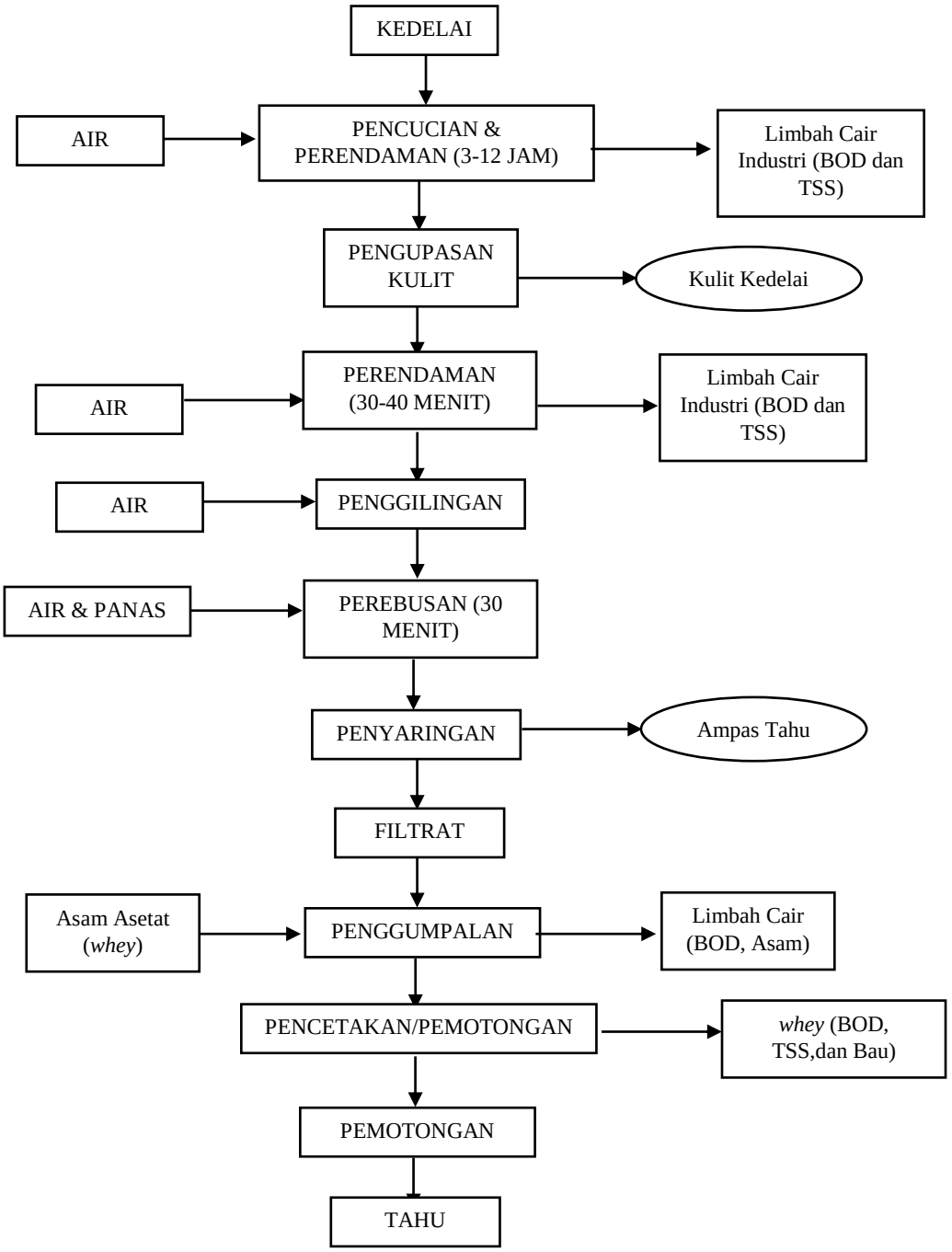
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Produksi Tahu

Proses produksi tahu dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tahapan Proses Produksi Tahu [21]

Pembuatan tahu menggunakan prinsip utama yaitu penggumpalan (pengendapan) protein susu kedelai. Limbah cair dari industri tahu sebagian besar dihasilkan oleh cairan kental yang disebut air dadih (*whey*), sedangkan sumber lainnya didapat dari proses pencucian kedelai, pemasakan, pencucian peralatan, dan air bekas rendaman kedelai [22].

2.2 Sumber Limbah Industri Tahu

Ada dua bentuk limbah yang dihasilakan pada industri tahu, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang berasal dari proses pencucian kedelai pada umumnya tidak terlalu banyak, hanya sekitar 0,3% dari bahan baku kedelai, sedangkan terdapat limbah ampas tahu sebesar 25-35% dari total produk tahu yang dihasilkan dari proses penyaringan bubur kedelai [23]. Produksi tahu menghasilkan limbah cair dari proses pencucian kedelai, perendaman, penyaringan dan juga pencetakan tahu. Pembuatan tahu menghasilkan limbah cair yang sebagian besar berupa cairan kental yang disebut dengan *whey*. Kandungan protein pada *whey* sangat tinggi dan mudah terurai, selain itu limbah ini sering kali dibuang ke lingkungan secara langsung tanpa adanya pengolahan sehingga dapat menghasilkan bau yang busuk dan dapat mencemari lingkungan sekitarnya.

2.3 Plastik

Produk yang tidak mudah terurai dan kini banyak digunakan serta memiliki potensi pencemaran terhadap lingkungan disebut plastik. Sifat *nonbiodegradable* pada plastik mengakibatkan plastik tidak bisa terdegradasi oleh mikroorganisme [24]. Penghasil sampah plastik dilaut kedua di dunia adalah Indonesia, yaitu mencapai 187,2 juta ton [25]. Bahan kimia berbahaya banyak terkandung dalam plastik diantaranya *Etilen oksida*, *xylane*, *benzene*, dan alkilfenol yang dinyatakan beracun memiliki dampak buruk bagi lingkungan dan kehidupan makhluk hidup [26].

Kehidupan manusia memerlukan bahan yang disebut dengan plastik sintetik, dan kini telah menjadi industri yang berkembang dengan pesat. Plastik memiliki keunggulan diantaranya transparan, fleksibel, tidak mudah pecah, tidak korosif, dan mudah dikombinasikan dengan kemasan yang lain. Selain memiliki kelebihan

plastik juga memiliki kelemahan yaitu tidak dapat dihancurkan secara alami (*non biodegradable*) sehingga dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Oleh karena itu plastik yang digunakan tidak bisa secara luas dipertahankan, karena masalah lingkungan yang ditimbulkan akan semakin besar dan akan mengganggu kesehatan makhluk hidup di waktu yang akan datang.

Butuh waktu hampir ratusan tahun untuk menguraikan plastik sintetik secara sempurna. Jika dibandingkan dengan penggunaan plastik yang semakin meningkat dengan seberapa lama waktu plastik untuk terurai maka dapat terbayangkan dampak-dampak yang disebabkan oleh limbah plastik yang dibuang ke lingkungan. Plastik menghasikan racun selanjutnya terkandung didalam tanah dan akan menyebabkan hewan pengurai yaitu cacing akan terbunuh, hal ini akan menurunkan sifat kesuburan pada tanah. Penyumbatan sungai dan banjir dapat terjadi karena sampah plastik yang semakin menumpuk, selain itu plastik yang dibakar dapat menyebabkan gangguan pernapasan, penyakit kanker, hepatitis dan gangguan sistem saraf [27].

2.4 Bioplastik

Hampir dari seluruh bahan pembuat bioplastik dapat diperbarui, diantaranya minyak nabati, pati, dan mikrobiota. Bioplastik berasal dari bahan alam yang melimpah dan tidak beracun, bahan ini memiliki sifat biodegradibilitas yang tinggi dan berpotensi menjadi bahan dalam membuat bioplastik [28]. Bioplastik biasanya digunakan untuk serat aplikasi, kemasan, dan pelayanan makanan sekali pakai [29].

Bioplastik dapat dengan mudah dihancurkan dengan cara alami. Menurut bahan yang digunakan, bioplastik dibedakan menjadi dua yaitu bioplastik dengan bahan baku petrokimia dan bioplastik dengan bahan baku yang berasal dari tanaman seperti pati dan selulosa [30]. Bioplastik dapat ditambahkan dengan bahan makanan dan substansi lain guna meningkatkan kualitas warna, tekstur produk, dan aroma. Selain itu produk lain seperti asam benzoat, asam sorbat, potassium sorbat, natrium benzoat, dapat digunakan untuk mengontrol pertumbuhan mikroba. Untuk meningkatkan kestabilan dan mempertahankan warna dan gizi

makanan dengan mencegah degradasi, ketengikan dan pemudaran warna ditambahkan asam sitrat pada bioplastik [29].

Biopolimer yang menjadi bahan dasar pembuatan bioplastik dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

a) Campuran biopolimer dengan polimer sintetis: menggunakan campuran bahan pati (5-20%) serta polimer sintesis dan bahan tamabahan. Campuran polimer ini memiliki nilai biodegradibilitas yang rendah.
b) Polimer mikrobiologi (poliester): dihasilkan dengan cara fermentasi dengan bantuan mikroba dengan genus *Alcaligene.* Selain itu polimer ini dapat didegradasi oleh bakteri, alga, dan jamur. Akan tetapi harga bioplastik dari bahan ini relatif mahal karena proses produksi bahan dasarnya yang rumit.
c) Polimer pertanian: diperoleh secara murni dari pertanian dan tidak dicampur dengan bahan sintesis lainnya. Contoh dari polimer ini yaitu selulosa, kitin, dan pullulan. Dengan sifat termoplastik, polimer ini memiliki kemampuan untuk dibentuk menjadi bioplastik. Polimer ini memiliki kelebihan yaitu tersedia sepanjang waktu dan mudah hancur dengan cara alami. Sedangkan kekurangan dari polimer ini yaitu mampu menyerap air dalam jumlah tinggi dan tidak dapat dilelehkan tanpa bantuan zat aditif [29].

Bioplastik dapat dibuat dengan berbagai metode, biasanya diproduksi dengan skala industri dengan bahan berupa pati maupun minyak bumi [31]. Cara yang lebih mudah yaitu menggunakan nata sebagai bahan pembuatan bioplastik. Bioplastik dari nata ini memerlukan bahan dasar air cucian beras [32], air kelapa [33], dan air limbah tahu [34]. Standar mutu untuk bioplastik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Mutu Bioplastik [35]

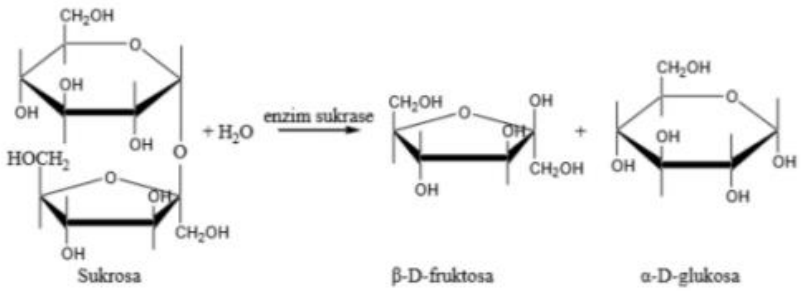
No	Karakteristik	Nilai
1.	Persen elongasi (%)	10-20%
2.	Kuat Tarik (Mpa)	1-10 Mpa
3.	Biodegradasi	100 % dalam 60 hari

2.5 Nata

Nata memiliki wujud sel yang berwarna putih sampai abu-abu muda, selain itu memiliki tekstur seperti kolang-kaling yang kenyal. Nata biasanya dapat dibuat dengan menggunakan sari buah, air kelapa, dan limbah cair tahu [34]. Pada dasarnya, bahan yang digunakan untuk membuat nata harus memiliki kandungan karbohidrat yang cukup sebagai tempat pertumbuhan bakteri. Nata dibuat dari lendir yang dilepaskan oleh *Acetobacter xylinum,* karena gula yang ditambahkan pada pembuatan nata akan mengkasilkan sekresi metabolisme yang dapat membentuk selulosa. Benang-benang dan polisakarida berlendir membentuk jalinan secara terus-menerus sehingga menjadi lapisan nata atau terbentuk selulosa. Setelah 24 jam waktu inkubasi, nata sudah dapat terlihat pada permukaan media, hal ini bersamaan dengan penjernihan cairan medium yang ada dibawahnya. *Acetobacter xylinum* menghasilkan Gas CO_2 dan menyebabkan pengapungan ke permukaan [36]. Memiliki karakteristik yang serupa dengan kulit manusia menyebabkan selulosa dapat digunakan dengan baik untuk pengobatan luka bakar [37].

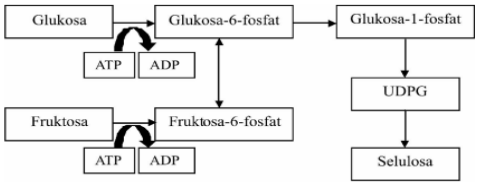
2.6 Tahap Pembentukan Selulosa oleh Bakteri

Gula memiliki peran penting sebagai sumber nutrisi bagi *Acetobacter xylinum* dalam pembentukan selulosa. Sukrosa didapatkan pada gula pasir dari tebu sebagai sumbernya, kemudian dapat terhidrolisis dan terpecah menjadi fruktosa dan glukosa. Gula invert merupakan hasil yang didapatkan dari hidrolisis [38]. Sukrosa dapat diubah menjadi fruktosa dan glukosa oleh enzim sukrase. Reaksi hidrolisis pada sukrosa dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Reaksi Hidrolis Sukrosa [32]

Glukosa diubah menjadi glukosa-6-fosfat dengan bantuan ATP (*adenosine triphosphat*) dengan melibatkan enzim heksokinase, proses ini dilakukan setelah proses hidrolisis berlangsung. Alur pembentukan selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.3.

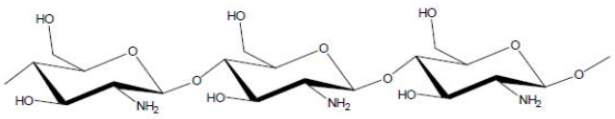


Gambar 2.3 Alur pembentukan selulosa [39]

2.7 Kitosan

Kitosan pertama kali ditemukan oleh Hoppe Seyler pada tahun 1894 yang merupakan turunan kitin. Kalium hidroksida digunakan untuk merefluks kitin dengan proses destilasi [33]. Limbah hasil laut dapat menghasilkan kitin. Diantaranya udang sekitar 42-57%, kerang 14-35%, dan kepiting 50-60%. Udang diperoleh dengan mudah, sehingga sintesis kitin menjadi kitosan lebih banyak menggunakan limbah udang [40].

Rumus molekul kitosan adalah $(C_6H_{11}NO_4)n$ dapat diperoleh dari deasetilasi kitin, dimana kitin merupakan senyawa organik yang jumlahnya melimpah di alam. Kitosan dapat diperoleh dari hewan invertebrata dari kelompok *Molusca sp, Arthopoda sp, Annelida sp, Nematoda sp, Coelenterata sp,* dan sebagian kelompok jamur. Kitosan juga dapat ditemukan pada bagian dinding usus dan pada kulit cumi-cumi serta insang ikan. Kitosan berasal dari sumber utama yaitu cangkang *Crustaceae sp,* seperti kepiting, lobster, udang, dan hewan laut lainnya yang memiliki cangkang [41]. Struktur kimia kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.4.

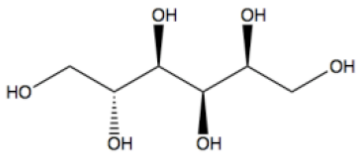


Gambar 2.4 Struktur Kitosan [41]

Kitosan memiliki bentuk serpihan dan berwarna putih kekuningan, serta tidak memiliki rasa dan bau. Didalam air kitosan tidak dapat larut, dan dapat larut menggunakan asam sulfat, alkohol, basa kuat, aseton, dan dapat larut pada asam nitrat, asam klorida, asam asetat 1%-2%, dan dapat dengan mudah larut dalam asam format 0,2%-1,0%. Kitosan bersifat basa karena terdapat gugus amino (NH_2) yang jumlahnya lebih banyak daripada kitin. Asam asetat, asam format, dan asam glutamat merupakan pelarut yang sangat baik untuk kitosan [42]. Kitosan dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin karena memiliki sumber yang melimpah dan dapat diperbarui. Kitosan juga bersifat *biodegradable* sehingga dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian. Kitosan yang ditambahkan pada tanaman dapat memiliki ketahanan terhadap jamur. Kitosan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben/pengkhelat logam [42].

2.8 Sorbitol

Sorbitol memiliki rumus kimia $C_6H_{14}O_6$ yang merupakan alkohol gula yang dapat larut didalam air. Tubuh manusia dapat memetabolismekan sorbitol secara perlahan. Tingkat kemanisan sorbitol hampir sama dengan 0,5-0,7 tingkat kemanisan sukrosa yang memiliki nilai kalori sebesar 2,6 kkal/g atau setara dengan 10,87 kJ/g. Struktur kimia sorbitol dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Kimia Sorbitol [43]

2.9 Karakterisasi Bioplastik

2.9.1 Uji Kuat Tarik (*Tensile streght*)

Kuat tegangan optimal yang dapat ditahan oleh bahan pada saat ditarik atau direnggangkan disebut *strength* atau kekuatan. Jumlah pemlastis yang ditambahkan pada saat pembuatan bioplastik berhubungan dengan hasil pengukuran yang didapatkan [44]. Dalam proses pengujiannyam sampel akan ditarik hingga bahan tersebut putus.

Sifat suatu bahan dapat diketahui dengan melakukan pengujian terhadap bahan tersebut. Cara pengujian sifat mekanik yang paling mendasar yaitu pengujian kuat tarik. Pengujiannya telah mengalami standarisasi di seluruh dunia, sederhana, dan tidak mahal. Reaksi bahan terhadap tenaga tarikan dapat diketahui dengan menarik suatu bahan, serta dapat diketahui sejauh mana bahan tersebut bertambah panjang. Alat yang digunakan untuk pengujian kuat tarik harus memiliki cengkeraman yang kuat [45].

Dalam proses pengujian ini akan terbentuk kurva, dimana kurva ini menunjukkan hubungan antara perubahan panjang dengan gaya tarik, yang menjadi fokus pada pengujian ini adalah kemampuan suatu bahan secara maksimum pada saat menahan beban. Kemampuan ini biasa disebut dengan UTS yang merupakan singkatan dari *Ultimate Tensile Strenght*, dan dalam Bahasa Indonesia disebut dengan tegangan tarik maksimum [44].

Semakin besar jumlah kitosan yang ditambahkan pada pembuatan bioplastik, maka nilai kuat tarik yang dihasilkan pada saat pengujian akan semakin besar [46]. Hal ini dikarenakan ikatan hidrogen yang semakin banyak pada pembuatan bioplastik akan mengakibatkan ikatan kimia yang ada akan semakin kuat dan bioplastik yang dihasilkan akan lebih sulit untuk putus serta energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan kimia pada bioplastik semakin besar. Alat untuk pengujian kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Gambar 2.6 Alat Uji Kuat Tarik [47]

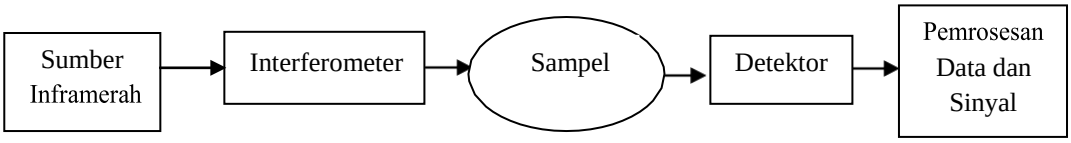
2.9.2 Uji Elongasi (Persen Pemanjangan)

Pada saat mulai putus, terjadi pemanjangan maksimal bioplastik yang disebut dengan elongasi. Tujuan dilakukannya pengujian ini agar kemampuan bioplastik yang dihasilkan dapat diketahui, yaitu rentang putus bioplastik. Apabila nilai rentang yang dihasilkan bioplastik semakin tinggi, maka bioplastik akan semakin

baik, sebaliknya jika nilai rentang pada bioplastik semakin rendah maka bioplastik dikatakan kurang baik [48]. Persen dari panjangnya benda yang diuji dinyatakan dengan persen elongasi. Pada saat benda yang diuji persen pemanjangannya, bahan akan putus pada saat inilah disebut dengan *Percent elongation at break*, pengukurannya sama dengan cara yang dilakukan pada saat mengukur kekuatan tarik yaitu dengan ketentuan model *Ultimate Tensile Machine* (UTM).

2.9.3 Uji FTIR (*Fourier Transform InfraRed*)

Spektroskopi inframerah digunakan dalam metode FTIR. Radiasi *infrared* akan dilewatkan ke sampel, kemudian sebagian akan diserap oleh sampel dan sebagian lagi akan ditransmisikan. Analisis menggunakan FTIR ini bertujuan untuk mengetahui proses yang terjadi pada saat pembuatan bioplastik, apakah pencampuran secara fisik atau kimia. Sampel akan diletakkan pada *set holder* untuk selanjutnya dicari spektrum yang sesuai. Kemudian akan didapatkan hubungan dantara intensitas dengan bilangan gelombang [49]. Kemampuan analisis Spektroskopi FTIR atau *Fourier Transform Infrared* lebih baik hasilnya dari sistem IR konvensional, dimana lebih baik dalam hal kecepatan pengolahan data, dan sensitivitas. Komponen dasar instrumen FTIR ditunjukkan dengan skema sebagai berikut:



Dalam molekul polimer terdapat ikatan C-O, C=O, C-C. C=C yang memiliki frekuensi vibrasi yang berbeda-beda, hal ini dapat diketahui melalui identifikasi karakteristik yang berperan sebagai puncak absorbsi pada spektrum IR [50]. Perlu dilakukan pengamatan untuk mengetahui spektrum serapan, dimana produk polimer meiliki gugus fungsi yang terdapat pada bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1}. Selulosa memiliki ciri yaitu adanya gugus hidroksil dan ikatan C-O glikosidik [51]. Sedangkan kitosan memiliki ciri yaitu adanya gugus amina sehingga ada serapan pada daerah tertentu [33]. Alat uji FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Gambar 2.7 Alat Uji FTIR [47]

2.9.4 Uji Daya Serap dan Ketahanan Air

Daya serap air pada plastik konvensional pada umumnya sebesar 1% dengan ketahanan air sebesar 99%, sehingga sangat efektif digunakan sebagai pembungkus makanan yang mengandung banyak air. Uji daya serap dan ketahanan air ini sangat diperlukan untuk mengetahui apakah sifat bioplastik yang dihasilkan sudah mendekati sifat plastik konvensional yang biasa digunakan atau belum. Plastik kini digunakan untuk kegiatan yang beragam, maka plastik harus mempunyai ketahanan air yang tinggi. Persen serapan air pada bioplastik dihitung dengan persamaan:

$$\text{Serapan air (\%)} = \frac{W - W_o}{W_o} \text{ x } 100\%$$

Dimana W adalah massa bioplastik setelah dilakukan perendaman dan W_o adalah massa bioplastik awal.

2.10 Penelitian Terdahulu

Adanya penelitian terdahulu yang digunakan bertujuan untuk mendapatkan perbandingan dan acuan, selain itu juga agar tidak ada anggapan kesamaan pada penelitian yang dilakukan. Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Tahun	Uji Karakteristik	Bahan yang digunakan	Hasil penelitian
1.	Bambang Rahadi, Putri Setiani, Robert Antonius	Karakteristik Bioplastik Berbahan Dasar Limbah Cair Tahu (*Whey*) dengan Penambahan Kitosan dan Gliserol	2020	1. Uji ketebalan 2. Uji kuat tarik 3. Uji perpanjangan putus 4. Uji modulus elastisitas 5. Uji daya serap air	1. Selulosa 2. Kitosan 3. Gliserol	Variasi terbaik yang diperoleh melalui penelitian ini adalah variasi K2G2 (kitosan 2,3 gram dan sorbitol 1,5 ml), rata-rata ketebalan, modulus elastisitas, daya serap air, kuat tarik, dan perpanjangan putus berturut-turut adalah 0,05625 mm, 0.0036 $kgf.cm^{-2}$, 26.08%, 0.1625 $kgf.cm^{-2}$, dan 45%.
2.	Isra Syura	Pembuatan dan Karakterisasi Film Bioplastik Pati Porang (*Amorphophallus, SP)* dan Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol	2020	1. Uji ketebalan 2. Uji densitas 3. Uji kuat tarik 4. Uji elongasi 5. Uji daya serap air 6. Uji SEM 7. Uji FTIR	1. Pati 2. Kitosan 3. Sorbitol	Perbandingan pati porang dan kitosan 50% : 50% dan volume sorbitol 60% memiliki komposisi terbaik dengan hasil ketebalan 0,02 mm, kuat tarik 10,433 Mpa, elongasi 19,564%, daya serap air 20% dan rapat massa 6,363 g/cm^3. Gugus fungsi yang terbentuk yaitu O-H, N-H, dan C-H.
3.	Ismat Najih	Sintesis Plastik	2019	1. Uji kuat tarik	1. Kitosan	Dengan ditambahkannya minyak sereh kedalam

		Biodegradable Berbahan Kitosan, Arang Manggis dan Minyak Sereh		2.Uji FTIR 3.Uji biodegradasi 4.Uji daya serap air	2. Arang manggis 3. Minyak sereh	bioplastik nilai kuat tarik yang dihasilkan akan semakin besar. Pada variasi bioplastik dengan bahan dasar kitosan sebanyak 1 g, minyak sereh 1 g, dan arang manggis 0,2 g, akan mengkasilkan nilai kuat tarik sebesar 1,875 Mpa.
4.	Moh Ikhsanuddin DG M	Penentuan Konsentrasi Optimum Selulosa Ampas Tebu (*Baggase*) dalam Pembuatan Film Bioplastik	2017	1. Uji kuat tarik 2. Uji elongasi 3. Uji FTIR	1. Selulosa ampas tebu 2. Kitosan 3. Sorbitol	Variasi optimum yang dihasilkan pada bioplastik ini yaitu dengan konsentrasi selulosa 2% dengan penambahan kitosan dan sorbitol menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 0,089 Kgf/cm^2 dan nilai persen pemanjangan 15,90 %.