

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biji Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*)



Gambar 2.1 Biji Nangka (Purbasari dkk, 2014)

Nangka atau *Artocarpus heterophyllus* merupakan buah yang banyak ditemukan di Indonesia. Nangka merupakan salah satu buah yang banyak tumbuh di daerah beriklim tropis. Nangka memiliki duri yang lunak tetapi tidak tajam dan pendek. Di dalam buah nangka terdapat daging buah, dami (jerami), dan biji. Daging buah dan dami nangka banyak dimanfaatkan dalam pembuatan aneka makanan sedangkan biji nangka kebanyakan hanya menjadi limbah (Basuki dkk, 2021).

Biji nangka berwarna coklat muda, berbentuk oval dengan panjang 2-3 cm dan diameter 1-1,5 cm. Dalam satu buah nangka terdapat sekitar 100-500 biji nangka (Khan dkk, 2021). Berat biji nangka sekitar 8-15% dari berat buahnya. Biji nangka terdiri dari tiga lapisan kulit, yakni kulit luar berwarna kuning yang sedikit lunak, kulit berwarna putih, dan kulit ari berwarna coklat. Kulit ari yang berwarna coklat disebut spermoderm. Spermoderm berfungsi menutupi kotiledon yang berwarna putih. Kotiledon ini mengandung pati yang tinggi. Biji nangka mengandung pati yang cukup tinggi yaitu sekitar 40-50%. Oleh karena itu, biji nangka berpotensi sebagai bahan pembuat bioplastik daripada dibuang dan hanya menjadi limbah (Purbasari dkk, 2014).

2.1.1 Klasifikasi Tumbuhan Nangka

Kedudukan taksonomi tanaman nangka dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Rukhmana, 1997):

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub-divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Morales</i>
Famili	: <i>Moraceae</i>
Genus	: <i>Artocarpus</i>
Spesies	: <i>Artocarpus heterophyllus Lamk.</i>

2.1.2 Kandungan dan Manfaat Biji Nangka

Biji nangka memiliki banyak kandungan yang bermanfaat seperti mineral dan vitamin. Kandungan mineral yang ada pada biji nangka antara lain kalsium, fosfor, dan zat besi. Selain itu, biji nangka juga mengandung vitamin B1 dan vitamin C. (Basuki dkk, 2021). Komposisi kimia biji nangka dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Biji Nangka Per 100 Gram

No.	Komponen	Kadar
1.	Protein	4,2 g
2.	Lemak	0,1 g
3.	Karbohidrat	36,7 g
4.	Kalsium	33 mg
5.	Fosfor	1 mg
6.	Besi	200 mg
7.	Vit B1	0,2 mg
8.	Vit C	10 mg
9.	Air	57,7 g

(Basuki dkk, 2021)

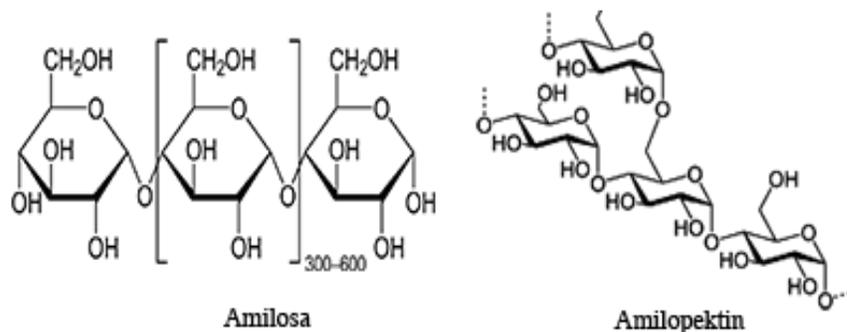
Selain memiliki kandungan mineral dan vitamin, biji nangka juga dikenal dengan fitonutriennya seperti lignan, isoflavon, dan saponin yang merupakan senyawa antioksidan. Antioksidan adalah komponen yang dapat mencegah atau menghambat oksidasi lemak, asam nukleat, atau molekul lainnya dengan mencegah inisiasi atau

perkembangan dari reaksi berantai. Antioksidan mempunyai kemampuan untuk membantu melawan efek radikal bebas yang dapat merusak sel. Selain itu, fitokimia dalam biji nangka juga dapat mencegah pertumbuhan sel kanker. Manfaat lain dari biji nangka adalah dapat mencegah terjadinya anemia karena terdapat kandungan zat besi di dalamnya (Halimzikri, 2017).

2.2 Pati

Pati merupakan polisakarida yang ditemukan dalam sel tumbuhan dan beberapa mikroorganisme. Pati yang terdapat dalam sel tumbuhan berbentuk granula (butiran) dengan diameter beberapa mikron. Granula pati mengandung campuran dari dua polisakarida berbeda, yaitu amilosa dan amilopektin (Maladi, 2019).

Amilosa dan amilopektin merupakan dua komponen utama penyusun pati. Amilosa merupakan komponen dengan rantai lurus, mempunyai rangkaian panjang dari unit α -D-glukosa yang terikat bersama-sama melalui ikatan α -1,4 glikosida sedangkan amilopektin tersusun melalui ikatan α -1,4 glikosida dan ikatan cabang α -1,6 glikosida sehingga mempunyai struktur rantai bercabang (Maladi, 2019). Struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Molekul dari Komponen Pati (Maladi, 2019)

Amilosa memberikan sifat keras sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Konsentrasi kedua komponen ini nantinya akan mempengaruhi sifat mekanik dari polimer alami yang terbentuk. Oleh karena itu, dalam penggunaan pati sebagai bahan bioplastik diperlukan bahan tambahan agar bioplastik yang dihasilkan sesuai dengan standar (Jabbar, 2017).

Pati memiliki sifat yang tidak larut dalam air pada suhu ruang, bersifat tawar, dan tidak berbau. Pati biasanya dimanfaatkan untuk bahan baku dalam industri makanan, obat-obatan serta produk non pangan seperti tekstil, kemasan, deterjen, dan sebagainya (Martunis, 2012). Cara mendapatkan pati tidaklah sulit. Beberapa metode pengambilan pati diantaranya yaitu:

a. Ekstraksi pati

Pati diperoleh melalui proses ekstraksi karbohidrat yaitu setelah dilakukan pengecilan ukuran melalui *grinding* kemudian ekstrak dengan memakai pelarut (biasanya air) untuk mengeluarkan kandungan patinya dengan cara sedimentasi atau pengendapan yang selanjutnya dikeringkan dengan lama waktu tertentu untuk mendapatkan pati yang siap digunakan (Martunis, 2012)

b. Hidrolisis Pati

Proses hidrolisis merupakan pemecahan rantai polisakarida menjadi monomernya dengan menggunakan air. Tetapi reaksi hidrolisis antara air dan pati jalannya sangat lambat sehingga diperlukan bantuan katalisator untuk memperbesar keaktifan air. Katalisator yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat dan asam sulfat (Kristiani, 2015).

c. Metode Isolasi

Isolasi pati dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain metode alkalin merupakan metode yang paling sederhana di antara metode-metode yang lain dan menggunakan pelarut yang mudah didapat. Bahan baku yang digunakan pada metode ini adalah beras, di mana cara kerjanya yaitu dengan merendam bahan baku dengan pelarut yang telah ditentukan (Jabbar, 2017).

2.3 Ethylene Glycol

Ethylene glycol (1,2-etanediol) memiliki rumus molekul $C_2H_6O_2$ dan biasa disebut senyawa diol sederhana. Senyawa diol merupakan senyawa yang mempunyai dua gugus hidroksil (OH) (Wiesfeld dkk, 2019). *Ethylene glycol* dan glikol lain relatif tidak beracun. *Ethylene glycol* bersifat toksik apabila dikonsumsi, sebagian besar efek toksik *ethylene glycol* disebabkan oleh asidosis metabolik (Garg dkk, 2019). Sifat fisika

ethylene glycol dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat Fisik *Ethylene Glycol*

No	Parameter	Spesifikasi
1.	Bentuk	Cair
2.	Warna	Jernih, tak berwarna
3.	Berat molekul (BM)	62,07 gr/mol
4.	Densitas	1,1132 gr/mL
5.	Titik didih	197,4 C
6.	Titik lebur	-13 C

(Humairoh, 2019)

Ethylene glycol adalah bahan kimia yang digunakan untuk tujuan anti beku dan sebagai bahan baku untuk produksi serat poliester (Wiesfeld dkk, 2019). *Ethylene glycol* juga digunakan sebagai *plasticizer* dalam pembuatan bioplastik. *Ethylene glycol* dapat meningkatkan persentase perpanjangan dan kerapuhan serta memberikan efek kaku karena volatil. Selain itu, ada penurunan kekuatan ikatan antara rantai makromolekul karena interaksi ikatan *ethylene glycol* pada rantai makromolekul yang sangat lemah menyebabkan penurunan kekuatan mekanik (Sabari dkk, 2017).

2.4 Carboxymethyl Cellulose (CMC)

Carboxymethyl Cellulose (CMC) adalah polisakarida linier anionik berasal dari selulosa dengan berat molekul tinggi. CMC adalah polimer industri yang penting dengan berbagai aplikasi seperti pembuatan deterjen, tekstil, kertas, makanan, dan obat-obatan. CMC digunakan karena memiliki viskositas tinggi, tidak beracun, dan non-alergi. Banyak gugus hidroksil dan karboksilat di CMC memungkinkan mengikat air dan kelembaban. CMC sering digunakan bersama-sama dengan pati untuk memberikan tekstur yang diinginkan, mengontrol mobilitas kelembaban, dan meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan (Putri dkk, 2017).

CMC memiliki kandungan air yang tinggi, biodegradabilitas baik, dan berbagai aplikasi karena biaya relatif murah. Karena struktur polimer dan berat molekul tinggi, CMC dapat digunakan sebagai pengisi dalam pembuatan plastik. CMC adalah selulosa eter yang dapat membentuk kualitas yang sangat baik dari plastik karena memiliki struktur rantai polimer dan berat molekul yang tinggi (Putri dkk, 2017).

2.5 Plastik

Plastik berasal dari bahasa Yunani “*Plastikos*” yang berarti bisa dibentuk menjadi bentuk yang berbeda. Plastik dibuat dari rantai panjang molekul primer. Plastik merupakan bahan yang sangat banyak diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Plastik memiliki beberapa keunggulan seperti ringan, kuat, fleksibel, dan tidak mudah pecah. Namun, plastik juga memiliki sifat yang sulit untuk diuraikan sehingga menyebabkan masalah bagi lingkungan (Coniwati dkk, 2014).

Plastik dibedakan menjadi dua jenis yaitu plastik *non-degradable* dan plastik *biodegradable*. Plastik *non-degradable* dibuat dari polimer sintesis yang berasal dari bahan baku anorganik dan organik seperti karbon, silika, hidrogen, nitrogen, oksigen dan klorida. Bahan dasar tersebut di ekstrak dari minyak bumi, batu bara dan gas alam. Jenis plastik *non-degradable* yang paling banyak digunakan adalah *polyethylene*, *Poly Ethylene Terephthalate* (PET), *Polybutylene Terephthalate* (PBT), *nylons*, *Poly-propylene* (PP), *Polystirene* (PS), *Polyvinyl Chloride* (PVC), dan *Polyurethane* (PUR) (Satriawan dan Ilmiati, 2018).

Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari sangat banyak diperlukan umumnya sebagai kantong plastik, peralatan makan dan bahan kemasan makanan atau barang. Jenis plastik yang banyak digunakan adalah plastik sintetis. Plastik sintetis memiliki sifat yang stabil dan tahan lama sehingga susah didegradasi dan terakumulasi di lingkungan. Oleh karena itu, sampah plastik menjadi salah satu penyebab masalah terbesar dunia karena penggunaannya yang berlebihan dan limbahnya sulit untuk diuraikan. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah ini adalah mengganti penggunaan plastik sintetis dengan plastik *biodegradable* (bioplastik).

2.6 Bioplastik

Bioplastik atau plastik *biodegradable* adalah salah satu upaya yang terus dikembangkan untuk mengatasi masalah lingkungan dari sampah plastik (Purnavita dkk, 2020). Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh mikroorganisme menjadi air dan gas karbondioksida setelah habis dipakai dan dibuang ke lingkungan tanpa meninggalkan zat beracun (Nurfauzi dkk, 2018).

Produk bioplastik mudah terdegradasi karena memiliki bahan dasar dari tanaman pertanian. Tanaman pertanian sebahai bahan baku di ekstraksi untuk di pisahkan antara pati, minyak, lemak dan lainnya. Pati digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik dengan di tambahkan zat antara sebagai penguat bahan bioplastik. Produk bioplastik digunakan untuk produk pangan yang kemudian setelah pemakaian dapat di timbun dalam tanah sebagai kompos untuk tanaman pertanian (Maladi, 2019).

2.6.1 Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Bioplastik

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan dalam proses pembuatan bioplastik, diantaranya temperatur, konsentrasi polimer, *plasticizer*, dan bahan tambahan (Hartatik dkk., 2014)

a. Temperatur

Perlakuan suhu diperlukan untuk membentuk bioplastik yang utuh. Tanpa adanya perlakuan panas, kemungkinan terjadinya interaksi antar molekul sangatlah kecil, sehingga pada saat dikeringkan plastik akan menjadi retak dan berubah menjadi potongan-potongan kecil. Perlakuan panas ini akan menjadikan pati tergelatinisasi sehingga terbentuk pasta pati. Temperatur gelatinisasi dari pati adalah berkisar pada 65-75°C.

b. Konsentrasi polimer

Konsentrasi pati akan sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dari bioplastik yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi pati, maka jumlah polimer penyusun matrik plastik akan semakin besar sehingga dihasilkan plastik yang tebal dan tidak rapuh.

c. *Plasticizer*

Plasticizer merupakan bahan non-volatil yang ditambahkan ke dalam formula plastik. Bahan ini akan mempengaruhi sifat mekanik dan fisik plastik yang terbentuk karena akan mengurangi sifat intermolekul dan menurunkan ikatan hidrogen internal. Penambahan *plasticizer* diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh plastik yang disebabkan oleh kekuatan intermolekul ekstensif.

d. Bahan tambahan

Komponen yang dapat ditambahkan dalam pembuatan bioplastik yaitu bahan pengisi atau *filler*. *Filler* merupakan sebuah bahan pengisi pada suatu bahan material,

yang bertujuan untuk meningkatkan atau merubah karakteristik suatu material. *Filler* merupakan bahan yang seringkali digunakan dalam pembuatan bioplastik, karena *filler* memiliki properti-properti yang dibutuhkan oleh bioplastik untuk meningkatkan kualitasnya.

2.6.2 Metode Pembuatan Bioplastik

a. Polimerisasi in-situ interkalatif

Pada metode ini, polimer dibentuk diantara lapisan dengan mengembangkan kumpulan lapisan dalam monomer cair atau larutan monomer sehingga pembentukan polimer dapat terjadi antara lembar yang terinterkalasi. Pembentukan polimer (polimerisasi) dapat dimulai dengan panas/radiasi/difusi (Maladi, 2019)

b. Interkalasi prepolimer dari larutan

Metode ini didasarkan pada pengembangan sistem pelarut dalam matriks polimer dimana biopolimer atau bio-prepolimer, seperti pati dan protein terlarut dan nanopenguats anorganik (biasanya silikat). Pertama, silikat berlapis dikembangkan di dalam suatu pelarut seperti air, kloroform, atau toluena. Kedua, ketika biopolimer dan larutan nanopartikel yang mengembang dicampur, rantai polimer akan terinterkalasi dan menggantikan pelarut dalam interlayer dari silikat. Ketiga, setelah penghilangan pelarut, struktur yang telah terinterkalasi akan tertinggal dan akan membentuk biopolimer/silikat berlapis bioplastik (Maladi, 2019)

c. *Melt intercalation*

Melt intercalation yaitu teknik inversi fasa dengan penguapan pelarut setelah proses pencetakan yang dilakukan pada plat kaca. Metode pembuatan ini didasarkan pada prinsip termodinamika larutan dimana keadaan awal larutan stabil kemudian mengalami ketidakstabilan (*demixing*), dari cair menjadi padat. Proses pemadatan diawali transisi fase cair ke fase dua cairan (*liquid-liquid demixing*) sehingga pada tahap tertentu fase akan membentuk padatan (Coniwati dkk, 2014)

Melt intercalation merupakan metode pembuatan bioplastik yang sering digunakan karena ramah lingkungan. Metode *melt intercalation* tidak menggunakan pelarut anorganik yang nantinya dapat menjadi limbah, sedangkan metode polimerisasi

in situ interkalatif dan interkalasi larutan menggunakan pelarut tersebut. Selain itu, *melt intercalation* juga kompatibel dengan proses industri seperti pada *injection molding*. Pada *melt intercalation*, pembuatan bioplastik dilakukan dengan tujuan untuk menguatkan material, yaitu dengan cara memanaskan dan mendinginkan material (Maladi, 2019).

2.6.3 Karakteristik Bioplastik

a. Kuat tarik

Kekuatan tarik suatu bahan merupakan gambaran mutu bahan secara mekanik. Kuat tarik adalah besarnya beban maksimum yang dibutuhkan untuk memutuskan spesimen bahan dibagi dengan luas penampang bahan. Beban maksimum yang dimaksud merupakan tegangan maksimum yang dapat dicapai pada diagram tegangan suatu regangan. Tegangan ini terjadi karena adanya fenomena pengecilan pada benda uji yang berlanjut hingga benda uji patah. Karakterisasi uji tarik suatu material dilakukan dengan menambah beban secara perlahan-lahan hingga material tersebut patah (Jabbar, 2017).

Secara praktis, kekuatan tarik diartikan sebagai besarnya beban maksimum (F_{maks}) yang dibutuhkan untuk memutuskan spesimen bahan, dibagi dengan luas penampang bahan. Menurut Jabbar (2017) kuat tarik suatu bahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- σ = kekuatan tarik (N/mm²)
- F_{maks} = beban maksimum yang dapat ditahan (N)
- A_0 = luas penampang sampel (mm²)

b. Persen pemanjangan (elongasi)

Proses pemanjangan merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel film terputus. Pada umumnya adanya penambahan *plasticizer* dalam jumlah lebih besar akan menghasilkan nilai persen pemanjangan

suatu film semakin lebih besar. Tanpa penambahan *plasticizer*, amilosa dan amilopektin akan membentuk suatu film dan struktur dengan satu daerah kaya amilosa dan amilopektin. Interaksi antara molekul-molekul amilosa dan amilopektin mendukung formasi film, menjadikan film pati jadi rapuh dan kaku. Oleh karena itu, dalam pembuatan bioplastik dari pati dibutuhkan bahan tambahan yang berfungsi sebagai *plasticizer* (Kristiani, 2015). Menurut Kristiani (2015) elastisitas suatu material (elongasi) dapat dicari dengan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang semula seperti pada persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- ε = elastisitas/regangan (%)
- Δl = pertambahan panjang (cm)
- l_0 = panjang mula-mula material yang diukur

c. Ketahanan air

Sifat ketahanan bioplastik terhadap air ditentukan dengan uji *swelling* yaitu persentase pengembangan plastik oleh adanya air. Uji ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta tingkatan atau keteraturan ikatan dalam polimer yang ditentukan melalui persentase penambahan berat polimer setelah mengalami pengembangan. Proses terdifusinya molekul pelarut kedalam polimer akan menghasilkan gel yang mengembang. Ketahanan bioplastik terhadap air ditandai dengan rendahnya hasil persentase *swelling* yang dialami bioplastik (Kristiani, 2015).

Menurut Ummah (2013), prosedur uji ketahanan air pada sampel bioplastik adalah sebagai berikut: berat awal sampel yang akan diuji ditimbang (W_0), lalu isi suatu wadah (botol/gelas/mangkok) dengan air aquades. Letakkan sampel plastik ke dalam wadah tersebut. Setelah 10 detik angkat dari dalam wadah berisi aquades, timbang berat sampel (W) yang telah direndam dalam wadah. Rendam kembali sampel ke dalam wadah tersebut, angkat sampel tiap 10 detik, timbang berat sampel. Melakukan hal yang sama hingga diperoleh berat akhir sampel yang konstan. Air yang diserap oleh sampel dihitung melalui persamaan (Ummah, 2013):

$$\text{Daya serap air (\%)} = \frac{w-w_0}{w_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

W_0 = berat sampel kering

W = berat sampel setelah direndam air

Kemudian persen air yang diserap dikalkulasi dalam perhitungan berikut untuk mendapatkan persen ketahanan air (Ummah, 2013) :

$$\text{Ketahanan air (\%)} = 100\% - \text{Daya serap air (\%)} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

d. Biodegradabilitas

Biodegradabilitas atau biodegradasi adalah proses penguraian polimer alam (lignin, selulosa, pati) atau polimer sintesis (polietilen, polisterin) oleh mikroorganisme seperti jamur, yeast, dan bakteri. Selain itu, proses degradasi juga dapat terjadi akibat dari adanya pengaruh suhu, kelembaban, udara atau energi radiasi. Uji biodegradasi dilakukan dengan 2 cara yaitu meletakkan sampel bioplastik di tanah dan ada juga yang di atas tanah kemudian mengamati perubahan yang terjadi pada bioplastik serta menghitung pengurangan massa sampel (Badriyah, 2015).

Mikroorganisme melakukan proses degradasi terhadap polimer plastik dengan beberapa tahap, yaitu biodeteriorasi, biofragmentasi, asimilasi dan mineralisasi. Proses biodeteriorasi terjadi ketika mikroorganismse seperti bakteri, jamur, ganggang dan protozoa mulai menempel pada permukaan polimer plastik. Polimer plastik yang berasal dari unsur karbon dan nitrogen menjadi sumber energi untuk pertumbuhan dan memproduksi molekul sederhana. Beberapa spesies dari organisme dapat mensekresikan biofilm yang terbuat dari polisakarida dan protein hasil pemecahan polimer. Biofilm akan membantu mikroorganisme untuk tetap menempel pada polimer dan membantu menembus struktur pori dari polimer plastik. Pertumbuhan mikroorganisme yang meningkat menyebabkan meningkatnya ukuran pori dan menimbulkan keretakan pada polimer plastik, sehingga struktur polimer tidak stabil (Badriyah, 2015).

Biofragmentasi merupakan tahapan penting untuk asimilasi molekul. Pada proses ini polimer dengan berat molekul tinggi tercepah menjadi campuran oligomer atau monomer. Mikroorganisme mensekresikan enzim untuk memotong ikatan polimer.

Proses biodegradasi selanjutnya diakhiri dengan proses asimilasi. Spesies mikroorganisme tertentu mengasimilasi senyawa dari proses fragmentasi. Proses asimilasi dapat merangsang atau bahkan dapat menghambat pertumbuhan dari mikroorganisme. Monomer plastik ditransfer ke dalam sel mikroorganisme melalui membran khusus. Molekul yang diserap oleh mikroorganisme dapat digunakan sebagai sumber karbon dan sumber energi. Proses mineralisasi adalah produk akhir yang dikeluarkan ke lingkungan, seperti CO₂, H₂O dan CH₄ (Badriyah, 2015).

2.6.4 Standar Mutu Bioplastik

Standar mutu bioplastik yang digunakan dalam proses produksi bioplastik dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Standar Mutu Bioplastik

	SNI	ASTM	JIS
Biodegradabilitas	> 60% dalam satu minggu	> 60% (<i>homopolymer</i>) > 90% (<i>copolymer</i>) Dalam 180 hari	> 60% dalam 180 hari
Kuat Tarik	1-10 Mpa	1-10 Mpa	0,35 Mpa
Elongasi (%)	10-20%	9%	9%

(Herawati dkk., 2017)

Kriteria ambang batas pada bioplastik juga telah diterapkan oleh Badan Standarisasi Nasional untuk persyaratan lingkungan yang harus dipenuhi sebagai produk yang ramah lingkungan. Persyaratan bioplastik yang sesuai Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kriteria, Ambang Batas dan Metode Uji Bioplastik

No.	Aspek Lingkungan	Persyaratan
1.	Penggunaan bahan aditif	Tidak menggunakan zat warna azo
2.	Degradabilitas	Pertumbuhan mikroba pada permukaan produk lebih dari 60% selama 1 minggu
3.	Kandungan logam berat	Cd : kurang dari 0,5 ppm Pb : kurang dari 50 ppm
4.	Tansile Elongation	Kuat berat beban yang diberikan maksimal kurang dari 50 kgf/cm ²

(Herawati dkk, 2017)

2.7 Penelitian-Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Kesamaan yang dimaksud meliputi bahan yang digunakan yaitu pati biji nangka, CMC sebagai *filler*, *ethylene glycol* sebagai *plasticizer* dan metode yang akan digunakan. Daftar penelitian sebelumnya yang dijadikan referensi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Daftar Penelitian Bioplastik Terdahulu

Judul Penelitian	Penulis	<i>Filler</i> dan <i>Plasticizer</i>	Karakteristik yang dianalisa	Hasil Penelitian
Bioplastik dari Tepung dan Pati Biji Nangka	Aprilina Purbasari, Ekky Febri Ariani, Raizka Kharisma Mediani	Hanya menggunakan tambahan gliserol (30%, 40%, 50%) sebagai <i>plasticizer</i> .	Sifat fisik, kuat tarik, dan elongasi	Bioplastik dari pati biji nangka mempunyai warna lebih jernih serta kuat tarik dan elongasi lebih tinggi dibandingkan bioplastik dari tepung biji nangka. Seiring penambahan gliserol menyebabkan nilai kuat tarik semakin rendah
Pengaruh Penambahan <i>Carboxymethyl Cellulose</i> Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Ubi Nagara	Erni Puryati Ningsih, Dahlena Ariyani, Sunardi	Menggunakan CMC (0%, 3%, 6%, 9%, 12%) sebagai <i>filler</i> dan gliserol (30%) sebagai <i>plasticizer</i> .	Analisis ketebalan bioplastik, daya serap air, ketahanan air, laju transmisi uap air, kuat tarik dan elongasi.	Penambahan CMC terhadap bioplastik yang dihasilkan yaitu meningkatkan nilai ketebalan, daya serap air, kuat tarik, elongasi, dan menurunkan ketahanan serta laju transmisi uap air. Penambahan konsentrasi CMC optimum adalah sebesar 9% (w/w).

Pengaruh Variasi Pengisi <i>Carboxymethyl Cellulose</i> (CMC) dan <i>Plasticizer Ethylene Glycol</i> (EG) Terhadap Karakteristik dan Sifat Bioplastik Berbasis Pati Biji Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	Rizky Dwi Ananda Ginting	Menggunakan CMC (0%, 1%, 2%, 3%, 4%) sebagai <i>filler</i> dan gliserol (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%) sebagai <i>plasticizer</i> .	Densitas, penyerapan air, kuat tarik, <i>elongation at break</i> ,	Densitas tertinggi pada konsentrasi CMC 4% dan EG 10% yaitu sebesar 1,51 g/cm ³ . Penyerapan air tertinggi yaitu pada konsentrasi CMC 0% dan EG 10% sebesar 29,23%. Nilai kuat tarik tertinggi pada konsentrasi CMC 3% dan EG 10% sebesar 15,58 Mpa. Dan nilai <i>elongation at break</i> terbaik pada konsentrasi CMC 0% dan EG 10% sebesar 12,10%
---	--------------------------	--	--	--
