

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kehilangan pangan (*food losses*) adalah kondisi dengan hilangnya sejumlah bahan pangan yang disebabkan oleh penanganan tidak tepat di sepanjang rantai pasok. Titik kehilangan pangan pada rantai pasok dimulai saat produksi berakhir yaitu saat panen. Dampak dari kehilangan pangan jagung mengurangi ketersediaan pangan (80%) hasil produksi yang disimpan untuk konsumsi (FAO, 2018). Selain itu, kehilangan pangan juga dapat diakibatkan karena adanya pembusukan jagung selama proses penyimpanan, transportasi dan distribusi yang terlalu lama. Dalam hal ini, nilai ekonomi juga menjadi pertimbangan pada pemanfaatan produk akhir yang tidak dimanfaatkan dan terbuang begitu saja pada suatu industri sehingga memerlukan biaya lagi untuk mengelola limbah kulit jagung tersebut. Permasalahan kehilangan pangan ini juga dapat diakibatkan dari konsumsi bahan pangan yang terlalu banyak.

Pada tahun 2029 diperkirakan produksi jagung (*maize*) di dunia sebanyak 30% di Amerika Serikat (USA), 24% di Cina, 27% di negara lain (OECD/FAO, 2020). Dapat dilihat pada Tabel 1, pengekspor utama jagung yaitu Amerika Serikat meskipun pangsa pasar akan menurun karena Brazil, Argentina, Ukraine dan Rusia yang meningkatkan pangsa pasar jagung di dunia. Amerika Serikat menjadi produsen terbesar jagung di dunia. Keberhasilan jagung sebagian karena produktivitasnya yang tinggi dan kemampuan beradaptasi dengan wilayah geografisnya yang baik. Produksi jagung dunia diproyeksikan sebesar 193 Mt menjadi 1,315 Mt selama satu dekade, dengan peningkatan terbesar di Cina, Amerika Serikat, Brazil, Argentina dan Ukraina. Namun produksi jagung di Cina diproyeksikan sedikit meningkat (2,1%) dibandingkan dekade sebelumnya (3,1%) karena perubahan kebijakan pada tahun 2016 sedangkan area penanaman jagung tetap stabil di Amerika Serikat dan peningkatan produksi yang lebih tinggi. Konsumsi jagung di dunia diproyeksikan menurun daripada dekade terakhir yang

sejalan dengan produksi. Hal ini termasuk penggunaan pakan (68%), biofuel, dan konsumsi oleh manusia. Produksi jagung untuk pakan ternak semakin melambat untuk mengurangi permintaan pakan, selain itu pertumbuhan jagung untuk produksi biofuel juga terbatas.

Tabel 1. *Global Players in Cereal Markets in 2029*

<i>Maize</i>			
Produksi	Ekspor	Konsumsi	Impor
Lain - lain 27%	Lain - lain 11%	Lain - lain 34%	Lain - lain 57%
Argentina 5%	Russia 4%	Meksiko 4%	Mesir 7%
European Union 5%	Ukraina 16%	Brasil 6%	Vietnam 8%
Brasil 9%	Argentina 18%	European Union 6%	Japan 8%
Cina 24%	Brasil 20%	Cina 24%	Meksiko 10%
Amerika Serikat 30%	Amerika Serikat 31%	Amerika Serikat 25%	European Union 10%

Sumber : OECD/FAO, (2020)

Pada tahun 2050, meningkatnya permintaan jagung dan menurunnya produktivitas jagung dapat menyebabkan impor jagung dunia berkembang. Selain itu, diperkirakan permintaan jagung akan meningkat mencapai 3,3 miliar ton atau 800 juta ton lebih banyak dari tahun 2014 (FAO, 2016). Persediaan jagung di dunia pada tahun 2021/2022 diperkirakan akan meningkat sejak tahun 2018. Jumlah persediaan jagung dunia pada tahun 2021 yaitu 2,817 juta ton atau lebih tinggi 1,7% dibandingkan tahun 2020. Namun terjadi permasalahan produksi jagung di dunia pada bulan Juli 2022 yaitu menurun 1,513 juta ton. Penurunan produksi jagung dikarenakan kebutuhan jagung untuk pakan lebih tinggi dari laju peningkatan produksi. Selain itu, penurunan produksi jagung dapat disebabkan oleh kondisi iklim yang berkepanjangan di Cina, Rusia, dan Ukraina (FAO, 2021).

Permasalahan pertama dari produksi jagung yang melimpah setiap tahun, tentunya dihasilkan pula limbah jagung dalam jumlah yang berlimpah. Salah satu bagian

dari tanaman jagung yang tidak dimanfaatkan dalam bahan pangan dan termasuk ke dalam kategori limbah alami yaitu bagian kulit jagung. Kulit jagung (*corn husk*) tergolong sumber serat alam (*natural fiber*) dari limbah jagung yang hingga saat belum dimanfaatkan dan masih perlu diteliti sifat – sifat mekanik secara optimal (Poletto *et al*, 2014). Selulosa yang terdapat pada kulit jagung mengandung serat yang tinggi yaitu 43% (Youssef *et al*, 2015). Berdasarkan sifat mekanik dan komposisi kimia, serat kulit jagung yang diproses dapat memberikan manfaat terhadap kandungan selulosa yang dihasilkan sebagai produk baru (Faruk *et al*, 2012; Poletto *et al*, 2014).

Permasalahan kedua yaitu penggunaan plastik mengalami peningkatan setiap tahunnya. Plastik merupakan suatu bahan pengemas yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia namun berpengaruh terhadap lingkungan karena sulit terurai secara biologis (Emadian *et al*, 2016). Plastik ini banyak digunakan dalam industri pengemasan makanan karena harganya murah, memiliki sifat tarik yang baik, dan penghalang yang efektif terhadap oksigen; karbon dioksida; dan uap air. Pada tahun 2050 diperkirakan peningkatan 50% pasokan pangan di dunia akan diperlukan karena peningkatan pertumbuhan populasi dunia (Guillard *et al.*, 2018). Dengan meningkatnya permintaan makanan maka permintaan bahan kemasan makanan juga akan meningkat. Bahan kemasan seperti plastik perlu disesuaikan untuk dapat menjaga kualitas makanan ketika dikonsumsi dan menjamin kesehatan. Untuk mengurangi penggunaan plastik dapat digantikan dengan plastik berbasis *biodegradable* (dapat terurai) oleh mikroorganisme dan ramah lingkungan. Beberapa biopolimer yang dapat digunakan untuk tujuan pengemasan yaitu pati, selulosa, polihidroksi alkanat (PHA), poli asam laktat (PLA), polivinil alkohol (PVA), polibutilena suksinat (PBS). Biopolimer tersebut dapat menggantikan plastik. Produk seperti botol, toples, kaleng, ember, wadah makanan, gelas sekali pakai, film kemasan, dan kantong sampah dapat diproduksi menggunakan polimer *biodegradable* (Reichert *et al.*, 2020).

Permintaan akan bahan - bahan yang ramah lingkungan cukup banyak diminati karena kesadaran masyarakat akan lingkungan sehingga minat penggunaan bio-

komposit mengalami peningkatan. Bio-komposit adalah bahan yang dihasilkan dari sumber alami dan terbarukan dengan satu atau lebih bahan penyusun dengan sifat yang berbeda nyata. Bahan komposit yang terbuat dari serat alam dan plastik berbasis sumber daya terbarukan (Baghaei *et al.*, 2020). Bio-komposit ini terdiri dari serat sebagai agen penguat (*reinforcement*) dan polimer sebagai bahan matriks (Lenhani *et al.*, 2021). Komposit polimer yang diperkuat serat telah diterapkan dalam berbagai aplikasi selama beberapa tahun terakhir. Sesuai dengan perkembangan teknologi, tuntutan untuk dihasilkannya produk yang ramah lingkungan dan ekonomis membuat banyak industri dan peneliti yang berusaha untuk memanfaatkan sumber daya alam yang bersifat dapat diperbaharui.

Studi penelitian telah membuktikan bahwa untuk meningkatkan kekuatan kemasan *biodegradable*, maka dibutuhkan bahan yang berpotensi sebagai bahan penguat dan bahan pengisi kemasan *biodegradable* yaitu serat alam (Peng *et al.*, 2011). Serat alam yang jumlahnya berlimpah dan mudah didapatkan adalah selulosa (Phantong *et al.*, 2018). Selulosa bertujuan sebagai bahan penguat struktur *biodegradable* (Kambli *et al.*, 2018).

Plastik *biodegradable* memiliki kelemahan yaitu sifat mekanik (kompatibilitas) yang rendah karena permukaan hidrofiliknya. Matriks polimer dan serat kulit jagung tidak kompatibel satu sama lain karena matrik polimer bersifat hidrofobik sedangkan serat kulit jagung bersifat hidrofilik. Oleh karena itu, diperlukan senyawa kimia tambahan yang dapat meningkatkan kompatibilitas dari plastik *biodegradable* (Youssef *et al.*, 2015). Mohanty *et al.*, (2018) menyatakan bahwa tingkat adhesi yang memadai antara permukaan selulosa serat alami hidrofilik dan resin matriks polimer biasanya diperlukan untuk memastikan sifat yang diinginkan dari bio-komposit.

Permasalahan penggunaan plastik yang tidak ramah lingkungan dan produksi limbah kulit jagung yang melimpah menjadi sangat menarik untuk diteliti karena keterkaitan dalam mengurangi dampak lingkungan, hemat biaya dan pemanfaatan

produk *biodegradable plastic* yang diterapkan untuk aplikasi pengemasan. Dalam beberapa artikel *review* hanya membahas mengenai metode pengolahan limbah kulit jagung yang tidak disertai dengan metode pengolahan limbah kulit jagung untuk memperkuat polimer bio-komposit plastik (Yilmaz *et al.*, 2013b, Mendes *et al.*, 2014). Artikel *review* yang diperoleh tidak menjelaskan secara terperinci mengenai kemasan *biodegradable* yang diperkuat dari serat limbah kulit jagung (El-Zayat *et al.*, 2021; Amalia *et al.*, 2020; Tan *et al.*, 2021). Selain itu, beberapa artikel *review* yang ditemukan belum menjelaskan metode pembuatan untuk proses kemasan *biodegradable* yang diperkuat dari serat kulit jagung dengan penambahan senyawa kimia (Tarrés *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2018). Produk kemasan *biodegradable* tersebut didasarkan pada banyaknya serat selulosa yang terkandung dalam limbah kulit jagung namun masih sedikit *review* mengenai metode pengolahan limbah kulit jagung menjadi produk kemasan *biodegradable* terbaik. Oleh karena itu, pada penelitian ini diperlukan lebih banyak *review* yang memungkinkan potensi dan pemanfaatan limbah kulit jagung untuk meningkatkan produk *biodegradable* sehingga menjadi solusi yang baik sebagai bahan pengemasan *biodegradable*. Faktor - faktor yang mempengaruhi fokus *review* ini juga akan mengenai metode pengolahan limbah kulit jagung menjadi produk *biodegradable* dengan penambahan senyawa kimia, jenis kemasan *biodegradable* yang dapat diperkuat dari limbah kulit jagung serta tantangan yang diperoleh ketika proses pengolahan dan penggunaan produk kemasan *biodegradable*.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Plastik

Plastik adalah suatu bahan sintetik yang tersusun melalui proses polimerisasi monomer dari batu bara, gas, minyak, maupun selulosa yang mengandung hidrokarbon (Mülhaupt, 2013). Penggunaan plastik mengalami peningkatan setiap tahunnya. Menurut Dogu *et al.*, (2021) produksi plastik skala besar dimulai pada tahun 1950-an sebesar 1,5 juta ton, dan pada tahun 2016, produksinya mencapai 335 juta ton per tahunnya. Sifat – sifat dari plastik yaitu kuat, ringan, anti karat,

tahan terhadap bahan kimia, mudah dibentuk apabila terpapar tekanan dan panas, dapat dibuat berwarna maupun transparan, serta mempunyai sifat isolasi listrik yang tinggi (Lament, 1993). Plastik merupakan suatu bahan pengemas yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia namun dapat menyebabkan pencemaran dan berdampak buruk bagi lingkungan karena tidak dapat didaur ulang oleh mikroorganisme (*non-biodegradable*) (Emadian *et al.*, 2016). Produk plastik yang banyak digunakan saat ini adalah plastik yang terbuat dari bahan baku minyak bumi namun tidak dapat diperbaharui dan jumlahnya terbatas. Selain itu, plastik membutuhkan waktu ratusan tahun untuk dapat terdegradasi secara sempurna (Lazarevic, 2010).

1.2.2. *Biodegradable Plastics*

Biopolimer merupakan polimer yang diproduksi oleh organisme hidup atau berasal dari biomassa dalam jangka waktu tertentu tanpa menyebabkan masalah pada limbah di lingkungan (Hu, 2014). Polimer berbasis bio dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu proses ekstraksi dari biomassa (polisakarida seperti pati atau selulosa), diproduksi sintesis secara kimia menggunakan monomer berbasis *renewable biobased* (poli asam laktat / PLA), diproduksi oleh mikroorganisme atau bakteri yang dimodifikasi secara genetik (polihidroksi alkanolat / PHA), dan disintesis kimia menggunakan monomer turunan hayati dan monomer berbasis minyak bumi (polibutilena suksinat / PBS) (Nurul *et al.*, 2016; Grujić *et al.*, 2017; Mangaraj *et al.*, 2019). *Biodegradable* berasal dari kata *bio* (hidup) dan *degradable* (diuraikan).

Biodegradable plastics merupakan plastik yang dapat diuraikan / terdegradasi oleh mikroorganisme. Plastik ini bermanfaat karena tidak berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan ketika dibuang ke lingkungan karena terbuat dari sumber daya terbarukan yang mudah terurai / terdegradasi secara alami. Keuntungan dari *biodegradable plastics* ketika dibuang ke alam maka akan mempercepat proses kesuburan tanah. *Biodegradable plastics* sering disebut juga sebagai *bio-based plastics* yang merupakan istilah yang digunakan untuk plastik yang berasal dari sumber daya biomassa terbarukan (Lambert & Wagner, 2017).

Beberapa faktor yang dapat meningkatkan permintaan *biodegradable plastic* yaitu mengenai bahan pembuatan plastik yang ramah lingkungan, harga minyak bumi yang semakin meningkat, kualitas *biodegradable plastic* yang lebih baik dan sebagainya. Adapun kendala pada produksi *biodegradable plastic* yaitu sifat mekanik, sifat fisik, dan termal yang lebih rendah dari plastik (Luo *et al.*, 2019).

1.2.3. *Biocomposite*

Bio-komposit adalah bahan yang dihasilkan dari sumber alami dan terbarukan dengan satu atau lebih bahan penyusun dengan sifat yang berbeda nyata. Bahan penyusun bio-komposit yang memiliki sifat berbeda dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat – sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Faludi *et al.*, 2013). Bio-komposit ini terdiri dari serat sebagai agen penguat (*reinforcement*) dan polimer sebagai bahan matriks. Serat sebagai penguat (*reinforcement*) berfungsi untuk menahan beban yang diterima oleh komposit sehingga mempengaruhi nilai kekuatan komposit. Matriks dalam struktur komposit berasal dari polimer berfungsi melindungi dan mengikat serat supaya bekerja dengan baik. Bahan matriks berperan dalam menentukan sifat mekanik pada komposit. Gabungan dari matriks dan serat dapat menghasilkan kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi pada komposit (Lenhani *et al.*, 2021).

Dalam beberapa tahun terakhir, krisis lingkungan meningkat sehingga minat untuk menggunakan serat alam sebagai bahan penguat meningkat secara signifikan. Keuntungan lingkungan dari bahan bio-komposit termasuk emisi gas rumah kaca yang lebih sedikit, biodegradabilitas dan pengurangan bahan bakar fosil. Pengoptimalan penggunaan bio-komposit dengan bahan resin yang berkinerja tinggi serta penguat serat dan kekuatan dan kekakuan tinggi (Abdulkhani *et al.*, 2020). Secara umum istilah bio-komposit mencakup bahan – bahan komposit yang terbuat dari kombinasi seperti : (1) serat sintetis yang diperkuat biopolimer seperti serat kaca dan karbon, (2) polimer turunan minyak bumi yang diperkuat serat alami seperti polietilen (PE), polypropylene (PP), dan epoksi, (3) biopolimer yang diperkuat serat alami. Bio-komposit yang berasal dari serat alami

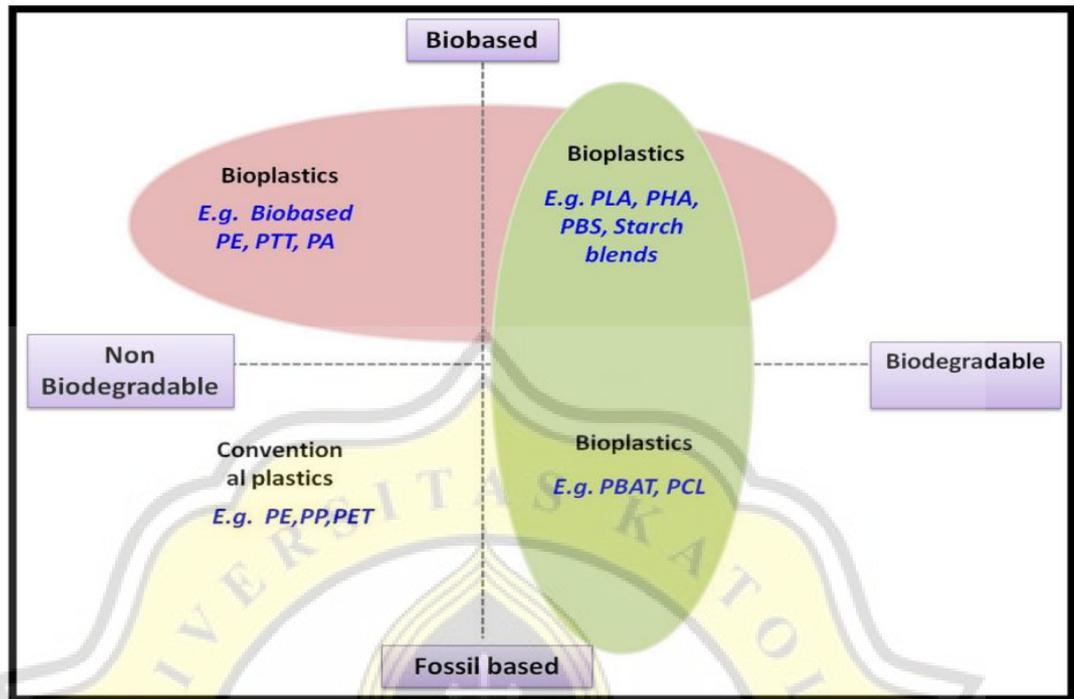
dengan plastik yang berasal dari bio akan lebih ramah lingkungan (Baghaei, 2020).

Biopolimer yang paling banyak digunakan untuk pengembangan biokomposit adalah poli(asam laktat) (PLA), ester selulosa, polihidroksialkanoat (PHA) dan plastik berbasis pati (Diez, 2019). Keunggulan dari penggunaan bio-komposit termasuk biaya produksi yang rendah karena ketersediaannya yang melimpah, rasio modulus/berat yang lebih besar dibandingkan serat sintesis dan pengurangan risiko pencemaran lingkungan. Salah satu tantangan utama bio-komposit adalah adhesi antarmuka yang buruk antara matriks hidrofobik dan serat penguat hidrofilik yang sering mengakibatkan sifat mekanik yang lebih rendah dari komposit, penyerapan air yang tinggi dan pembengkakan serat (Yan *et al.*, 2013).

Pada tahun 1975, komposit polietilen densitas tinggi (*high density polyethylene*) yang memiliki morfologi yang berubah secara bertahap antara bahan matriks dan serat penguat untuk menggantikan komposit yang diperkuat dengan serat kaca (Capiati *et al.*, 1975). Pada tahun 2004, produksi komposit semua polipropilen (PP) yaitu *polypropylenes* (PPs) yang diperkuat dengan serat polipropilen yang berorientasi untuk menggantikan serat kaca dalam aplikasi di industri karena sifatnya yang dapat didaur ulang dan ramah lingkungan. Komposit PPs didasarkan pada kombinasi serat PP yang memiliki titik leleh lebih tinggi daripada matriks PP (Cabrera *et al.*, 2004).

1.2.4. Jenis Kemasan *Biodegradable*

Bahan baku yang dapat diperbaharui dalam pembuatan *biodegradable plastics* adalah senyawa – senyawa yang terdapat dalam hasil pertanian seperti selulosa, pati, lignin, dan karbohidrat (Johansson *et al.*, 2012). Polimer – polimer plastik dapat menggantikan plastik konvensional. Sifat – sifat dari polimer plastik alami adalah mudah diproses, *biocompatible*, dan dapat terdegradasi oleh mikroorganisme (Mokhena, *et al.*, 2018).



Gambar 1. *Bioplastic and Fossil Based Plastic*

Sumber: Goel *et al.*, (2021)

Bahan plastik didefinisikan sebagai *bioplastic* apabila bahan tersebut berbasis bio, *biodegradable* atau memiliki sifat keduanya. *Bioplastic* terdiri dari plastik *biodegradable* (plastik yang dihasilkan dari bahan fosil) atau plastik berbasis bio (plastik yang disintesis dari biomassa atau sumber daya terbarukan). *Biobased* didefinisikan sebagai bahan atau produk yang seluruh atau sebagian diperoleh dari biomassa (tanaman). Biomassa yang digunakan untuk bioplastik dapat berasal dari jagung dan selulosa. Contohnya, pada monomer etilen diperoleh dari dehidrogenasi alkohol dan dicampur dengan biomassa, maka polietilen yang dihasilkan dapat disebut sebagai *biobased* atau bio-polietilen meskipun tidak akan *biodegradable* atau dapat dikomposkan (Tokiwa *et al.*, 2009).

Pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa bioplastik yang berbeda dan berasal dari fosil plastik dapat dibedakan menjadi terurai secara hayati dan tidak dapat terurai secara hayati. Polimer yang berasal dari polimer *biobased* dan juga biodegradable seperti *poly lactic acid* (PLA), *polyhydroxyalkanoates* (PHA),

poly(butylenesuccinate) (PBS) dan pati. Kemudian, ada beberapa plastik berbahan dasar fosil namun *biodegradable*, seperti *poly (butylene adipate terephthalate)* (PBAT), dan *polycaprolactone* (PCL). Beberapa plastik konvensional seperti *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), dan lainnya. Selain itu, ada juga polimer *biobased* tetapi masih belum dapat terurai secara hayati (*non-biodegradable*) seperti bioPE (*bioPolyethylene*) yang diproduksi menggunakan etilena yang berasal dari bio-etanol. Polimer – polimer yang berasal dari sumber hayati ini meskipun bersifat *non-biodegradable*, tetapi dapat mereduksi karbon, seperti bioPE yang terbuat dari tumbuhan (biomassa). Maka, bioPE merupakan polimer yang dapat menghilangkan CO₂ dari atmosfer dan menyimpan selama masa pakai produk (Goel *et al.*, 2021).

Kelebihan kemasan *biodegradable* adalah memiliki kekuatan tarik yang tinggi, tidak beracun, dan tingkat fleksibilitas tinggi, serta dapat dibuat dari serat alami. Sedangkan kelemahan dari kemasan *biodegradable* adalah memiliki sifat mekanik yang rendah (Joseph *et al.*, 2007; Xiao *et al.*, 2016). Beberapa jenis kemasan *biodegradable* yaitu *poly lactic acid* (PLA) adalah poliester termoplastik berbasis bio yang paling banyak dikomersialkan dan tersedia yang berasal dari sumber daya terbarukan (Reichert *et al.*, 2020). *Polyvinyl acid* (PVA) merupakan polimer sintetik yang jumlahnya melimpah dengan biaya rendah, larut air, biokompatibilitas dan *biodegradability*, ketahanan terhadap senyawa kimia yang baik, sifat penghalang gas, sifat termal yang rendah (Xiao *et al.*, 2016; Bhardwaj *et al.*, 2020). *Polypropylene* (PP) adalah bahan yang sudah banyak digunakan untuk membuat komposit yang diperkuat dengan serat alami (*natural fiber*) karena biaya yang rendah dan sifat mekanik yang baik. *Polysulfone* (PSf) merupakan salah satu jenis plastik rekayasa khusus dengan berbagai sifat yang baik seperti kekuatan mekanik yang tinggi, stabilitas termal, dan ketahanan kimia (Yang *et al.*, 2016). *Polyethylene* (PE) merupakan bahan komoditas termoplastik yang digunakan dalam produksi produk plastik seperti wadah makanan dan kantong plastik. Jenis PE yang banyak digunakan untuk produk bioplastik yaitu *high density polyethylene* (HDPE) dan *low density polyethylene* (LDPE).

1.2.5. Kehilangan Pangan

Food losses merupakan pengurangan kualitas atau kuantitas makanan akibat tindakan dari pemasok makanan di sepanjang rantai pasok (*supply chain*), selain penjual dan retail. Isu kehilangan pangan (*food losses*) menjadi sangat penting dalam upaya meningkatkan pendapatan, memerangi kelaparan, dan meningkatkan ketahanan pangan di negara - negara termiskin di dunia. Kehilangan pangan berdampak pada kualitas, keamanan pangan, pembangunan ekonomi dan lingkungan. Secara umum, kehilangan pangan akan dipengaruhi oleh pilihan dan pola produksi tanaman, infrastruktur, kapasitas internal, rantai dan saluran pemasaran untuk distribusi, dan pembelian konsumen. Kerugian dari kehilangan pangan seperti pemborosan sumber daya yang digunakan dalam produksi seperti tanah, air, dan energi. Memproduksi makanan yang tidak akan dikonsumsi menyebabkan emisi CO₂ yang tidak perlu. Selain itu, kehilangan pangan juga berdampak negatif terhadap pendapatan petani dan konsumen. Masalah kehilangan pangan juga mengacu pada penurunan masa makanan yang dapat dimakan di seluruh bagian dari rantai pasokan secara khusus mengarah pada makanan yang dapat dimakan untuk konsumsi manusia (FAO, 2011).

Kehilangan pangan terjadi pada tahap produksi, pasca panen dan pengolahan dalam rantai pasokan makanan pada tanaman jagung (Parfitt *et al.*, 2010). Pentingnya faktor ekonomi menyebabkan kerugian pasca panen yang tinggi bervariasi dari komoditas, musim, lingkungan, proses penyimpanan, dan pemasaran. Salah satu penyebab kehilangan pangan karena penanganan yang tidak tepat tentang cara panen mengakibatkan kerusakan tanaman oleh hama. Jagung yang berada di negara Afrika mengalami kehilangan pangan sebesar 6-10%, 3,5 % di Zimbabwe dan 4,5% di Zambia (Abass *et al.*, 2014). Secara keseluruhan, pengurangan produksi jagung antara 20 - 40% di Afrika Timur dan Selatan (FAO, 2018).

1.2.6. Jagung

Maize (Zea mays L.) atau disebut jagung merupakan salah satu komoditas pertanian di dunia sebagai makanan pokok yang banyak dikonsumsi setelah beras dan gandum. Varietas jagung yang berbeda digunakan untuk konsumsi manusia, pakan ternak, dan input industri pengolahan. Awal mula jagung ditanam di Amerika karena kemampuan beradaptasi geografis dan ketahanan iklim yang baik, sehingga produksi jagung telah menyebar ke seluruh dunia. Pada tahun 2017, produksi jagung dunia bertambah hingga 1,04 miliar ton, dimana hampir 15% dari perdagangan internasional (FAO, 2018 dalam Kornher, 2018). Produksi Jagung di negara - negara seperti Cina, Indonesia dan Amerika Serikat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Produksi Jagung (per Ton) dari Cina, Indonesia dan Amerika Serikat pada Tahun 2015 - 2020.

Tahun	Produksi Jagung (per Ton)		
	Amerika Serikat	China	Indonesia
2015	345.486.340	265.157.307	19.612.435
2016	412.262.180	263.777.750	23.578.413
2017	371.096.030	259.256.299	28.924.015
2018	364.262.150	257.348.659	30.253.938
2019	345.962.110	260.957.662	22.586.000
2020	360.251.560	260.876.476	22.500.000

Sumber: FAOSTAT (2021)

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa jumlah produksi jagung terbesar yaitu 412.262.180 juta ton di Amerika Serikat (FAOSTAT, 2021). Produksi jagung di Amerika Serikat secara keseluruhan yang terbesar jumlahnya, diikuti dengan Cina. Sedangkan, produksi jagung tahunan di Indonesia masih berbeda jauh jumlahnya dibandingkan Amerika Serikat dan Cina. Dengan peningkatan produksi jagung tahunan, maka diperoleh juga ampas jagung sebanyak 50% dari jumlah jagung dan ampas kulit jagung sebanyak 10%. Hal ini menunjukkan bahwa limbah kulit jagung mencapai 1,6 juta ton per tahun. Pada tahun 2017, ditemukan bahwa selulosa dari kulit jagung sekitar 38%. Kandungan karbohidrat

pada jagung sebesar 72% dari berat biji, di mana kandungan utama pada karbohidrat adalah pati dengan proporsi 25-30% amilosa dan 70-75% amilopektin. Penelitian membuktikan bahwa jagung memiliki kandungan serat alami yang dapat diekstraksi dari bagian sekam (kulit), daun, batang dan jerami. Serat jagung berdasarkan penelitian Mendes *et al*, (2015), dapat menghemat 90% dari biaya dan mudah diperoleh dibandingkan serat lainnya (Xiong *et al*, 2012).

Menurut Sruamsiri (2007), jagung mengandung serat yang tinggi meliputi polisakarida yang sulit terdegradasi seperti hemiselulosa, selulosa, oligosakarida dan zat lainnya. Sumber utama pada jagung adalah karbohidrat. Berdasarkan data *United States Department of Agricultural (USDA)* (2019) mengenai kandungan kimia dan gizi jagung mentah per 100 g (Tabel 3).

Tabel 3. Kandungan Kimia dan Gizi Jagung Mentah per 100 g

Nama	Jumlah	Satuan
Karbohidrat	12,8	g
Protein	0,8	g
Lemak	0	g
Serat	0,8	g
Besi	0	mg
Natrium	240	mg
Kalsium	3	mg

Sumber: USDA (2019)

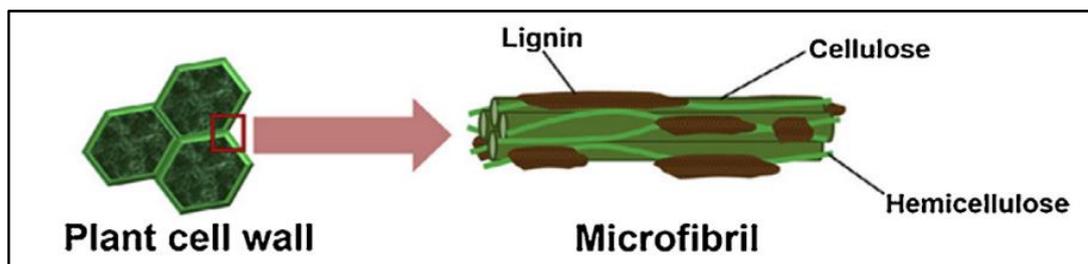
1.2.7. Limbah Kulit Jagung

Kulit jagung merupakan bagian dari tanaman berfungsi untuk melindungi biji jagung. Kulit jagung adalah lembaran serat yang dimodifikasi untuk melindungi tongkol jagung. Morfologi dari kulit jagung yaitu berwarna hijau serta memiliki permukaan yang kasar (Sandhu *et al*, 2004). Menurut Youssef *et al*, (2015) menyatakan bahwa bahwa kulit jagung mengandung selulosa yang cukup tinggi yaitu sekitar 43%. Kulit jagung juga mengandung 22% lignin, 31% hemiselulosa, 1,9% abu dan bahan lainnya sekitar 4,57%. Dari sumber penelitian telah membuktikan bahwa serat kulit jagung memiliki karakteristik seperti kekuatan tarik yang tinggi, memiliki daya serap yang relatif rendah, kekuatan tinggi pada

arah serat yang memanjang, dan tidak mudah untuk terkontaminasi oleh bakteri. Serat kulit jagung digunakan sebagai serat alam yang bertujuan untuk bahan penguat dalam polimer dan komposit. Dari beberapa penelitian membuktikan bahwa struktur morfologi, stabilitas termal biomassa, dan komposisi kimia merupakan kriteria penting untuk memilih bahan yang digunakan sebagai bahan pengisi dan penguat komposit (Brinchi *et al*, 2013; Huda *et al*, 2008; Faruk *et al*, 2012; Poletto *et al*, 2014; Xiong *et al*, 2012).

1.2.8. Komposisi Limbah Kulit Jagung

Limbah kulit jagung mengandung komposisi serat 43% selulosa, 22% lignin, dan 31% hemiselulosa (Youssef *et al*, 2015). Selulosa merupakan bahan organik terbarukan yang jumlahnya berlimpah, dan dapat digunakan untuk produksi biomassa. Selain itu, selulosa merupakan senyawa organik non aromatik dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang dihubungkan oleh ikatan β -1-4 dan tersusun dari unit - unit *D-anhydro glucopyranose*. Selulosa yang terdapat pada kulit jagung (sekam) mengandung serat yang tinggi yaitu 43% (Youssef *et al*, 2015). Penggunaan selulosa sebagai biopolimer alami dan jumlahnya melimpah, komposit polimer yang diperkuat serat selulosa telah banyak digunakan oleh penelitian - penelitian karena biodegradabilitas, kepadatan rendah, non-toksik, dan lebih murah secara ekonomis daripada polimer sintesis lainnya. Serat memiliki sifat mekanik yang baik (Phantong *et al*, 2018). Diameter serat sangat mempengaruhi kekuatan mekanik pada selulosa. Menurut Shahzad, (2012) menyatakan bahwa dengan semakin besar diameter serat maka nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) dan modulus *Young* yang dihasilkan akan semakin rendah.



Gambar 2. Struktur Dinding Sel Tumbuhan
Sumber: Phantong *et al.*, (2018)

Pada Gambar 2, dapat terlihat hemiselulosa pada dinding sel tumbuhan. Hemiselulosa memiliki struktur ikatan hidrogen yang bersatu, di mana jaringan padat dalam serat selulosa dan membran yang bersifat tidak larut dalam air / pelarut tertentu, kekuatan tarik kuat dan antibakteri. Selulosa kulit jagung mengandung 27% hemiselulosa dalam 100 gram berat kering (Helbert *et al*, 1996). Kandungan lignin pada kulit jagung sekitar 10-25% berat kering 100 gram jagung dan berfungsi sebagai pengikat antara komponen selulosa dan hemiselulosa. Lignin dapat memberikan kekakuan (*rigid*) dan kekuatan berdasarkan fungsi pengikatannya, dan melindungi dinding sel (Zimmermann *et al*, 2010).

1.2.9. Senyawa Kimia Tambahan dalam Metode Pengolahan

Untuk pemrosesan polimer umumnya menggunakan senyawa kimia yang ditambahkan dalam metode pengolahan kemasan *biodegradable* agar tidak membahayakan biodegradabilitasnya (Meereboer *et al*, 2020). Beberapa senyawa kimia tambahan yang digunakan pada metode pengolahan bio-komposit limbah kulit jagung dan kemasan *biodegradable* yaitu :

- a. Natrium Hidroksida (NaOH) pada proses perlakuan alkali bertujuan untuk meregangkan / merusak ikatan karbon ester lignoselulosa (lignin dan hemiselulosa) sehingga memudahkan pelarutan lignoselulosa. Dengan demikian, NaOH dapat melarutkan hemiselulosa dan penurunan kandungan lignin untuk proses berikutnya (Zhou *et al*, 2010).
- b. Penggunaan NaOCl pada proses pemutihan (*bleaching*) bertujuan untuk meningkatkan kecerahan warna putih pada serbuk hasil delignifikasi (Mussato *et al.*, 2008). Adanya ion klorit (ClO^-) pada Natrium Hipoklorit (NaOCl) dapat digunakan pada proses pemutihan. Selain itu, NaOCl dapat menyebabkan putusannya ikatan lignoselulosa (hasil delignifikasi) karena NaOCl dapat bereaksi di dalam air (ion ClO^- dan asam HOCl) (Rosli, 2013).

- c. Hidrogen peroksida (H_2O_2) digunakan sebagai bahan pemutih (*bleaching agent*) pada *film* bio-komposit yang telah menunjukkan peningkatan sifat tarik dan ikatan sifat termal; misalnya meningkatkan modulus elastisitas dan kekuatan tarik karena kandungan CHF meningkat dibandingkan dengan *film* bio-komposit yang tidak dilakukan proses pemutihan (*bleaching process*) (Wong & Chan, 2018).
- d. *Maleic anhydride* (MAH) merupakan senyawa organik yang sering digunakan dalam bahan komposit karena meningkatkan kompatibilitas antara serat dan matriks polimer. Kelebihan dari *maleic anhydride* (MAH) yaitu efektif digunakan pada konsentrasi rendah, memiliki energi permukaan yang rendah, dapat diperoleh secara komersial dan tidak membutuhkan perlakuan awal terhadap serat atau polimer kemasan *biodegradable* sebelum proses pembuatannya (Akonda *et al.* 2019).

1.2.10. Metode Pengolahan Bio-Komposit Limbah Kulit Jagung

Metode pengolahan limbah kulit jagung diawali dengan *water retting method*. Pertama - tama, kulit jagung dicuci dengan *distilled water* (air distilasi / air suling / *purified water*) dan direndam dalam air selama beberapa hari. Lalu, kulit jagung yang menjadi lunak dan serat terlepas dari kulitnya. Padatan yang dihasilkan kemudian dikeringkan, digiling dan diayak. Serat kulit jagung kemudian dipotong menjadi beberapa ukuran yang berbeda. Sari *et al*, (2016) menyatakan bahwa serat kulit jagung (*Corn Husk Fiber* / CHF) diperoleh dari kulit di sekitar tongkol jagung yang direndam dalam air suling selama minimal 1 hari yang digunakan untuk menghilangkan residu dan debu. Air suling bertujuan sebagai pelarut senyawa organik dan anorganik dalam air.



Gambar 3. Pra Perlakuan Serat Kulit Jagung

Sumber: Mr Md *et al.* (2020)

Dapat dilihat pada Gambar 3, kulit jagung dilakukan pra perlakuan yang bertujuan untuk menghilangkan lignoselulosa dan meningkatkan ketersediaan selulosa sehingga proses hidrolisis lebih efektif (Zheng *et al.*, 2009). Perlakuan kimia bertujuan untuk mengurangi ukuran bahan, meningkatkan adhesi pada antarmuka serat / polimer selulosa. Pra perlakuan bahan dimulai dari perendaman kulit jagung selama 15 hari, lalu diperoleh ekstrak serat kulit jagung dan dikeringkan (Mr Md *et al.*, 2020).

Perlakuan dengan alkali menghasilkan perubahan topografi permukaan serat alami menciptakan permukaan yang lebih kasar dengan lebih banyak pemisahan serat individu. Perlakuan dengan alkali dapat mendegradasi lignin, menetralkan asam organik dan mengurangi penghambatan selama proses menarik (Antonopoulos *et al.*, 2016). Perlakuan ini dilakukan setelah dihasilkan serbuk dari pra perlakuan bahan. Pertama - tama, serbuk direndam dengan larutan NaOH. Padatan yang dihasilkan dari proses perendaman dengan NaOH, kemudian disaring dan dicuci beberapa kali dengan air suling hingga diperoleh pH netral dan dikeringkan dengan oven (Piyaporn, 2015; Liu *et al.*, 2015).

Serupa dengan penelitian Sari *et al.*, (2018), prosedur untuk ekstraksi serat dilakukan percobaan selama 60 menit pada tingkat suhu yang berbeda, ditambahkan larutan NaOH (perlakuan alkali) pada konsentrasi tertentu antara serat dan pelarut. Serat yang diekstraksi dicuci bersih dalam air keran untuk menghilangkan zat terlarut. Serat yang telah diekstraksi kemudian dinetralkan dengan asam asetat encer, dibilas dengan air dan akhirnya dikeringkan dalam kondisi sekitar. Setelah perlakuan alkali, proses pemutihan dilakukan dengan menggunakan natrium klorit (NaOCl) atau Hidrogen peroksida (H₂O₂). Proses pemutihan / *bleaching* bertujuan untuk mendapatkan selulosa yang murni (lebih dari 80%). Padatan yang dihasilkan lalu dicuci beberapa kali dengan air suling dingin hingga pH netral/ pH 7. Selanjutnya, hasil proses pemutihan dikeringkan dan disimpan dalam lemari es selama 24 jam (Liu *et al.*, 2016; Piyaporn, 2015).

1.2.11. Metode Pengolahan Produk Kemasan *Biodegradable*

Pengolahan produk *biodegradable* dapat diolah menjadi berbagai macam produk, salah satunya adalah kemasan makanan (*food packaging*). Kemasan *biodegradable* telah berhasil diproduksi dengan menggunakan konversi kemasan konvensional termasuk *melt-mixing* (Delgado-Aguilar *et al.*, 2013), *thermo-mechanical processing* (TPS) (Luo *et al.*, 2014), *extrusion* (Saenghirunwattana *et al.*, 2014), pengecoran pelarut (*solvent casting method*) (Malek *et al.*, 2021), pencetakan kompresi (*compression molding*), pencetakan injeksi (*injection molding*) dan *hot press technique* (Sari *et al.*, 2020).

1.2.12. Karakteristik Limbah & Kemasan *Biodegradable*

Karakteristik limbah kulit jagung dan kemasan *biodegradable* diketahui dari metode ekstraksi yang dipengaruhi oleh konsentrasi, suhu, waktu reaksi, jenis pelarut, dan aspek rasio (Kargarzadeh *et al.*, 2012). Salah satu parameter yang paling penting adalah waktu, dimana perbedaan waktu pengolahan dapat mempengaruhi hasil karakteristik bahan. Karakteristik kemasan *biodegradable* pada sifat mekanik diketahui dari kekuatan tarik (*tensile strength*), *modulus Young*, perpanjangan (*elongation*), daya serap air (*water absorption*), dan suhu

termal yang berkaitan dengan karakteristik serat kulit jagung (Kambli *et al.*, 2018).

1.2.13. Analisis Kesenjangan Terkait Kulit Jagung untuk Solusi Kemasan *Biodegradable*

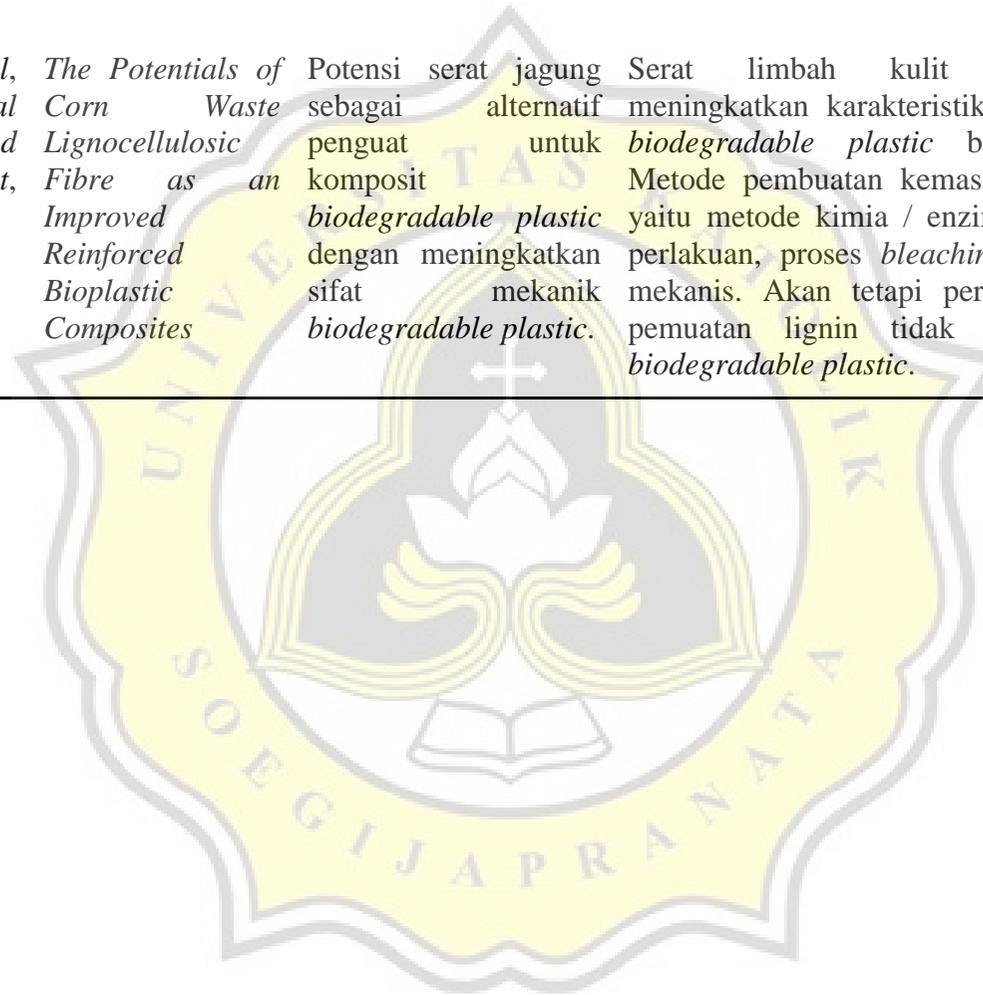
Produksi jagung (*Zea mays*) di dunia sekitar 800 juta ton pertahun (Rafiq, 2016). Hal inilah yang menyebabkan dihasilkan limbah jagung dalam jumlah yang melimpah. Kulit jagung menjadi salah satu bagian dari jagung yang tidak dimanfaatkan dalam bahan pangan dan tergolong sumber serat dan masih perlu diteliti terkait sifat mekanik secara optimal (Poletto *et al.*, 2014). Berdasarkan sifat mekanik dan komposisi kimia, serat kulit jagung yang diproses dapat memberikan manfaat terhadap kandungan selulosa yang dihasilkan sebagai produk kemasan *biodegradable* (Faruk *et al.*, 2012; Poletto *et al.*, 2014).

Terdapat berbagai *review* artikel yang membahas mengenai pemanfaatan serat limbah kulit jagung sebagai solusi pengemasan yang *biodegradable* untuk menggantikan penggunaan plastik. Fokus penelitian - penelitian berbasis *review* terkait potensi dan pemanfaatan limbah kulit jagung untuk meningkatkan sifat - sifat produk kemasan *biodegradable* sehingga menjadi solusi yang baik sebagai bahan pengemasan *biodegradable* yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Artikel *Review* sebagai Acuan Penentuan Analisis Kesenjangan terkait Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung untuk Solusi Pengemasan *Biodegradable*

No	Penulis dan Judul Identitas Jurnal	Fokus <i>Review</i>	Temuan	Kriteria	Negara	
1.	Bhardwaj <i>et al</i> , (2020). - <i>Journal of Packaging Technology and Research</i> , 4(2), 205-216.	<i>Lignocellulosic agricultural biomass as a biodegradable and eco-friendly alternative for polymer-based food packaging.</i>	Peluang valorisasi dan pemanfaatan limbah kulit jagung menjadi komposit <i>biodegradable</i> sebagai alternatif dalam bahan pengemasan serta potensi produk baru sebagai solusi pengemasan yang berkelanjutan	NFC diperkuat PVA dengan perlakuan kimia (hidrolisis asam dan basa). Limbah jagung berpotensi sebagai produk kemasan makanan bernilai tinggi karena kandungan selulosa tinggi dan lignin rendah. Namun tidak ada literatur tentang bio-komposit berbasis kulit jagung, sehingga perlu diteliti lebih lanjut.	Q3	India

2. Chong *et al*, *The Potentials of Corn Waste Lignocellulosic Fibre as an Improved Reinforced Bioplastic Composites* (2021). - *Journal of Polymers and the Environment*, 29 (2), 363-381. Potensi serat jagung sebagai alternatif penguat untuk komposit *biodegradable plastic* dengan meningkatkan sifat mekanik *biodegradable plastic*. Serat limbah kulit jagung untuk meningkatkan karakteristik PLA, PHB dan *biodegradable plastic* berbasis selulosa. Metode pembuatan kemasan *biodegradable* yaitu metode kimia / enzimatik dengan pra perlakuan, proses *bleaching* dan perlakuan mekanis. Akan tetapi perlu diteliti bahwa pemuatan lignin tidak diperlukan pada *biodegradable plastic*. Q2 Q2
-



- | | | | | | |
|----|---|--|---|----|------------|
| 3. | Zwawi, M. (2021). <i>A Review on Natural Fiber Molecules</i> , 26(2), 404. | Beberapa matriks polimer yang dapat terdegradasi oleh limbah jagung adalah poli butilen suksinat (PBS), asam poli-laktat (PLA), dan polyhydroxyalkanoate (PHA) | Metode yang dilakukan dengan perawatan permukaan limbah kulit jagung yaitu <i>solvent extraction</i> , <i>physico-chemical treatment</i> , dan <i>chemical modifications</i> dari penambahan senyawa kimia. Sedangkan metode konvensional pembuatan bio-komposit plastik seperti <i>compression molding</i> , <i>hand lay-up</i> , <i>injection</i> , dan <i>extrusion</i> . Penelitian berfokus pada pengembangan dan modifikasi kualitas biokomposit sehingga hemat biaya produksi. | Q1 | Arab Saudi |
| 4. | Reichert <i>et al.</i> (2020). <i>Bio-based packaging: Materials, modifications, industrial applications and sustainability.</i> <i>Polymers</i> , 12(7), 1558. | Pemanfaatan bahan berbasis bio dari limbah jagung secara sintetik meliputi <i>polyethylene furanoate</i> (PEF), <i>poly lactic acid</i> (PLA), <i>polybutylene succinate</i> (PBS) untuk aplikasi produk pengemasan, dan tekstil. Sedangkan, secara non-sintetik seperti polihidro alkanat (PHA), protein, selulosa, dan pati. | Metode pembuatan kemasan makanan dari limbah kulit jagung yaitu <i>injection molding / thermoforming</i> , dan <i>extrusion</i> . Proses <i>injection molding</i> yaitu butiran polimer ditambah cairan polimer dipanaskan dan dituangkan ke cetakan injeksi. Sedangkan, proses <i>thermoforming</i> dilakukan dengan bahan dipanaskan pada inframerah, diperoleh lembaran lunak. | Q1 | Spanyol |

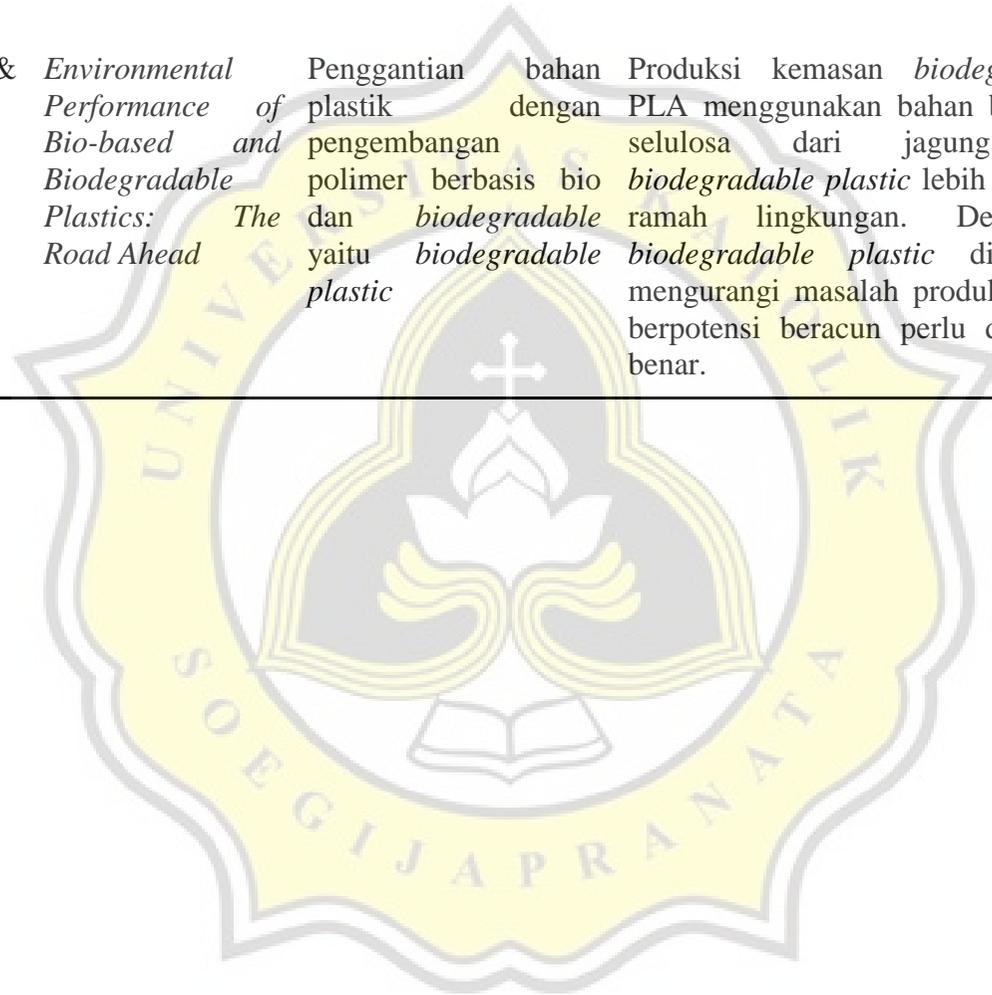
- | | | | | | |
|----|---|--|--|----|----------------|
| 5. | Mokhena <i>et al.</i> <i>Thermoplastic Polymers</i> , 10(12), 1363. - <i>processing of PLA/cellulose nanomaterials composites.</i> | Pemanfaatan nanomaterial selulosa dengan teknik pemrosesan konvensional untuk produksi komposit PLA | Metode pembuatan PLA dari kulit jagung yaitu <i>extrusion, melt-spinning, thermopressing</i> dan <i>compression molding</i> . PLA sebagai pengganti polimer berbasis minyak bumi. PLA dapat diperbarui, <i>biodegradability</i> , biokompatibilitas, dan sifat termomekanis yang baik. Namun, PLA memiliki kekurangan yaitu ketahanan termal yang rendah, dan suhu distorsi panas. | Q1 | Afrika Selatan |
| 6. | Ibrahim, <i>et al.</i> <i>BioResources</i> , 14(3), 6485-6500. - <i>Extraction, chemical composition, and characterization of potential lignocellulosic biomasses and polymers from corn plant parts.</i> | Pemanfaatan limbah kulit jagung sebagai sumber biomassa yang potensial untuk menghasilkan berbagai aplikasi biomaterial. | Limbah kulit jagung memiliki kandungan serat selulosa tertinggi dan morfologi permukaan yang paling menguntungkan. Namun sampai saat ini, belum ada penelitian cukup tentang bio-komposit untuk aplikasi polimer plastik yang diperkuat dari serat kulit jagung untuk produk berkualitas tinggi. | Q3 | Malaysia |

- | | | | | | | |
|----|--|--|--|---|----|----------|
| 7. | Zhu <i>et al.</i> (2016). <i>Sustainable - Nature</i> , 540 (7633), 354 - 362. | <i>polymers from renewable resources</i> | Pemanfaatan biopolimer berkelanjutan dari jagung untuk menghasilkan produk komersial seperti kemasan | Peluang pengemasan dari biopolimer jagung sulit bersaing dengan polimer plastik. Oleh karena itu, produk biopolimer harus bernilai dan berkinerja lebih tinggi, seperti ketahanan termal, dan nilai perpanjangan yang tinggi yang juga membutuhkan senyawa kimia tambahan. Maka dari itu, dibutuhkan studi lebih lanjut mengenai kemasan <i>biodegradable</i> dari kulit jagung yang dapat meningkatkan sifat - sifat mekanik tersebut dengan penambahan senyawa kimia. | Q1 | London |
| 8 | Chun <i>et al.</i> (2020) | <i>Properties of Corn Husk Fiber Reinforced Epoxy Composites Fabricated Using Vacuum-assisted Resin Infusion</i> | Proses pembuatan serat kulit jagung dan komposit | Limbah kulit jagung diproses menjadi bahan komposit dengan dicampur plastik <i>biodegradable</i> . Serat kulit jagung dilakukan pra-perlakuan dengan alkali dan pemutihan sebelum dibuat <i>fiber mat</i> . Penelitian ini berfokus pada pengaruh perlakuan serat terhadap sifat mekanik, morfologi dan penyerapan air dari komposit. | Q1 | Malaysia |

9	Kambli et al. (2018)	<i>Characterization of the corn husk fibre and improvement in its thermal stability by banana pseudostem sap</i>	Analisis karakteristik kulit jagung	dan Ekstraksi serat	dan Ekstraksi serat kulit jagung diikuti proses pemutihan dengan penambahan senyawa kimia. Penelitian akan berfokus pada komposisi kimia, ukuran serat, kristalinitas, morfologi serat kulit jagung.	Q1	India
10	Huda & Yang, (2008)	<i>Chemically Extracted Corn husk Fibers as Reinforcement in Light-Weight Poly(propylene) Composites</i>	Pengaruh mekanik ketahanan Corn husk fiber /PP	Sifat pada komposit (CHF)	Komposit diproduksi dengan serat kulit jagung dan PP. Pengaruh konsentrasi serat kulit jagung, suhu termal, panjang serat, karakterisasi serat dan perlakuan enzim dari serat kulit jagung yang diekstraksi sehingga diperoleh sifat mekanik komposit.	Q1	USA
11	Karimah al.(2021)	<i>et A Comprehensive Review on Natural Fibers: Technological and Socio-Economical Aspects</i>	Pembaruan biodegradabilitas serat alami mempertimbangkan karakteristik teknologi yang tepat.	dan dengan dan	Potensi tanaman jagung dalam menyediakan serat alami yang tinggi seperti kulit jagung. Penambahan serat kulit jagung pada komposit polimer dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan sifat ketangguhan komposit polimer.	Q1	Indonesia

- | | | | | | | |
|----|------------------------------------|--|--|--|----|---------------|
| 12 | Ehnman & Area.
(2021) | <i>Bioplastic are Revolutionizing the Packaging Industry</i> | Produksi <i>biodegradable plastic</i> dengan <i>trend</i> yang sedang berkembang yaitu dengan pemanfaatan sumber terbarukan (selulosa) yang memberikan peluang seperti biaya rendah, bahan alami, ketersediaan melimpah, dan ramah lingkungan. | Bio-komposit adalah campuran dari matriks plastik dengan bahan penguat yang dapat berupa serat alami seperti serat selulosa. Proses pengolahan serat yang telah dicampur polimer plastik dengan menggunakan teknik injeksi. Karakteristik struktur yang dicetak seperti sifat mekanik, penyerapan air, dan ketahanan termal. | Q3 | Argentina |
| 13 | Anderson & Lamsal et al.
(2011) | <i>Zein Extraction from Corn, Corn products, and Coproducts and Modifications for Various Applications : A Review.</i> | Pengaplikasian jagung menjadi produk seperti pelapis, plastik, tekstil dan perekat. | Biopolimer terbarukan dan dapat diekstraksi dari jagung dengan memberikan fleksibilitas yang diinginkan, kekuatan, ketangguhan, yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi pengemasan makanan. | Q2 | United States |

- 14 Lambert & Wagner, (2017) *Environmental Performance of Bio-based and Biodegradable Plastics: The Road Ahead* Penggantian bahan plastik dengan pengembangan polimer berbasis bio dan *biodegradable plastic* yaitu *biodegradable plastic* Produksi kemasan *biodegradable* seperti PLA menggunakan bahan baku alami yaitu selulosa dari jagung. Penggunaan *biodegradable plastic* lebih cepat terurai dan ramah lingkungan. Dengan produksi *biodegradable plastic* diharapkan dapat mengurangi masalah produk degradasi yang berpotensi beracun perlu ditangani dengan benar. Q1 Germany
-



Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa pemanfaatan limbah kulit jagung untuk bahan baku pembuatan film bio-komposit untuk meningkatkan karakteristik produk kemasan *biodegradable* sebagai alternatif dalam bahan pengemasan serta potensi produk baru sebagai solusi pengemasan yang berkelanjutan. Potensi limbah yang dijadikan produk yang bernilai tinggi yaitu kemasan *biodegradable*. Beberapa contoh produk kemasan *biodegradable* secara sintetik meliputi *poly lactic acid* (PLA), *polybutylene succinate* (PBS) *polyethylene furanoate* (PEF). Sedangkan, secara non-sintetik seperti polihidro alkanooat (PHA), protein, selulosa, dan pati Reichert *et al.*, (2020).

Dari beberapa literatur, dapat dilihat bahwa limbah serat kulit jagung paling banyak dimanfaatkan untuk meningkatkan karakteristik kemasan *biodegradable* seperti PLA. Namun, pada *review* di atas belum banyak ditemukan potensi limbah kulit jagung yang digunakan untuk meningkatkan kemasan *biodegradable*. Beberapa metode yang dilakukan untuk perlakuan (*treatment*) permukaan limbah jagung yaitu *solvent extraction*, *physico-chemical treatment*, dan *chemical modifications* dari penambahan senyawa kimia (Zwawi, M. 2021). Sedangkan metode pembuatan komposit biopolimer plastik dari kulit jagung dengan metode konvensional yaitu *extrusion*, *melt-spinning*, dan *compression molding*. Proses pengolahan serat yang telah dicampur polimer plastik dengan menggunakan teknik injeksi. Karakteristik struktur yang dicetak seperti sifat mekanik, penyerapan air, dan ketahanan termal (Ehnman & Area, 2021).

Produk kemasan *biodegradable* dari kulit jagung ditemukan bahwa peluang pengemasan tersebut sulit bersaing dengan polimer plastik. Selain itu, produk pengemasan ini yang memiliki beberapa kekurangan seperti ketahanan termal yang rendah dan sifat mekanik yang buruk. Untuk itu, produk biopolimer harus bernilai dan berkinerja lebih tinggi, seperti ketahanan termal, dan nilai perpanjangan yang tinggi yang juga membutuhkan senyawa kimia. Polimer kemasan *biodegradable* harus ditambahkan dengan senyawa kimia *biodegradable* agar tidak membahayakan biodegradabilitasnya (Havstad *et al*, 2020). Akan tetapi penelitian - penelitian *review* tersebut kurang membahas tentang kemasan

biodegradable berdasarkan sifat mekanik dan sifat fisik yang dapat diperoleh dari metode - metode pengolahan tersebut dan tidak adanya *review* yang membahas mengenai senyawa kimia tambahan yang digunakan pada proses pengolahan tersebut.

Oleh karena itu, pada penelitian ini diperlukan lebih banyak *review* yang memungkinkan potensi dan pemanfaatan limbah kulit jagung untuk meningkatkan produk *biodegradable* sehingga menjadi solusi yang baik sebagai bahan pengemasan *biodegradable*. Faktor - faktor yang mempengaruhi fokus *review* ini juga akan mengenai metode pengolahan limbah kulit jagung menjadi produk *biodegradable* dengan penambahan senyawa kimia, jenis kemasan *biodegradable* yang dapat diperkuat dari limbah kulit jagung serta tantangan yang diperoleh ketika proses pengolahan dan penggunaan produk kemasan *biodegradable*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu :

- Untuk mengetahui potensi dan pemanfaatan limbah kulit jagung untuk solusi pengemasan *biodegradable*
- Untuk mengetahui metode pengolahan bio-komposit limbah kulit jagung dengan penambahan senyawa kimia
- Untuk mengetahui karakteristik produk kemasan *biodegradable* dengan penambahan limbah kulit jagung
- Untuk mengetahui jenis kemasan – kemasan *biodegradable* yang dapat ditingkatkan dengan penambahan limbah kulit jagung.
- Untuk mengetahui peluang dan tantangan yang diperoleh dari penggunaan produk kemasan *biodegradable*.