

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan plastik konvensional sebagai bahan peralatan rumah tangga dan industri dihadapkan pada dua permasalahan penting, yaitu masalah sampah yang akan membahayakan lingkungan dan semakin menipisnya bahan baku plastik dari minyak bumi. Dirjen Pengelolaan Sampah, Limbah, dan B3 KLHK (Bahan Berbahaya dan Beracun, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan) menyebut total jumlah sampah Indonesia di 2019 akan mencapai 68 juta ton, dan sampah plastik diperkirakan akan mencapai 9,52 juta ton atau 14 persen dari total sampah yang ada (Anonymous, 2018).

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian dan produksi dari bahan *biodegradable* (terutama *biodegradable plastics*/bioplastik) sebagai pengganti sampah plastik konvensional telah berkembang sangat pesat karena bahan-bahan tersebut dapat dengan mudah terdegradasi oleh lingkungan (Curvelo *et al.*, 2001). Plastik konvensional yang berbasis polimer sintetis yang tidak mudah terdegradasi oleh lingkungan telah menyebabkan masalah serius bagi lingkungan (Chevillard *et al.*, 2011). Penggunaan material *biodegradable* dari sumber daya alam sangat membantu mengurangi persentase jumlah plastik konvensional yang ada. Oleh karena itu, para peneliti polimer fokus pada polimer *biodegradable* yang merupakan polimer yang mampu terurai oleh bakteri atau organisme hidup lainnya. Salah satu bahan baku yang paling menjanjikan untuk produksi bioplastik adalah pati, yang sifatnya terbarukan, murah, tidak beracun dan *biodegradable* (Curvelo *et al.*, 2001).

Pati merupakan polimer alami yang ketersediaannya cukup banyak di Indonesia dari berbagai tanaman pangan seperti ubi kayu, kentang, jagung, umbi talas dan berbagai pati dari biji buah-buahan serta pati dari sumber batang (sagu). Pada penelitian ini, sumber pati yang digunakan adalah dari ubi kayu (*Manihot esculenta*). Ubi kayu memiliki kandungan pati cukup besar, pembuatannya mudah dan sederhana serta ketersediaan yang cukup banyak di Indonesia (21,8 juta ton umbi basah) pada tahun 2017 (BPS 2017). Sifat fisis, mekanis dan *thermal* bioplastik berbahan dasar pati pada umumnya masih lebih rendah dibandingkan

dengan plastik konvensional. Sifat penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan bioplastik adalah kekuatan, kelenturan, dan kestabilannya selama pemakaian dan penyimpanan. Alternatif peningkatan kekuatan bioplastik dapat ditempuh dengan cara menggunakan bahan pengisi/*filler* yang bersifat memperkuat/*reinforcement* (Wicaksono *et al.*, 2013).

Bahan pengisi (*filler*) dapat berfungsi untuk meningkatkan beberapa sifat fisik bioplastik seperti meningkatkan kekakuan pada bahan yang terlalu lentur meningkatkan kekuatan, mengurangi kerutan dan kecenderungan untuk bengkok (Xanthos 2010). Salah satu bahan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan pengisi adalah serat alam. Serat alam lignoselulosa merupakan salah satu biopolimer yang paling banyak di muka bumi, sehingga mudah diperoleh diberbagai daerah (Siro and Plackett, 2010). Serat alam juga memiliki beberapa keunggulan dari segi ekonomi, lingkungan, dan teknis. Energi yang diperlukan untuk memproduksi serat alam relatif rendah dan tidak memerlukan peralatan khusus yang mahal, dapat diperbarui dan tidak menghasilkan karbondioksida yang berlebih jika dibakar atau dikomposkan, sehingga menguntungkan dari segi lingkungan (Jacob and Thomas, 2008).

Serat alam juga memiliki bobot jenis yang ringan namun mampu menghasilkan kekuatan yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan penguat dan bersifat non abrasif bagi alat pencampuran dan pencetakan. Kemampuan serat alam sebagai bahan pengisi penguat telah dibuktikan pada produk berbahan dasar polietilen (Prachayawarakorn *et al.*, 2010), karet alam (Bras *et al.*, 2010), pati termoplastik (Teixeira *et al.*, 2009), polipropilen (Qiu *et al.*, 2006). (Chan *et al.*, 2002), serat kulit rotan (Ferdijan and Nikmatin, 2012), serat rami (Kurniawan *et al.*, 2012), serat bambu (Khalil *et al.*, 2014) dan serat enceng gondok (Abral *et al.*, 2014).

Penggunaan serat tidak hanya memberi penguatan saja, namun juga dapat memberi efek penahanan, antara lain meningkatkan kemampuan penahanan bioplastik pati terhadap uap air (Belbekhouche *et al.*, 2011), penahanan terhadap oksigen dan minyak (Aulin *et al.*, 2010). Penggunaan serat juga dapat

meningkatkan kemampuan biodegradasi karet alam (Bras *et al.*, 2010), dan meningkatkan kestabilan panas pati termoplastik (Chang *et al.*, 2010).

Di bidang pertanian, sumber serat selulosa yang berasal dari tanaman non kayu keras, seperti rami, *hemp*, *sisal*, dan lain-lain, berpotensi dieksplorasi untuk diambil serat sebagai penguat bioplastik. Bahan dari tanaman non kayu sebagai sumber serat alam memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan kayu, antara lain dapat dipanen dalam waktu yang lebih singkat, mudah dibudidayai, sehingga dapat mengurangi eksploitasi penebangan hutan untuk memenuhi kebutuhan serat alam untuk kepentingan industri (Subyakto *et al.*, 2009).

Filler selulosa yang digunakan untuk komposit bioplastik dengan ukuran dalam skala nano dengan tujuan terjadi interaksi yang kuat antara *filler* dan matriksnya. Penggunaan ukuran partikel dalam skala nano akan memperluas permukaan partikel. Permukaan partikel yang lebih luas akan meningkatkan luas kontak partikel dengan matriks pada komposit sehingga terjadi peningkatan kekuatan komposit (Liang and Pearson, 2009). Hal ini juga terkait dengan adanya sifat atau fenomena baru yang muncul jika materi tersebut digunakan pada skala nano akibat perubahan sifat fungsional bahan, terkait dengan perubahan sifat dispersinya (Lin *et al.*, 2009).

Serat alam rami (*Boehmeria nivea*) dapat dijadikan sebagai *filler* selulosa. Keunggulan rami diantaranya adalah memiliki kandungan selulosa yang tinggi (68,6-76,2%), kekuatan tarik yang tinggi dan sifat lainnya (Mohanty, 2005). Tanaman rami merupakan tanaman yang mudah tumbuh dan berkembang baik di daerah tropis dengan masa tanamnya pendek (55 hari) dan produktifitasnya tinggi sebanyak 6 ton/kali panen/ha batang basah (Budi *et al.*, 2005).

Selain penambahan *filler* selulosa pada bioplastik, penambahan *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) dapat juga meningkatkan kekuatan tarik dan kestabilan panas material biokomposit. Hal ini seperti dilaporkan Baek (2014), komposit *polycaprolactone/chitosan* ditambahkan *Calcium Carbonat* (CaCO_3) dalam bentuk *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) dapat meningkatkan sifat mekanik dan kestabilan panas. Kekuatan tarik dan modulus elastis meningkat sampai pada konsentrasi satu persen dari berat nano CaCO_3 , dan kemudian

menurun jika dilakukan penambahan diatas konsentrasi tersebut (Baek *et al.* (2104), Abdolmohammadi *et al.* (2012)).

Bioplastik nanokomposit (bionanokomposit) adalah plastik *biodegradable* yang diperkuat oleh *filler* berukuran nano meter bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik, kimia, termal dan sifat mekanik bahan tersebut. Bioplastik terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman dan hewan misalnya pati, selulosa, *kolagen*, *kasein*, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan (Saputro dan Ovita, 2017).

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa material bioplastik komposit dari pati memiliki peluang untuk dikembangkan lebih lanjut. Jika *filler* yang digunakan lebih dari satu jenis bahan maka dikenal dengan istilah bionanokomposit hibrid. Pada penelitian ini matriks bioplastik yang digunakan adalah pati tapioka dengan *filler Cellulose Nano Fibers* (CNF) rami dan *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC). Bionanokomposit hibrid dapat digunakan seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Untuk mengetahui tingkat biodegradabilitas bionanokomposit hibrid ini perlu dilakukan pengujian biodegradabilitas dengan metode pemendaman dalam tanah dan menggunakan jamur *Aspergillus niger*.

B. Masalah Penelitian

Limbah pemakaian plastik konvensional dapat merusak tanah dan lingkungan, sehingga diperlukan material alternatif bioplastik yang ramah terhadap lingkungan. Bioplastik yang berasal dari pati tapioka berpotensi untuk dikembangkan karena ketersediaan pati tapioka cukup dan mudah didapatkan. Kelemahan material bioplastik pati ini diantaranya adalah sifat mekanik lebih rendah jika dibandingkan plastik konvensional. Untuk meningkatkan sifat mekanik maka bioplastik perlu ditambahkan *filler* sebagai penguat/*reinforcement*. *Filler* yang digunakan *cellulose nanofibers* (CNF) dari tanaman serat rami yang memiliki beberapa keunggulan diantaranya, kandungan selulosa yang tinggi, kekuatan tarik tinggi dan waktu panen cukup singkat (Budi *et al.*, 2005).

Tanaman serat rami pada dasarnya tersusun atas nanoserat selulosa yang disatukan oleh hemiselulosa. Serat-serat selulosa dan hemiselulosa dilindungi oleh lapisan lignin (John dan Thomas, 2008). Lignin dapat dihilangkan dengan perlakuan *pulping* dan *bleaching* (pemucatan/pemutihan), sehingga teroksidasi dan lebih mudah larut dalam alkali (Gellerstedt, 2010). Larutan alkali juga diketahui dapat menghidrolisis hemiselulosa (Abe dan Yano, 2009). Selain larutan alkali, penghilangan lignin dan hemiselulosa juga bisa dilakukan dengan hidrolisis menggunakan larutan asam seperti asam sulfat, asam klorida dan lain-lain. Hidrolisis tersebut dilakukan untuk memudahkan dalam isolasi *cellulose nanofibers* tanaman serat. Penghilangan bahan non-selulosa, terutama lignin, diharapkan dapat meningkatkan adhesi antara serat selulosa dan matriks film yang bersifat hidrofilik, seperti pati (Abraham *et al.*, 2011). Lignin merupakan bahan yang relatif hidrofobik dan *amorf*. Penghilangan lignin dan bahan non-selulosa lain dapat meningkatkan interaksi antara serat dengan matriks film berbasis pati (Azeredo *et al.*, 2012).

Kelemahan lain dari bioplastik adalah kestabilan panas yang rendah. Kestabilan panas bioplastik tersebut dapat ditingkatkan dengan penambahan zat aditif tahan panas seperti PCC (*Precipitated Calcium carbonat*). Penelitian sebelumnya telah dilakukan Baek (2014) untuk meningkatkan kestabilan panas komposit *polycaprolactone/chitosan* dengan penambahan PCC. Disamping itu, PCC memiliki tingkat kemanan yang baik dan ketersediaan yang cukup banyak.

Sehubungan dengan hal tersebut, maka permasalahan yang akan dikaji adalah: Bagaimana proses sintesis *Cellulose Nano Fibers* (CNF) dari tanaman serat rami yang efektif untuk *filler* bioplastik dan potensi penggunaan CNF rami-PCC hibrid sebagai penguat komposit bioplastik. Kerangka logis penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1. Rumusan masalah yang perlu dikaji adalah:

1. Bagaimana pengaruh alkali terhadap serat rami dan proses pembuatan serat rami dalam bentuk *pulp* dengan menggunakan *batch digester*.
2. Bagaimana proses sintesis CNF rami dan pembuatan bionanokomposit hibrid dengan *filler* CNF rami-PCC untuk mendapatkan karakteristik yang baik.

3. Bagaimana aktivitas biodegradabilitas bionanokomposit hibrid CNF rami-PCC.

C. Tujuan Penelitian

Sebagaimana masalah yang telah dirumuskan, maka tujuan penelitian secara umum adalah mensintesis dan mengkarakterisasi *Cellulose Nano Fibers* Rami (CNFR) dan material bionanokomposit hibrid dengan *filler* CNF rami-PCC. Tujuan umum tersebut dilakukan dalam beberapa tahapan penelitian dengan tujuan khusus yaitu:

1. Mengetahui pengaruh perlakuan Alkali (NaOH) terhadap sifat fisik, kimia dan mekanis serat rami tunggal.
2. Melakukan modifikasi dan uji kinerja *batch digester* untuk menghasilkan *pulp* serat rami.
3. Mendapatkan kondisi proses yang baik dan efektif dalam sintesis CNFR serta menganalisis karakteristik CNFR dari serat rami dengan metode *Chemical-Ultrasonication*.
4. Pembuatan dan mengetahui karakter biokomposit bermatrik pati tapioka dengan *filler Precipitated Calcium Carbonate* (PCC).
5. Pembuatan dan mengetahui karakter bionanokomposit hibrid CNF rami-PCC bermatrik pati tapioka serta mengetahui tingkat biodegradabilitas bionanokomposit hibrid tersebut.

D. Hipotesis

Diperkirakan bahwa meningkatnya fraksi *filler Cellulose Nano Fibers* (CNF) dan PCC dapat meningkatkan sifat mekanik bionanokomposit hibrid, meningkatkan stabilitas *thermal*, dan mempengaruhi tingkat biodegradabilitas bionanokomposit hibrid.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai salah satu sumber informasi tentang isolasi dan karakteristik CNF rami dan bionanokomposit hibrid untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta aplikasinya dalam bidang material bionanokomposit.