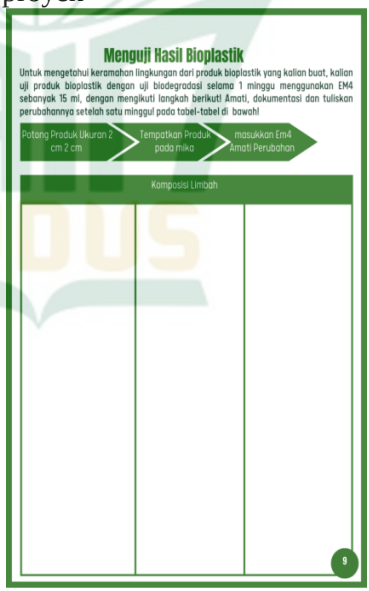
REPOSITORI IAIN KUDUS

No	Tahapan PjBL	Penjelasan Aktivitas Dalam Panduan Proyek
(2)	Mendesain Perencanaan Project & Penyusunan Jadwal Project	• Kegiatan merencanakan proses pengolahan limbah pada-cair industri tapioka, • Kegiatan merencanakan bahan tambahan pembuat bioplastik . • Kegiatan merencanakan komposisi limbah padat-cair industri tapioka, 

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

No	Tahapan PjBL	Penjelasan Aktivitas Dalam Panduan Proyek
(3)	Pelaksanaan dan Monitoring Project	• Pelaksanaan proyek dengan mulai membuat bioplastik dengan langkah-langkah yang telah disediakan dengan pendampingan pendidik sebagai mentor
(4)	Menguji Hasil	• Berisi kegiatan pengujian hasil bioplastik yang telah dibuat selama proyek



REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

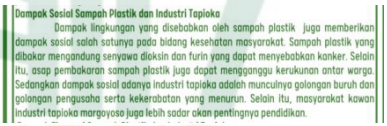
No	Tahapan PjBL	Penjelasan Aktivitas Dalam Panduan Proyek
(5)	Evaluasi dan Refleksi	• Berisi kegiatan evaluasidan refleksi mengenai proyek bioplastik

Komponen ESD ada 3 lingkungan, sosial dan ekonomi. Setiap komponen ESD dimuat agar peserta didik dapat belajar mengenai keberlanjutan pembangunan melalui kegiatan proyek. Berikut komponen ESD dalam Proyek disajikan pada Tabel 4.6.

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Tabel 4. 6 Kompenen ESD dalam Proyek

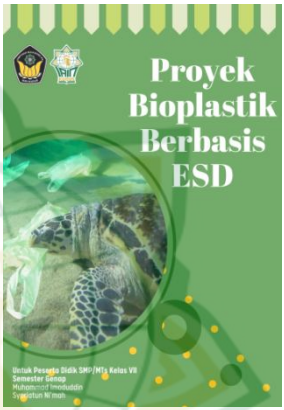
Komponen ESD	Hasil
1. Lingkungan (Dampak lingkungan akibat sampah plastik dan limbah industri)	
2. Sosial (Dampak sosial akibat dari sampah plastik dan kegiatan industri tapioka)	
3. Ekonomi (Dampak ekonomi akibat dari sampah plastik dan kegiatan industri tapioka)	

Selama proses validasi ada beberapa saran dalam aspek penyajian meliputi pembuatan cover untuk dibuat lebih menarik, warna dasar kertas sebaiknya putih, aspek penyajian produk panduan berdasarkan responden untuk dibuat lebih praktis lagi. Daftar revisi panduan proyek disajikan pada tabel 4.7.

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Tabel 4. 7 Daftar Revisi Dalam Panduan Proyek

Saran Revisi		
Cover dan Background warna dasar kertas dibuat lebih menarik		
Sebelum Revisi		Sesudah Revisi
		

3. Hasil Uji Potensi Kelayakan Produk Proyek Berbasis ESD Melalui Formulasi Bioplastik Berbahan Dasar Limbah Padat-Cair Industri Tapioka

Uji potensi kelayakan produk proyek bebasis ESD melalui formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka ini merupakan hasil dari tahap pengembangan dari rangkaian kegiatan *Research and Development*. Validasi dilakukan pada 4 responden yang

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

terdiri dari 1 dosen sebagai ahli materi dan 3 guru IPA. Hasil rekapitulasi angket validasi produk proyek yang disajikan pada Tabel 4.7 menunjukkan rata-rata persentase responden menjawab "Ya" sebanyak 94,7%, sedangkan rata-rata jawaban "Tidak" sebanyak 5,3%. Hasil rekapitulasi angket vallidasi kemudian dianalisis mengggunakan koefisien reprodusibilitas dan koefisien skalabilitas yang disajikan pada Tabel 4.8. Hasil analisis dengan koefisien reprodusibilitas menunjukan >0,90, sehingga koefisien reprodusibiltas angket dianggap valid. Hasil analisis dengan koefisien skalabilitas dinyatakan valid karena menunjukkan >0,60. Hasil analisis dengan koefisien reprodusibilitas dan skalabilitas disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 8
Hasil Rekapitulasi Angket Validasi Produk Proyek

No	Indikator	Pilihan Jawaban	
		Ya	Tidak
1.	Proyek Bioplastik sesuai dengan materi yang digunakan	4	0
2.	Proyek sesuai dengan isu sosial saat ini.	4	0
3.	Konsep sains pada Proyek Bioplastik berbasis ESD dapat dengan mudah dipahami.	4	0
4.	Isu sosial diawal proyek mengarah pada materi yang digunakan.	4	0
5.	Proyek mampu merangsang peserta didik untuk menemukan pengetahuan sendiri.	4	0
6.	Petunjuk dalam proyek memudahkan untuk mendapatkan bahan dan alat.	3	1
7.	Menambah wawasan tentang formulasi bioplastik dari limbah padat-cair industri tapioka	4	0
8.	Model pembelajaran sesuai dengan proyek.	4	0

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

No	Indikator	Pilihan Jawaban	
		Ya	Tidak
9.	Memecahkan masalah sains berdasarkan proses pembuatan bioplastik.	4	0
10.	Proyek bioplastik berdasarkan riset bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka.	4	0
11.	Proyek bioplastik Memudahkan menarik kesimpulan	4	0
12.	Penyajian cara kerja memudahkan untuk dipraktikan	4	0
13.	Proyek bioplastik mengajak peserta didik untuk aktif dan berpartisipasi.	4	0
14.	Desain buku proyek bioplastik menarik	3	1
15.	Bentuk fisik buku proyek mudah dibawa	2	2
16.	Penggunaan ilustrasi sesuai materi.	4	0
17.	Kalimat yang digunakan dalam proyek bioplastik jelas.	4	0
18.	Kalimat yang digunakan dalam proyek bioplastik mudah dipahami.	4	0
19.	Bahasa sesuai yang digunakan dalam proyek bioplastik dengan perkembangan peserta didik	4	0
Total		72	4
Rata-rata (%)		94,7	5,3

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Tabel 4. 9
Hasil Analisis Potensi Kelayakan Produk Panduan Proyek Bioplastik

Koefisien	Hasil Perhitungan	Pernyataan
Koefisien Reprodusibilitas	0,95>0,90	Validitas tinggi
Koefisien Skalabilitas	0,89>0,60	Validitas tinggi

C. Pembahasan Produk Akhir

1. Produk Bioplastik

Produk bioplastik dalam penelitian dan pengembangan ini dihasilkan dari limbah padat-cair industri tapioka yang sebelumnya telah diolah menjadi tepung ampas dan tepung lindur. Potensi limbah padat-cair industri tapioka sebagai bahan dasar bioplastik dikarenakan kandungan limbah padat-cair industri tapioka sebagai berikut:

a. Pati

Pati adalah polimer alami yang dapat ditemukan pada akar, batang dan biji tanaman pokok seperti beras, jagung, gandum, kentang dan singkong. Polimer alami pada pati terdiri dari dua jenis karbohidrat yakni amilosa dan amilopektin, selain itu juga ada protein didalamnya.[7] Kandungan polimer alami pati juga dapat ditemukan pada limbah contohnya kulit kentang,[8] kulit singkong,[9,10] nata decoco,[11] limbah tapioka.[12,13]

[7] Maricarmen Iñiguez- moreno, Juan Arturo Ragazzo- sánchez, and Montserrat Calderón- santoyo, "An Extensive Review of Natural Polymers Used as Coatings for Postharvest Shelf- life Extension: Trends and Challenges," *Polymers* 13, no. 19 (2021), https://doi.org/10.3390/polym13193271.

[8] Mehvish Shakeel Bhat, Marpu Adi Lakshmi, and Rattan Deep Singh, "Bioplastic from Waste : A Short Review" 13, no. 1 (2021): 638–44.

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

[10] Pujiono and Ati Nurhayati, "Effects of Glycerol and Chitosan Doses for Cassava Peels Organic Waste as Bioplastic Food Packaging and The Effects on

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Limbah indusri tapioka yang mengandung polimer alami tersebut dapat dibuat menjadi bioplastik dengan tambahan plastikizer gliserol 3 gr dan asam asetat 2 gr sebagai katalis. Penambahan gliserol menjadikan bioplastik lebih lentur.[14] Bioplastik yang dihasilkan juga mampu terurai dibantu cairan EM4 dibuktikan dengan persentase penurunan berat setiap sampel bioplastik serta persentase rata-rata luasan yang hilang setiap harinya dan pertumbuhan jamur serta munculnya larva serangga pengurai.[15] Selain itu, 6 sampel bioplastik diuji preferensi untuk melihat tekstur, warna dan aroma bioplastik dengan sampel yang disukai oleh panelis adalah sampel yang berbahan dasar pati 20gr dilanjutkan sampel 6 berbahan limbah padat 10 gr + pati 10gr, kemudian sampel 3 bahan dasar limbah padat 20gr. Sedangkan sampel 4 dengan bahan dasar limbah cair 10gr+limbah padat 10 gr, sampel 2 dengan bahan dasar limbah limbah cair 20gr dan sampel 5 dengan bahan dasar limbah cair 10gr + pati 10 gr berdasarkan hasil uji preferensi mendapatkan skor 3,9 (netral), skor 3,6 (netral) dan skor 3,5 (netral). Berikut disajikan kandungan limbah padat-cair industri tapioka pada table 4.10

Physical and Microbiological Food Quality," *Sapporo Medical Journal* 54, no. 08 (2020): 1–11.

[11] Kholisoh Hayati, Claudia Candra Setyaningrum, and Siti Fatimah, "Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Limbah Nata de Coco Dengan Metode Inversi Fasa," *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan* 4, no. 1 (2020): 9–14.

[12] Yeti Rusmiati Hasanah and Haryanto, "The Effect Of Addition Calcium Carbonate (Caco3) And Clay On Mechanical And Biodegradable Plastic Properties Of Tapioca Waste," *Techno* 18, no. 2 (2017): 96–107.

[13] Eva Rahmawati, Rita Dwi Ratnani, and Laeli Kurniasari, "Plastik Biodegradable Dari Endapan Limbah Cair Tepung Tapioka Dengan Metode Melt Intercalation," no. 2015 (2018).

[14] Nathiqoh Al Ummah, "Uji Ketahanan Biodegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian (Durio Zibethinus Murr) Terhadap Air Dan Pengukuran Densitasnya" (Universitas Negeri Semarang, 2013), http://lib.unnes.ac.id/17184/.

[15] Hasanah and Haryanto, "The Effect Of Addition Calcium Carbonate (Caco3) And Clay On Mechanical And Biodegradable Plastic Properties Of Tapioca Waste."

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

Tabel 4. 10
Kandungan Limbah Padat (Ampas) dan Limbah Cair (Lindur) Industri Tapioka

Kandungan[16,17]
Pati
Protein

2. Produk Panduan Proyek Berbasis ESD Melalui Formulasi Bioplastik Berbahan Dasar Limbah Padat-Cair Industri Tapioka.

Produk panduan proyek berbasis ESD *(Education for Sustainable Development)* dihasilkan melalui formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka kemudian dilakukan uji validilitas pada 4 responden terdiri dari 1 dosen ahli materi dan 3 guru ipa. produk proyek mengarah pada KD 3.8 menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem dan KD 4.8 membuat tulisan gagasan tentang penyelesaian pencemaran lingkungan berdasarkan hasil pengamatannya.

Hasil analisis dengan koefisien reprodusibilitas dan koefisien skalabilitas menunjukan proyek bebrasis ESD yang dibuat ini valid dengan dibuktikan dengan hasil koefisien reprodusibilitas 0,95>0,90 serta hasil perhitungan koefisien skalabilitas sebesar 0,89>0,60. Koefisien reprodusibiltas angket dianggap valid apabila >0,90 dan koefisien skalabilitas dinyatakan valid karena menunjukkan >0,60.[18]

Penerapan ESD (*Education for Sustainable Development*) dalam pembelajaran proyek pada penelitian sebelumnya menyatakan mampu membangun

[16] Iñiguez- moreno, Ragazzo- sánchez, and Calderón- santoyo, "An Extensive Review of Natural Polymers Used as Coatings for Postharvest Shelf- life Extension: Trends and Challenges."

[17] Bhat, Lakshmi, and Singh, "Bioplastic from Waste : A Short Review."

[18] William Elian Gandana, "Usulan Rancangan Alat Bantu Berupa Mainan Untuk Mengoptimalkan Perkembangan Otak Anak Usia 3-5 Tahun" (UNS (Sebelas Maret University), 2020), https://digilib.uns.ac.id/dokumen/81671/Usulan-Rancangan-Alat-Bantu-Berupa-Mainan-untuk-Mengoptimalkan-Perkembangan-Otak-Anak-Usia-3-5-Tahun.

REPOSITORI IAIN KUDUS

REPOSITORI IAIN KUDUS

keterampilan berpikir kritis, membangun konsep pemahaman peserta didik yang berkaitan dengan aspke sosial, ekonomi dan lingkungan.[19] Dalam penelitian terkait juga menyatakan bahwa pengembangan LKPD berbasis ESD juga mampu membangun keterampilan argumentasi peserta didik.[20] Pernyataan lain yang serupa juga mengatakan pengembangan bahan ajar berbasis proyek dengan pendekatan ESD (*Education for Sustainable Development*) mampu meningkatkan kesadaran keberlanjutan.[21]

Dengan begitu, potensi kelayakan produk panduan proyek berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) sangat baik sebagai proyek berbasis ESD *(Education for Sustainable Development)* melalui formulasi bioplastik berbahan dasar limbah padat-cair industri tapioka. Selain itu, pengembangan proyek dengan penerapan serupa sudah banyak dilaksanakan.

[19] M Magdalena, A P Putra, and A Winarti, "The Practicality of E-LKPD Materials on Environmental Pollution to Practice Critical Thinking," *BIO-INOVED: Jurnal Biologi* ... 3, no. 3 (2021): 210–15, https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/bino/article/view/11099.

[20] 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.

[21] Yeni Setyowati et al., "The Development of Science Teaching Materials Based on the PjBL-STEM Model and ESD Approach on Environmental Pollution Materials Yeni Setyowati *, Ida Kaniawati , Siti Sriyati ," *Jurnal Pembelajaran IPA* 6, no. 1 (2022): 45–53, https://doi.org/10.24815/jipi.v6i1.23571.

REPOSITORI IAIN KUDUS