

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Plastik konvensional, seperti polietilen dan polipropilen, membutuhkan waktu ratusan tahun untuk terurai di lingkungan. Akumulasi sampah plastik tersebut tidak hanya akan mencemari tanah dan air, tetapi juga mengancam kehidupan laut dan kesehatan manusia. Menurut data Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), pada tahun 2019, produksi plastik tahunan mencapai 460 juta ton dan menghasilkan 353 juta ton sampah plastik, dengan dampak yang merugikan pada ekosistem dan kesehatan publik. Pertumbuhan penggunaan plastik yang sangat pesat disebabkan oleh sifat plastik yang tahan terhadap panas dan bahan kimia, kedap terhadap cairan, memiliki rasio kekuatan yang tinggi, dan biaya produksi yang rendah (OECD, 2022). Oleh karena itu, pencarian solusi berkelanjutan menjadi fokus para peneliti. Salah satu solusi untuk menjawab masalah tersebut adalah bioplastik.

Bioplastik merupakan plastik yang terbuat dari bahan biologis atau bahan baku terbarukan (Atiweh *et al.*, 2021; Wahono *et al.*, 2018). Bahan baku bioplastik dapat berupa pati (Amin *et al.*, 2019), yang berasal dari tanaman umbi-umbian seperti singkong, talas, kentang, serta tanaman lain seperti jagung dan kulit pisang (Shah *et al.*, 2021; Elisusanti *et al.*, 2019). Pati terdiri dari amilosa dan amilopektin. Perbedaan konsentrasi kedua bahan tersebut memberikan efek berbeda pada film bioplastik (Sarasini *et al.*, 2017; Shah *et al.*, 2017; Wahono *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2019). Amilosa pada pati memberikan sifat kuat terhadap film, sedangkan amilopektin yang memiliki rantai bercabang menyebabkan film memiliki sifat mekanik yang rendah (Kumar, 2017; Tyagi & Bhattacharya, 2019). Akibat perbedaan kandungan amilosa dan amilopektin, pati dari berbagai sumber akan menghasilkan bioplastik dengan sifat produk yang berbeda.

Penggunaan bioplastik sebagai pengganti plastik *non-degradable* telah banyak diterapkan di berbagai industri untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dan limbah plastik konvensional di lingkungan (Saharan *et al.*, 2015). Penggunaan terbesar bioplastik berada pada sektor industri kemasan, diikuti oleh sektor industri tekstil dan pertanian. Berbagai jenis pati telah dimanfaatkan sebagai sumber matriks dalam pembuatan bioplastik. Studi terdahulu menunjukkan perkembangan produksi

bioplastik dengan matriks yang berbeda. *Bilo et al.*, (2018) berhasil memperoleh bioplastik dengan nilai kuat tarik hingga 45 MPa menggunakan matriks jerami padi. *Lim et al.* (2021) menjelaskan potensi produksi bioplastik dari rumput laut menggunakan metode hijau (*green method*) seperti *Enzyme-Assisted Extraction* (EAE), *Microwave-Assisted Extraction* (MAE), *Photo-Bleaching Extraction* (PBE), ataupun *Pressurized Solvent Extraction* (PSE). Alternatif lain yang dapat digunakan sebagai alternatif matriks bioplastik adalah *Modified Cassava Flour* (MOCAF).

MOCAF merupakan tepung hasil fermentasi singkong oleh bakteri asam laktat. MOCAF biasanya digunakan sebagai pengganti tepung terigu dalam produk pangan, substitusi beras atau ketan, dan bahan tambahan (*Hanafie et al.*, 2016). Tepung ini memiliki warna yang lebih putih dan tekstur lebih halus dibandingkan dengan tepung singkong (*Supadmi et al.*, 2016). MOCAF dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk berbagai produk pangan, seperti kue, roti, dan makanan ringan. Selain itu, MOCAF berfungsi sebagai pengikat atau pengental dalam produk makanan. MOCAF memiliki kadar pati yang tinggi, berkisar 84,44% (*Fiqtinovri*, 2020a), serta kandungan air, protein, dan lemak yang relatif rendah. Di samping itu, MOCAF mengandung amilosa berkisar 32,34% (*Nainggolan et al.*, 2019).

MOCAF memiliki kandungan protein yang rendah, sehingga kurang mampu memenuhi kebutuhan protein dalam produk pangan terutama jika digunakan sebagai pengganti tepung terigu dalam jumlah besar. Selain itu, Ketiadaan gluten dalam MOCAF menyebabkan produk cenderung kurang elastis dan tidak dapat mengembang dengan baik, terutama dalam pembuatan roti. Adonan berbahan dasar MOCAF sulit membentuk jaringan gluten yang diperlukan untuk memberikan tekstur kenyal pada roti. Meskipun kaya serat, MOCAF memiliki kandungan gizi mikro, seperti mineral, yang relatif rendah. Oleh karena itu, penggunaannya sering memerlukan fortifikasi tambahan untuk meningkatkan nilai gizinya.

MOCAF juga dimanfaatkan dalam bidang non-pangan, seperti sebagai peningkat kesuburan tanah (mulsa) dan perekat alami (*Triyono et al.*, 2019; *Budiarto*, 2011). *Syamani et al.*, (2020) memproduksi bioplastik berbahan dasar MOCAF dengan penambahan *polyvinil alcohol* (PVA). Namun, bioplastik dengan matriks pati memiliki beberapa kelemahan, seperti sifat hidrofilik, kekuatan mekanik yang rendah, dan stabilitas termal yang buruk (*Ayu et al.*, 2023; *Jayarithna et al.*, 2022). Oleh karena itu, bahan penguat diperlukan, seperti serat alam,

contohnya *Cellulose Nanofiber* (CNF). *Cellulose Nanofiber* (CNF), *cellulose nanocrystalline* (CNC), dan *bacterial nanocellulose* (BNC) merupakan jenis nanoselulosa. Ketiga jenis nanoselulosa ini memiliki komposisi kimia yang sama, namun berbeda morfologi, ukuran partikel, kristalinitas, bahan baku dan metode ekstraksi (Phanthong *et al.*, 2018).

Penggunaan CNF sebagai bahan penguat dalam pembuatan biokomposit semakin meningkat karena sifatnya yang *biodegradable*, densitas rendah, dan peningkatan luas permukaan (Zhang *et al.*, 2017). Namun, sintesis CNF membutuhkan energi yang besar akibat prosesnya yang kompleks. Penguraian selulosa menjadi CNF dapat dilakukan dengan berbagai metode (Khalil *et al.*, 2014; Dufresne, 2019; dan Baheti *et al.*, 2012). Proses sintesis CNF dilakukan secara berulang sehingga meningkatkan kebutuhan energi. Boufi dan Gandini (2014) menggunakan *blender* sebagai teknik alternatif untuk memproduksi nanoselulosa dengan tujuan menghemat konsumsi energi. Studi lebih lanjut dilakukan oleh Sofla *et al.*, (2019), yang mengaplikasikan kecepatan tinggi pada *blender* untuk mengecilkan ukuran serat ampas tebu dari 134 menjadi 20  $\mu\text{m}$ . Namun, penelitian mengenai penggunaan *blender* sebagai metode alternatif produksi CNF masih terbatas.

CNF diperoleh dari selulosa, yaitu polisakarida yang terdapat pada pepohonan, hasil pertanian (seperti jagung, sekam padi, jerami, dan gandum), tanaman laut, serta mikroorganisme seperti alga, jamur, dan bakteri (Thomas *et al.*, 2020; Kumar *et al.*, 2018). Berdasarkan data diatas, ketersediaan bahan baku nanoselulosa menjadi yang terbanyak di bumi. Kapas adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan sebagai bahan baku nanoselulosa (Atakhanov *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2014; Pandi *et al.*, 2021; Teodoro *et al.*, 2010) karena kandungan selulosanya yang tinggi, yaitu sekitar 95% (Jayaweera *et al.*, 2017; Zhao *et al.*, 2013). Selain kapas, kapuk juga merupakan salah satu bahan baku selulosa yang potensial, dengan konsentrasi selulosa mencapai 64% (Meiwu *et al.*, 2010).

Kapuk merupakan serat dengan dinding sel tipis dan lumen yang besar (Zheng *et al.*, 2014). Serat kapuk mengandung selulosa sebesar 64%, lignin 13%, air 8.6%, abu 1,4-3,5%, zat ekstraktif larut air dingin 4,7-9,7%, xilan 2,3-2,5%, dan zat lilin sekitar 0,8% (Meiwu *et al.*, 2010). Di Indonesia, kapuk biasanya digunakan sebagai bahan pengisi untuk kasur dan bantal. Namun, penggunaan serat kapuk semakin

berkurang karena telah banyak digantikan oleh serat sintetis seperti poliester. Serat poliester lebih dipilih karena memiliki ketahanan tinggi terhadap asam dan alkali, ketahanan termal yang baik, serta harga yang murah dibandingkan dengan serat alam. Pada tahun 2018, produksi poliester mencapai 51,5% dari total keseluruhan produksi serat dunia, sementara serat kapuk hanya menyumbang 5,7% (Market Report, 2019). Penurunan permintaan ini menyebabkan banyak produsen serat kapuk menghentikan produksinya.

Penelitian ini memanfaatkan MOCAF sebagai matriks bioplastik dengan penambahan CNF dari serat kapuk sebagai penguat. CNF diperoleh dengan menggunakan proses *blender* sebagai alternatif produksi CNF dengan kebutuhan energi lebih sedikit. MOCAF sebagai matriks bioplastik digunakan untuk memaksimalkan pemanfaatannya di luar bidang pangan. Bioplastik diproduksi dengan menggunakan metode baru, yaitu gelatinisasi menggunakan *microwave* dan pengeringan dengan *silica gel (microwave-silica)*. Pemilihan metode *microwave-silica* didasarkan pada proses pembuatan bioplastik skala laboratorium yang membutuhkan waktu lama (Zoungnanan *et al.*, 2020; Yamada *et al.*, 2020; Syamani *et al.*, 2020; Lusiana *et al.*, 2019). Bioplastik umumnya diproduksi dengan menggunakan metode *casting*. Metode *casting* adalah teknik yang digunakan dalam pembuatan bioplastik dengan cara menuangkan campuran ke dalam cetakan dan membiarkannya mengering hingga campuran membentuk film (Sumirat *et al.*, 2023). Bioplastik yang diproduksi dengan metode *casting* membutuhkan waktu 5-48 jam untuk proses, tergantung jenis bahan baku yang digunakan (Rezekinta *et al.*, 2023).

Pemanfaatan serat kapuk sebagai bahan baku sintesis CNF dapat meningkatkan nilai guna serat tersebut. Di samping itu, data karakteristik serat kapuk masih sulit ditemukan. Penelitian ini memanfaatkan serat kapuk dari sentra produksi kapuk di Indonesia untuk memperoleh data karakteristik serat kapuk. Penelitian ini juga menghasilkan desain awal alat sintesis CNF yang akan dikembangkan lebih lanjut menjadi alat produksi.

Pemanfaatan bahan baku pertanian (serat kapuk dan MOCAF) dalam produksi bioplastik dapat memberikan peluang untuk menciptakan nilai tambah bagi produk hasil pertanian. Pertanian tidak hanya menjadi sumber pangan tetapi juga bahan baku untuk industri berkelanjutan, sehingga mampu memberikan keuntungan

ekonomi lebih tinggi bagi petani. MOCAF sebagai matriks bioplastik dan serat kapuk sebagai sumber CNF dapat menjadi material dengan nilai jual lebih tinggi dibandingkan bahan mentah. Meningkatnya permintaan bahan baku alami untuk industri bioplastik dapat memberikan manfaat ekonomi lebih besar bagi petani, menciptakan pasar baru, dan mendorong peningkatan teknologi pascapanen di pedesaan.

## 1.2 Masalah Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang penelitian terdapat beberapa masalah penelitian, seperti dampak negatif dari penggunaan plastik konvensional yang sulit terurai yang menyebabkan pencemaran lingkungan dan ancaman terhadap ekosistem serta kesehatan manusia. Meskipun bioplastik menjadi solusi yang lebih ramah lingkungan, kelemahan seperti sifat hidrofilik, kekuatan mekanik rendah, dan stabilitas termal yang buruk masih menjadi tantangan dalam penggunaannya. Selain itu, *Modified Cassava Flour* (MOCAF) dan serat kapuk memiliki keterbatasan, seperti rendahnya kandungan protein pada MOCAF dan menurunnya permintaan terhadap serat kapuk akibat dominasi serat sintetis. Selain itu, data serat kapuk yang sulit ditemukan menjadi tantangan untuk penelitian selanjutnya. Pengembangan metode produksi yang lebih efisien, seperti penggunaan *blender* untuk sintesis *Cellulose Nanofiber* (CNF) dari serat kapuk dan metode gelatinisasi berbasis *microwave*, juga menjadi tantangan untuk meningkatkan efektivitas proses dan kualitas bioplastik. Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana data mengenai karakteristik serat kapuk sulit ditemukan terutama serat kapuk dari sentra produksi kapuk Indonesia.
2. Bagaimana memperoleh CNF dengan menggunakan *high speed blender* dalam proses sintesisnya.
3. Bagaimana mengkaji penambahan CNF pada bioplastik dengan matriks tepung MOCAF.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengkaji karakteristik serat kapuk dari sentra produksi kapuk Indonesia.
2. Mengkarakterisasi dan mengisolasi CNF dari serat kapuk dengan *high speed blender* sebagai alat sintesis CNF.

3. Memproduksi bioplastik dengan matriks tepung MOCAF dengan penambahan CNF serat kapuk dan mengetahui karakteristiknya.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai proses sintesis nanoselulosa dari serat kapuk dengan *high speed blender*.
2. Memperluas pengetahuan mengenai kapuk dalam perannya sebagai bahan baku nanoselulosa.
3. Memperluas ilmu pengetahuan mengenai pemanfaatan MOCAF sebagai bahan baku bioplastik.

#### 1.5 Novelty

1. Memperoleh data karakteristik serat kapuk dari sentra produksi kapuk Indonesia
2. Memperoleh CNF dengan menggunakan *high speed blender* sebagai alat homogenisasi CNF.
3. Memperoleh bioplastik dengan matriks MOCAF dan penguat CNF menggunakan teknologi baru (menggunakan *microwave* sebagai metode gelatinisasi dan *silica gel* dalam proses pengeringan).
4. Mendapatkan desain reaktor produksi CNF yang menggabungkan tiga proses (*pre-treatment*, *pulping*, dan *bleaching*) dalam satu reaktor.

