III. HASIL

3.1. Pengumpulan dan Analisis Literatur

Pengumpulan literatur dan analisis literatur diperlukan untuk memperoleh data mengenai pengolahan limbah kulit singkong menjadi plastik *biodegradable*. Berikut merupakan tabel pencarian literatur yang diperoleh:

Tabel 2. Pencarian Literatur

Situs Web	Kata Kunci	Jumlah
Google Scholar	Limbah kulit singkong	6.650
	Bioplastik	19.500
	Pati kulit singkong	5.980
	Plastik	760.000
	Kemasan *biodegradable*	3.160
	Plasticizer	255.000
Sciencedirect	*Cassava peel*	4.268
	Bioplastic	7.884
	Biodegradable packaging	42.330
	Plasticizer	1.000.000+
Elsevier	*Cassava peel*	114
	Bioplastic	53
	Biodegradable packaging	1.942

Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa hasil pencarian terbanyak ada pada *google scholar*. Dari hasil pencarian literatur di berbagai situs web tersebut diperoleh sekitar 50 jurnal yang akan di Analisa lebih lanjut lagi untuk memperoleh data yang akan digunakan dalam penelitian review ini.

3.2. Karakteristik Limbah Kulit Singkong

Limbah kulit singkong merupakan salah satu limbah alami dan dapat terurai tanpa kesulitan di alam. Limbah kulit singkong memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi sehingga jauh lebih layak untuk diolah menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat. karena sifatnya yang cepat merusak, setelah pengupasan limbah kulit singkong perlu segera diolah. Pengolahan limbah kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan yang terdiri dari keripik kulit singkong dan bahan utama pembuatan bioplastik. Dalam pembuatan plastik *biodegradable*, limbah kulit singkong perlu diolah terlebih dahulu menjadi tepung untuk mendapatkan ekstrak pati untuk kemudian dilakukan teknik tambahan untuk memasok barang dagangan berupa kemasan *biodegradable*.

3.3. Karakteristik Plastik Biodegradable Berbasis Kulit Singkong

Plastik *biodegradable* berbasis kulit singkong memiliki karakteristik yang rapuh, berwarna kecoklatan dan tidak tahan terhadap air. Oleh karena itu diperlukan penyempurnaan teknologi untuk meningkatkan karakteristik plastik *biodegradable* berbasis kulit singkong seperti kuat tarik, elongasi, daya serap air, dan transparansi warna.

3.4. Penyempurnaan Teknologi

Hasil yang didapat pada penelitian review literatur ini berupa tabulasi data karakteristik fisik dari bioplastik yang dibuat berbahan dasar pati singkong. Pati singkong yang digunakan tentunya diolah dengan berbagai bahan tambahan lain yang mendukung. Selain berbagai bahan tambahan yang digunakan, proses perlakuan yang diberikan juga berbeda di tiap jurnal yang telah di review.

Berikut hasil analisis dan tabulasi data mengenai daya serap air, modulus young dan modulus elastisitas dari artikel yang telah dipilih untuk menjadi artikel utama.

Tabel 3. Karakteristik Bioplastik (Daya Serap Air, Modulus Young, Modulus Elastisitas)

No.	Bahan Baku (%) + Pelarut	Aditif	Perlakuan Suhu + pH	Karakteristik			Pustaka
				Daya Serap Air	Modulus Young	Modulus Elastisitas	
1	7,1% pati singkong + 70% air	0,2g CaCO3 (0,28%) 20% gliserol	pengeringan 60 C	24,49%	99,79 MPa	-	(Abidin dkk, 2021)
2	70% larutan pati kulit singkong (10g pati dilarutkan dalam 100 ml air)	30% kitosan	-	25,50%	-	-	(Suryati dkk, 2016)
3	0,05% pati kulit singkong + Aquades	0,006% gliserol	-	-	-	539,00 MPa	(Siregar dkk, 2012)
4	100% larutan pati singkong (100g pati dalam 100ml aquades)	-	-	-	-		(Pulungan dkk, 2018)
5	7,14% pati singkong 88% air	Gliserol 25% dari berat pati, 4% PCC	-	-	-	465,15 MPa.	(Syafri dkk, 2017)
6	8,5% pati kulit singkong 87,5% aquades	1,5% selulosa kulit kacang tanah, 2,5 % gliserol	-	84,09%	-	-	(Budianto dkk, 2017)
7	8% pati singkong 88% air	2% selulosa dan 25% gliserol dari berat pati (2%)	gelatinisasi 90 C	33 %	36.97 MPa	-	(Sulityo dkk, 82012)
8	6% pati singkong 65% aquades	Asam asetat 25%, dan gliserol 4%	pengeringan 50ºC	-	6629.47 MPa	1057.40 MPa	(Harsojuwono dkk, 2017)
9	10,7% pati singkong 85% aquades	Gliserol 4%	pengeringan 130ºC	-	47.66 MPa (film) dan 8.6 Mpa (lembaran)	-	(La Fuente, CIA; dkk, 2022)

Berdasarkan data pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa daya serap air terbaik ada pada komposisi 7,1% pati singkong dengan penambahan dengan penambahan 0,2g

$CaCO_3$ (0,28%) dan 20% gliserol. Dimana bioplastik dengan komposisi tersebut memiliki nilai daya serap sebesar 24,49%.

Bioplastik yang baik memiliki daya serap air yang rendah. Sedangkan daya serap air tertinggi sebesar 84,09% dimiliki oleh produk bioplastik dengan komposisi 8,5% pati kulit singkong dengan penambahan 1,5% selulosa kulit kacang tanah, 2,5 % gliserol.

Pada komposisi pembuatan bioplastik lain, pada bahan baku 6% pati singkong dengan penambahan asam asetat 25%, dan gliserol memiliki nilai tertinggi modulus young sebesar 6629,47 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 1057,40 MPa. Komposisi ini diproses dengan system pengeringan dengan suhu 50°C. Produk bioplastik yang memiliki nilai modulus young terendah adalah bioplastik dalam bentuk lembaran dengan komposisi 10,7% pati singkong dengan penambahan gliserol dengan nilai 8,6 MPa. Sedangkan produk bioplastik yang memilki nilai modulus elastisitas terendah adalah bioplastik dengan komposisi 7,14% pati singkong dengan penambahan gliserol 25% dari berat pati dan 4% PCC dengan nilai 465,15 MPa.

Selain karakteristik mengenai daya serap air, modulus young dan modulus elastisitas, tentunya masih ada kararteristik bioplastik lain yang dipaparkan dalam artikel yang telah dipilih untuk menjadi artikel utama. Berikut hasil analisis dan tabulasi data dari kuat tarik, elongasi dan elastisitas bioplastik berbahan dasar pati singkong.

Tabel 4. Karakteristik Bioplastik (Kuat Tarik, Elongasi, Elastisitas)

No.	Bahan Baku (%)	Pelarut	Aditif	Karakteristik				Pustaka
				Perlakuan (Suhu + pH)	Kuat Tarik	Elongasi	Elastisitas	
1	100g pati kulit singkong	100 ml aquades	4% nanosilika sekam padi (b/b) pati	Suhu pengeringan 60 C selama 20 jam	3,4749 MPa	33,71 %.	-	(Warsiki dkk, 2020)

2	100g pati singkong	100 ml aquades	-	-	19,5333 MPa	27,47%	-	(Pulungan dkk, 2018)
3	12% pati kulit singkong	84% air distilasi	4% gliserol	Suhu pengeringan 70 C 30 menit	2,08 MPa	3,5%	-	(Sitti dkk, 2020)
4	12% pati kulit singkong (12 g)	3% asam asetat 80% aquades	4% gliserol (4ml)	Waktu pemanasan 30 menit	2,08 MPa	3,5%	-	(Akbar dkk, 2013)
5	7,1% pati singkong	70% air	0,2g CaCO3 (0,28%) 20% gliserol	Suhu pengeringan 60 C	5,82 MPa	10,34%	-	(Abidin dkk, 2021)
6	7,14% pati singkong	88% air	Gliserol 25% dari berat pati 4% PCC	-	3,38 MPa	-	-	(Syafri dkk, 2017)
7	7% pati kulit singkong	60% air	3% kitosan 30% konsentrasi sorbitol	-	1,37 MPa	-	-	Fathanah dkk, 2013
8	5% pati (kulit singkong dan limbah nasi)	100 ml air	1% limonen dan 1% gliserol	-	9,29 MPa.	-	-	(Nurviantika dkk, 2015)
9	5,5% pati singkong	100 ml aquades	gliserol 0,275%, TKKS 0,0138%	-	22,37 MPa	31,32%	-	(Widyaningrum dkk, 2020)
10	5% pati kulit singkong	aquades	glycerol 1.5%. kaffir lime essential oil (EO) 0.5% asam sitrat 0.7%	-	-	85%	-	Masruri dkkl, 2015

11	5% pati kulit singkong (10g dalam 200ml air)	air	MCC content 6% and 20% sorbitol.	-	9,12 MPa	-	-	Maulida dkk, 2016
12	8,5% pati kulit singkong	87,5% aquades	1,5% selulosa kulit kacang tanah, 2,5 % gliserol	-	2,72 MPa	8,75%	-	(Budianto dkk, 2019)
13	8% pati singkong	88% air	2% selulosa dan 25% kandungan gliserol	Suhu gelatinisasi 90°C	10.32 MPa	27.91 %	-	Sulityo dkk, 2012
14	2% pati singkong	aquades	1,75% sorbitol	-	10,138 MPa	20,7%	-	(Asngad dkk, 2020)
15	4% pati umbi singkong karet	Air distilasi	3% gliserol	-	17,20 MPa		-	
16	4% pati kulit singkong	aquades	1,5% gliserol	suhu 75C pH5	1,181 MPa	13,591%	8,744 MPa	(Harsojuwono dkk, 2019)
17	2% pati kulit pisang dan 2% pati kulit singkong	aquades	1% sorbitol, 2% kitosan	Suhu 90±2 ºC	7,02±0,75 MPa	-	-	(Febriyantoro dkk, 2014)
18	2,5% pati singkong	aquades	1% gliserol	-	1,90 MPa	8,9%	-	Akbar dkk, 2019
19	3,5% pati singkong	aquades	1% gliserol	-	2,47 MPa	3,9%	-	
20	3% pati kulit singkong	100 ml aquades	1% gliserol; 1,1% jahe merah	-	4,97 MPa	-	-	(Kanani dkk, 2017)
21	3,5% pati singkong	95% air	1,75% gliserol	-	10,35 MPa	33,9%	-	(HM.Saleh dkk, 2017)
22	3,5% pati kulit singkong	aquades	1,5% kitosan, 1 % gliserol 99%.	suhu 50C selama 6 jam	1,04 MPa	54,99%	0,019 MPa	(Epriyanti dkk, 2016)
23	3% pati kulit singkong	70% air	Konsentrasi gliserol 25% dari pati dan	-	1,14 MPa	59,14%	-	Dasumiati dkk, 2019

			2% kitosan					
24	10% pati kulit singkong	aquades	2% gliserin	-	9,12 MPa	-	-	Wibowo dkk, 2019
25	10% pati kulit singkong	aquades	5% gliserin	-	-	24,07%.	-	
26	10,7% pati singkong	Air distilasi	Gliserol 5%	pengeringan 130ºC	3.63 MPa (film) dan 1.47 MPa (lembaran)	29.16 % (film) dan 24.6 % (lembaran)	-	La Fuente, CIA; dkk. 2022
27	60% pati singkong dan 40% pati kulit singkong (6:4)g	50 ml aquades 50 ml asam asetat	Chitosan 2% dan 3% gliserol	Suhu pengeringan 57.79°C selama 5 jam	0,002 MPa	16.67%	-	Pulungan dkk, 2019
28	65% larutan pati singkong (10g pati dan 100 ml air)	air	25% gliserol dan kandungan selulosa 10%	-	14,3 MPa	1,45%	-	Intandiana dkk, 2019
29	6% pati singkong	Asam asetat 25% air	gliserol 2%	Suhu pengeringan 50ºC selama 5 jam	1057 MPa	15,95%	-	Harsojuwono dkk, 2017
30	28,5% pati singkong	55% polivinil alkohol	3% urea, 3% bedak talek, 12% gliserin	-	24.87 N/mm^2	-	-	Ezeoha, SL dan Ezenwanne, JN. 2013

Berdasarkan data pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik tertinggi pada komposisi 6% pati singkong dengan penambahan gliserol dan asam asetat 25% yaitu sebesar 1057 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik terendah dimiliki oleh komposisi 60% pati singkong dan 40% tepung pati kulit singkong dengan penambahan Chitosan 2% dan 3% gliserol dalam 50 ml asam asetat yaitu sebesar 0,002 MPa. Berdasarkan Tabel 4 ini dapat dilihat juga kebanyakan nilai kuat tarik

bioplastik yang berbahan dasar pati singkong ini memiki nilai dibawah 5MPa. Walaupun ada juga yang memiliki nilai kuat tarik lebih dari 20MPa yaitu sebesar 22,37 MPa yang dimiliki oleh komposisi 5,5% pati singkong dengan penambahan gliserol 0,275%, TKKS 0,0138% dan nilai kuat tarik 24,87 N/mm^2 yang dimiliki oleh komposisi 50% tepung singkong dengan tambahan 200% polivinil alcohol, 10% Urea, 0,4% gliserin, dan 10% bedak talek.

Nilai elongasi tertinggi mencapai 85% pada komposisi 5% pati kulit singkong dengan penambahan gliserol sebanyak 1,5% dan *kaffir lime essential oil (EO)* sebanyak 0,5% dan asam sitrat 0,7%. Sedangkan nilai elongasi terendah dimiliki oleh komposisi 75% pati singkong dengan penambahan 25% gliserol dan kandungan selulosa 10% yaitu sebesar 1,45%. Bedasarkan Tabel 4 ini dapat dilihat juga kebanyakan nilai elongasi bioplastik yang berbahan dasar pati singkong ini memiliki nilai diatas 20%. Nilai elastisitas tertinggi yaitu sebesar 8,744 MPa pada komposisi 4% pati kulit singkong dengan penambahan asam asetat (CH_3COOH) sebanyak 1% dan gliserol sebanyak 1,5%. Dan nilai elastisitas terendah sebesar 0,019 MPa pada komposisi 3,5% pati kulit singkong dengan penambahan 1,5% kitosan dan 1 % gliserol 99%. Dari banyaknya jurnal, hanya sedikit jurnal yang mengguji nilai elastisitas bioplastik yang berbahan dasar pati singkong.

3.5. Kecepatan Biodegradasi Bioplastik

Selain berupa tabulasi data karakteristik fisik dari bioplastik yang dibuat berbahan dasar pati singkong, didapatkan juga data tentang lama waktu yang dibutuhkan bioplastik ini untuk terurai. Pati singkong yang digunakan tentunya diolah dengan berbagai bahan tambahan lain ini juga memiliki waktu atau kecepatan terurai yang berbeda di tiap artikelnya. Tentunya waktu atau kecepatan bioplastik terurai ini dipengaruhi oleh komposisi penyusunnya.

Berikut hasil analisis dan tabulasi data mengenai kecepatan biodegradasi dari artikel yang sudah dipilih untuk menjadi artikel utama.

Tabel 5. Kecepatan Biodegradasi Bioplastik

No.	Bahan	Pelarut	Aditif	Perlakuan	Kecepatan Biodegradasi	Pustaka
1	Pati kulit singkong 12%	Air distilasi	Gliserol 4%	-	14 hari	Sitti dkk, 2020
2	Pati singkong 5%	Aquades	Sorbitol 30%	Pemanasan 70-80C. Suhu pengeringan 50C 6jam.	tanah 7 hari kompos 10 hari	Nafilah dkk, 2019
3	Pati singkong 5%	Aquades	Gliserol 20%	Pemanasan 70-80C. Suhu pengeringan 50C 6jam.	tanah 12 hari kompos 10 hari	
4	Pati kulit singkong 70%	100 ml asam asetat	30% kitosan dan 3ml gliserol	suhu 61,03C waktu 117 mnt	14 hari	Suryati dkk, 2016
5	100% larutan pati singkong (10g pati dalam 100 ml air)	Air	-	-	14 hari	Pulungan dkk, 2018
6	8,5 % pati kulit singkong	Aquades	1,5% selulosa kulit kacang tanah, 2,5% gliserol	-	8 hari	Budianto dkk, 2019
7	4% pati kulit singkong	Aquades	asam asetat (CH3COOH) 1%, gliserol 1,5%	suhu 75˚ dan pH5 dengan EM4	2 hari	Harsojuwono dkk, 2019
8	5g pati kulit singkong	Air distilasi (100 ml)	5g MCC	-	14 hari (55.46 %)	Abel dkk, 2021.
9	10% pati kulit singkong	Aquades	2% gliserin	-	28 hari	Wibowo dkk, 2019
10	60% pati singkong dan 40% tepung pati kulit singkong (6:4)	50 ml asam asetat 50 ml aquades	Chitosan 2% dan 3% gliserol	suhu pengeringan 57.79°C selama 5 jam	12 hari 58.30%	Pulungan dkk, 2019
11	6% pati singkong	65% air	Asam asetat 25%, dan gliserol 4%	Suhu pengeringan 50ºC selama 5 jam	7 hari	Harsojuwono dkk, 2017
12	85% larutan pati kulit singkong (10g pati dalam 100 ml aquades)	Aquades	15% selulosa kulit kacang tanah	-	8 hari	Budianto, 2019
13	86% larutan pati kulit singkong (10g pati dalam 100 ml air)	Air	7% kitosan dan 7 % gliserol	-	15 hari	Pujiono dkk, 2002

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa kecepatan biodegradasi bioplastik tercepat adalah selama 2 hari yang dimiliki oleh komposisi 4% pati kulit singkong dengan penambahan 1,5% gliserol dan 4% pati singkong dengan penambahan asam asetat 1% dan gliserol 1,5%. Sedangkan kecepatan biodegradasi terendah yaitu selama 28 hari yang dimiliki oleh komposisi 10% pati kulit singkong dengan penambahan 2% gliserin. Kecepatan biodegradasi bioplastik ini tentunya dipengaruhi juga oleh faktor dari lingkungan. Normalnya bioplastik ini terdegradasi berkisar selama 7 hingga 14 hari. Penambahan gliserol pada pembuatan bioplastik memiliki rata-rata kecepatan biodegradasi selama lebih dari 10 hari dengan konsentrasi penggunaannya yang berbeda. Pada penambahan sorbitol juga memiliki waktu biodegradasi yang sama yaitu kurang lebih selama 10 hari. Pada produk bioplastik yang memiliki bahan utama 100% pati singkong tanpa penambahan zat lain memiliki waktu biogedradasi selama 14 hari.

3.6. Penggunaan Zat Aditif

Hasil berikutnya yang didapatkan adalah penggunaan bahan tambahan selain bahan baku pati singkong sebagai bahan utama. Artikel yang berbeda dapat memiliki komposisi penggunaan bahan tambahan yang sama atau berbeda. Berikut analisis dan tabulasi data tentang jenis bahan tambahan dan fungsinya yang digunakan dari artikel yang sudah dipilih untuk menjadi artikel utama.

Tabel 6. Jenis Bahan dan Fungsi Zat Aditif yang Digunakan

No.	Jenis Bahan	Fungsi	Pustaka
1	Gliserol/Gliserin	Mencegah perkembangan mikroba, meningkatkan nilai elongasi & meningkatkan elastisitas, memberi sifat jernih, transparan.	Pujiono & Ati (2020)
2	Sorbitol	Menurunkan permeabilitas oksigen bioplastik	(Widyaningsih dkk, 2012)
3	Kitosan	Mencegah perkembangan mikroba, anti bakteri, biodegrabilitas, meningkatkan kekuatan.	Pujiono & Ati (2020)
4	CaCO3	Memperkuat struktur, memberi kekakuan, dan mengurangi kelarutan.	(Widyaningsih dkk, 2012)
5	Limonen	Menjadikan bioplastik halus dan jernih	(Nurviantika dkk, 2015)
6	ZnO	Menjadikan bioplastik transparan, bersih, homogen, elastis, sebagai penguat.	(Harunsyah dkk, 2015)
7	Microcrystalline cellulose (MCC)	Memicu kepadatan yang lebih rendah, sehingga membuat film menjadi kemasan biomaterial yang baik.	(Abel dkk, 2021)
8	kafir lime EO	Anti bacterial, antioksidan, meningkatkan elastisitas, kestabilan, kekuatan, kehalusan, dan integritas permukaan bioplastik.	(Masruri dkk, 2015)
9	Nanosilika sekam padi	Sebagai bahan penguat (meningkatkan kuat Tarik) dan meningkatkan ketebalan.	(Warsiki dkk, 2020)
10	Polivinil alcohol	Sebagai perekat, untuk pengemulsi, pensuspensi, dan pengentalan larutan.	(Ezeoha, SL dan Ezenwanne, JN. 2013)
11	Urea	sebagai agen penghubung silang, yaitu untuk membuat pati dan PVA kompatibel.	(Ezeoha, SL dan Ezenwanne, JN. 2013)
12	Bedak talek	Sebagai pelumas, ini digunakan untuk memudahkan aliran campuran dalam ekstruder.	(Ezeoha, SL dan Ezenwanne, JN. 2013)
13	Selulosa kulit kacang tanah	Sebagai peningkat kekuatan bioplastik dan merapatkan ikatan antarmolekul.	(Budianto, 2019)

14	Brazilian propolis	Sebagai antioksidan dan antimikroba.	(Bertotto dkk, 2022)

Berdasarkan Tabel 6 di atas dapat dilihat bahwa setiap bahan aditif memiliki fungsi yang berbeda-beda pada pembuatan bioplastik ini. Gliserin, kitosan, *kafir lime EO* dapat digunakan sebagai antimikroba. Limonen dan gliserin dapat memberi sifat jernih dan transparan pada bioplastik. Ada juga bahan aditif yang digunakan untuk menunjang kelancaaran proses pembuatan bioplastik diantaranya adalah penggunaan bedak talek. Dan bahan lainnya dapat digunakan sebagai penguat dan peningkat karakteristik bioplastik seperti kuat tarik, elongasi, elastisitas, dan lainnya.