

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Proporsi kehilangan pangan (*food loss*) di Indonesia dapat dikatakan masih cukup tinggi. Hal ini dikarenakan penanganan yang tidak tepat sepanjang rantai pasok pangan. Hingga saat ini pemerintah masih belum dapat menangani masalah kehilangan pangan yang terjadi. *Food loss* menjadi salah satu pemicu terjadinya limbah pangan, sehingga harus segera diatasi karena memiliki dampak buruk bagi lingkungan. Peningkatan emisi gas rumah kaca merupakan salah satu dampak kerusakan lingkungan akibat adanya limbah pangan.

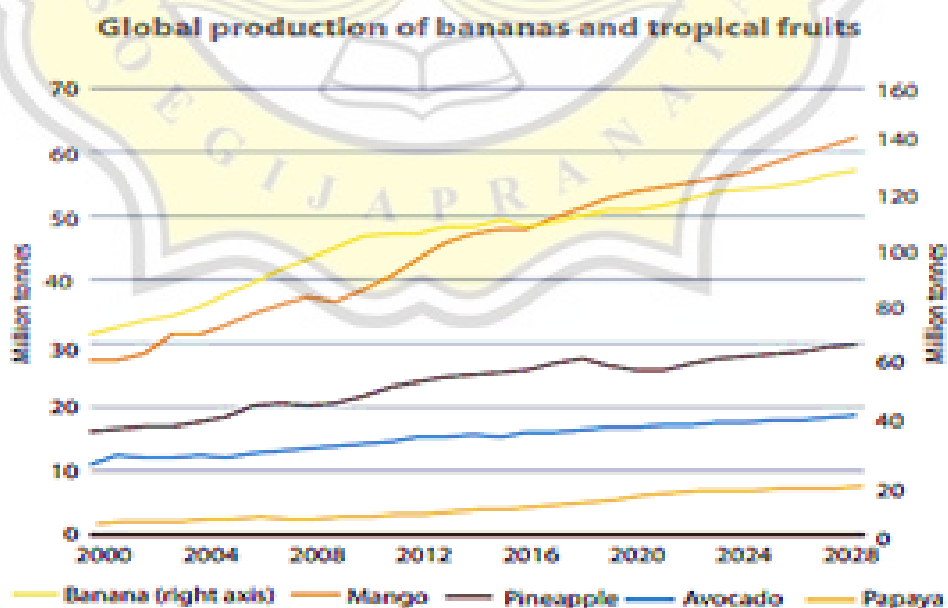
Awal mula terjadinya kehilangan pangan yaitu pada saat pasca panen hingga dilakukan pengolahan lebih lanjut melalui berbagai industri seperti industri pangan, jasa boga, dan rumah tangga. Nilai ekonomi juga menjadi pertimbangan pada pemanfaatan produk akhir yang tidak dapat dimanfaatkan atau dengan kata lain terbuang begitu saja pada suatu industri sehingga memerlukan biaya lebih untuk mengelola limbah tersebut. Masalah *food loss* dapat diatasi dengan adanya tingkat kesadaran dan pemahaman yang tinggi dari masyarakat mengenai besarnya nilai ekonomi pada limbah yang terbuang percuma.

Nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh di daerah tropis maupun sub-tropis. Buah nanas sendiri berasal dari Amerika Selatan tepatnya di Brazil dan Paraguay (Medina dan Garcia, 2005). Indonesia merupakan salah satu negara agraris di dunia dengan lahan pertanian yang luas. Variasi dari tanaman pertanian yang ada sangat banyak, diantaranya yaitu varian hortikultura. Salah satu tanaman hortikultura yang dibudidayakan di Indonesia yaitu buah nanas.

Buah nanas sangat banyak dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat baik di dalam negeri maupun di luar negeri karena harganya cukup terjangkau dan mudah didapatkan (Ardiansyah, 2010). Permintaan pasar yang tinggi terhadap buah nanas juga akan meningkatkan produksi nanas secara global. Pada tahun 2017 nanas

berhasil menduduki peringkat kedua dalam produksi buah tropis di dunia, meskipun peningkatannya tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan oleh produsen utama nanas di dunia yaitu Kosta Rika yang mengalami kerusakan tanaman nanas akibat cuaca (Altendorf, 2019).

Pada tahun 2028 diperkirakan produksi nanas secara global akan naik menjadi 31 juta ton dengan proporsi pertumbuhan sebesar 1,9% per tahunnya (FAO, 2020). Asia akan tetap menjadi produsen nanas tertinggi, hanya saja persentasenya akan sedikit menurun menjadi 41%. Berbeda halnya dengan negara berkembang yang berada di Afrika persentase produksinya akan meningkat sebesar 4% per tahun karena adanya pertumbuhan penduduk yang tinggi. Di Amerika Latin dan Karibia tingkat produksi nanas terus meningkat, hanya saja pertumbuhannya tidak secepat pada dekade sebelumnya. Selama dekade terakhir ini Kosta Rika menjadi negara penghasil nanas terbesar di dunia dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 5% per tahunnya. Pertumbuhan nanas diperkirakan akan terus meningkat pada tahun 2028 hingga 3,5 juta ton, hanya saja akan melambat menjadi 1,8% per tahunnya. Perlambatan pertumbuhan produksi buah nanas yang terjadi dalam satu dekade terakhir merupakan ciri khas dari daerah tropis.



Gambar 1. Produksi Global Buah Tropis Tahun 2019-2028

Sumber: *Food and Agriculture Organization* (2020).

Meskipun nanas bukan jenis buah tropis dengan konsumsi buah per kapita tertinggi secara global, tetapi performanya diperkirakan akan terus mengalami kenaikan hingga menjadi 3,7 kg /orang. Pada tahun 2028 ekspor nanas juga diproyeksikan oleh FAO akan meningkat menjadi 3,2 juta ton dengan persentase peningkatan sebesar 1,3% per tahunnya. Buah nanas tergolong sebagai buah tropis segar ekspor terbanyak kedua setelah buah pisang. Pada tahun 2019 ekspor nanas secara global mengalami kenaikan menjadi 3,2 Mt dengan persentase sebesar 5% (OECD/FAO, 2020). Negara di Asia dengan produksi nanas yang cukup besar secara global yaitu di Cina, Filipina, Thailand, Indonesia, dan India.

Bagian buah yang dapat dikonsumsi pada nanas hanya berkisar 33% yaitu pada bagian daging buahnya. Buah nanas dapat dimanfaatkan untuk berbagai olahan produk yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi diantaranya seperti untuk sirup, keripik, selai, dodol, dan *jelly* (Ardiansyah, 2010). Dalam mengolah nanas untuk menjadi berbagai produk maka akan ada limbah yang dihasilkan dari buah nanas seperti daun nanas dengan kandungan serat yang tinggi. Komposisi persentase daun nanas secara umum yaitu sebesar 90% (Kathomdani, 2018). Semakin tinggi tingkat produksi nanas maka secara tidak langsung juga akan meningkatkan limbah daun nanas yang terbuang begitu saja. Limbah daun nanas yang dihasilkan pada umumnya akan dikembalikan lagi ke lahan untuk dijadikan pupuk. Belum banyak yang mengembangkan daun nanas sebagai produk tertentu yang akan dapat meningkatkan nilai ekonomi tersendiri dari limbah daun nanas, sehingga diperlukan upaya yang lebih lagi untuk meningkatkan nilai ekonomi daun nanas untuk diolah menjadi produk yang bernilai tinggi.

Permasalahan selanjutnya yaitu pada penggunaan plastik sebagai bahan pengemas dalam kehidupan sehari-hari yang begitu melekat, baik digunakan dalam berbagai bidang industri seperti makanan, minuman, tekstil, hingga rumah tangga. Alasan plastik banyak digunakan dan dibutuhkan karena sifatnya yang kuat, ringan, serta harganya yang sangat terjangkau (Mahalik dan Nambiar, 2010). Berdasarkan informasi dari Asosiasi Industri Aromatik Olefin dan Plastik atau yang sering disebut sebagai INAPLAS, penggunaan plastik di Indonesia pada tahun 2015

yaitu sebesar 17 kg/orang/tahunnya. Tingkat penggunaan plastik yang tinggi akan menjadi masalah bagi lingkungan karena sulitnya plastik untuk terdegradasi (Tokiwa *et al.*, 2009). Informasi dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2016, Indonesia merupakan negara penghasil sampah plastik terbesar kedua setelah Tiongkok, sehingga hal ini menjadi suatu permasalahan yang cukup meresahkan (Astuti, 2016). Hal ini juga telah didorong oleh upaya pemerintah dalam menekan penggunaan plastik melalui peraturan Undang-Undang No 18 Tahun 2008 pasal 19 dan 20 mengenai penggunaan kantong plastik berbayar.

Dari kedua permasalahan di atas yang membahas mengenai limbah daun nanas dan penggunaan plastik tidak ramah lingkungan menjadi daya tarik sendiri untuk dipelajari serta diteliti lebih lanjut karena adanya keterkaitan antara kedua topik serta mengingat akan dampak buruk yang dihasilkan terhadap lingkungan. Memanfaatkan serat limbah daun nanas untuk diolah menjadi kemasan *biobased* maupun *biodegradable* merupakan salah satu solusi yang tepat dari kedua permasalahan di atas. Selain meminimalisasikan resiko kerusakan lingkungan, solusi tersebut juga akan meningkatkan nilai ekonomis dari limbah daun nanas yang terbuang begitu saja. Pemilihan topik ini juga didukung oleh banyaknya literatur yang membahas mengenai bioplastik, tetapi masih sedikit *review* yang membahas mengenai pemanfaatan limbah daun nanas yang digunakan sebagai bahan pembuatan plastik *biobased* maupun *biodegradable*. Maka dari itu diperlukan *review* yang lebih dalam lagi mengenai permasalahan limbah daun nanas yang dimanfaatkan dalam pembuatan bioplastik beserta dengan proses pembuatan, senyawa kimia tambahan, karakteristik produk, peluang, serta tantangan yang dihadapi.

## 1.2. Tinjauan Pustaka

### 1.2.1. Keberadaan Plastik Konvensional

Saat ini, plastik menjadi masalah yang mengkhawatirkan karena dapat merusak lingkungan dalam jangka waktu panjang. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa laut dan samudera dipenuhi dengan sampah plastik yang dapat mempengaruhi lebih dari 250 spesies akuatik (Gall dan Thompson, 2015). Degradasi plastik dapat dicapai dengan berbagai proses seperti dengan reaksi panas/termik, reaksi cahaya, degradasi ultraviolet (UV), dll (Singh dan Sharma, 2008). Zat polimer biasanya dapat terdegradasi di bawah radiasi sinar UV. Waktu yang diperlukan untuk penguraian umumnya bervariasi dari satu ke yang lain tergantung pada sifat polimer, jenis paparan cahaya, atau periode oksidasi. Periode degradasi bisa beberapa bulan atau dalam kisaran ratusan hingga ribuan tahun (Barnes *et al.*, 2009). Bahan plastik banyak digunakan untuk kemasan minuman dan barang-barang rumah tangga karena sifatnya yang serbaguna. Namun, karena sifatnya yang tidak dapat terurai, itu mempengaruhi lingkungan melalui polusi.

Plastik *non biodegradable* telah menyebabkan banyak masalah lingkungan seperti pencemaran laut dan kekurangan tempat pembuangan akhir (Faruk *et al.*, 2012). Ketergantungan manusia terhadap kemasan plastik dalam kehidupan sehari-hari sangat tinggi. Saat ini produksi plastik dunia diperkirakan mencapai 100 juta ton setiap tahunnya (Sulchan dan Nur, 2007). Padahal bahan baku untuk pembuatan plastik berasal dari minyak bumi yang persediaannya terbatas serta sulit untuk didegradasi oleh alam, sehingga dapat menimbulkan masalah lingkungan. Selain itu migrasi monomer dari plastik ke dalam produk pangan yang dikemas dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan seperti gangguan pada sistem hormon dan reproduksi disamping pemicu kanker. Oleh karena itu perlu dicari kemasan alternatif yang aman bagi kesehatan serta ramah lingkungan untuk dapat menggantikan plastik. Untuk itu, perlu adanya upaya untuk menghilangkan sampah plastik dari lingkungan.

Dalam beberapa tahun terakhir, peningkatan kesadaran konsumen untuk mengurangi limbah kemasan sintetis telah menempatkan tuntutan baru pada

pengembangan kemasan yang dapat terurai/*biodegradable* dari bahan alami (Simona *et al.*, 2021). Plastik konvensional ini dapat dihilangkan dengan cara dibakar, digunakan kembali, atau didaur ulang. Pembakaran sampah plastik menghasilkan asap berbahaya yang bersifat racun, sedangkan penggunaan kembali bukanlah alternatif yang menarik karena kontaminasi. Untuk alasan ini, daur ulang ke produk lain ternyata menjadi pilihan yang lebih menarik (Reis *et al.*, 2011). Salah satu ancaman utama yang dihadapi dunia kita saat ini adalah masalah akibat limbah plastik dan para ilmuwan di seluruh dunia terus berupaya mengembangkan komposit hijau sebagai pengganti plastik sintetis sambil melestarikan biodegradabilitas (Dean dan Yu, 2005).

Kesadaran akan masalah global akibat limbah plastik meningkatkan pentingnya termoplastik berbasis pati yang sepenuhnya dapat terurai secara hayati dan bersifat hijau (Wang *et al.*, 2009). Masalah tersebut juga telah menyebabkan banyak penelitian tentang komposit yang diperkuat serat alami untuk menjadi alternatif dari polimer sintetis (Satyanarayana *et al.*, 2009). Dari prospek sosial ekonomi kombinasi serat alam dan polimer *biodegradable* yang digunakan untuk membuat komposit hijau yang mudah terurai oleh bakteri atau enzim, memiliki dampak yang sangat baik dalam perekonomian negara karena sifatnya yang ramah lingkungan dan *biodegradable*. Serat alam dapat menjadi pengganti serat sintetis sebagai pengisi atau penguat dalam matriks polimer untuk meningkatkan produktivitas dan meningkatkan mekanik (Rahman *et al.*, 2019).

### **1.2.2. Plastik**

Perkembangan plastik sebagai bahan pengemas sudah merajai sebagian besar kemasan di dunia. Sifatnya yang ringan, mudah dibentuk, kuat, dan murah menjadi daya tarik tersendiri bagi plastik (Mahalik dan Nambiar, 2010). Penggunaan plastik tidak hanya digunakan dalam bidang industri saja, melainkan pada toko retail, pedagang, hingga rumah tangga. Pada tahun 2015 menurut info dari Asosiasi Industri Aromatik Olefin dan Plastik di Indonesia penggunaan plastik dapat mencapai 17 kg/orang/tahun. Penggunaan plastik dalam jumlah yang tinggi akan sangat berpengaruh bagi lingkungan, dimana akan mencemari

lingkungan karena sulitnya terdegradasi jika hanya ditimbun di tanah saja (Tokiwa *et al.*, 2009). Penguraian plastik memerlukan waktu yang sangat lama yaitu berkisar puluhan tahun hingga ratusan tahun. Selain dapat mencemari tanah, plastik juga dapat mencemari udara jika dilakukan pembakaran yang akan menghasilkan emisi karbon (Gironi dan Piemonte, 2011).

Berdasarkan bahan bakunya, plastik dibedakan menjadi 2 jenis yaitu yang dapat diperbarui dan yang tidak dapat diperbarui. Plastik konvensional merupakan plastik yang biasa ditemui dalam kehidupan sehari-hari dan tergolong sebagai plastik *non-biodegradable* (sulit terdegradasi), sedangkan plastik yang mudah untuk terdegradasi tergolong ke dalam plastik *biodegradable*. Sudah banyak para ilmuwan yang berupaya untuk terus menciptakan kemasan plastik ramah lingkungan (*biodegradable*) dikarenakan dapat terdegradasi dalam waktu yang singkat. Jenis kemasan *biodegradable* ini terbuat dari bahan polimer yang alami seperti selulosa, pati, dan lemak (Sorawit, 2018).

### **1.2.3. Kemasan Bioplastik**

Bioplastik merupakan jenis plastik yang terbuat dari serat alami (biobased) dan dapat terurai dalam waktu yang singkat oleh mikroorganisme (*biodegradable*) (Ashter, 2016). Istilah *biodegradable* berasal dari kata “bio” yang berarti hidup dan “degradable” yang berarti diuraikan, sedangkan *biobased* memiliki arti berasal dari sumber daya biomassa terbarukan (Averous & Pollet, 2012). *Biobased* tergolong sebagai komposit yang terbuat dari bahan biomassa yang diperkuat oleh serat alami dan memerlukan waktu untuk terurai lebih lama dibandingkan dengan kemasan *biodegradable*. Komposit merupakan matriks yang terbentuk dari kombinasi dari dua maupun lebih matriks untuk menghasilkan karakteristik yang unggul dari matriks pembentuknya, sedangkan biokomposit merupakan komposit yang tersusun dari kombinasi antara matriks polimer dengan serat alam yang digunakan sebagai penguat (Davallo, 2010).

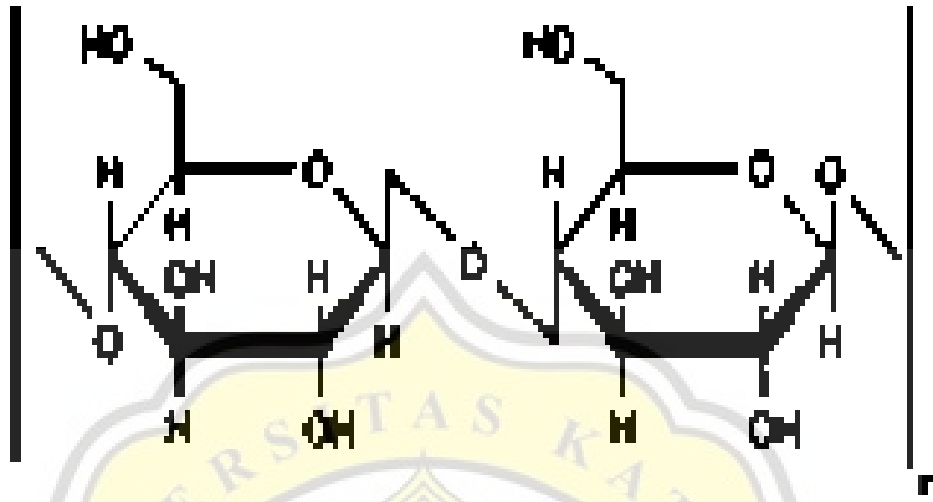
Kemasan *biodegradable* sering disebut sebagai bioplastik dimana terbuat dari bahan nabati yang berasal dari pertanian dan dapat terurai dalam waktu yang

singkat (1-6 bulan). Keberadaan bioplastik yang ramah lingkungan memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan dengan plastik konvensional (Sorawit, 2018). Harga yang tinggi ini dipicu oleh teknologi yang terbatas dan belum berkembang secara luas. Keberadaan bahan baku minyak bumi pada pembuatan plastik konvensional yang terbatas dapat menjadi peluang untuk mengembangkan plastik *biodegradable*. Ketersediaan bahan baku plastik ramah lingkungan sangat mudah ditemukan seperti selulosa, *Poly Lactic Acid* (PLA), dan pati (Pulungan *et al.*, 2015; Darni dan Utami, 2014; Paramawati *et al.*, 2007). Setiap bahan baku yang digunakan memiliki kelemahan maupun kelebihan masing-masing, selulosa sendiri memiliki kelebihan pada sifatnya yang kuat, sehingga tepat jika digunakan sebagai bahan campuran pembuatan bioplastik.

#### **1.2.4. Selulosa**

Selulosa adalah polisakarida yang tersusun secara linear dari ratusan hingga ribuan unit monosakarida yaitu berupa D-Glukosa yang terhubung oleh ikatan glikosidik  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4). Selulosa merupakan senyawa organik yang umumnya terdapat pada tanaman dengan struktur kimia  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Selulosa menjadi komponen utama dari tanaman, dimana sepertiga tanaman terdiri dari selulosa (Yusof *et al.*, 2015). Keberadaan selulosa pada tanaman bertindak sebagai struktur utama dari dinding sel yang berguna untuk mempertahankan struktur agar tetap kaku (stabilitas dan kekuatan).





Gambar 2. Struktur Kimia Selulosa

Sumber : Sorawit (2018).

### 1.2.5. Kehilangan Pangan

Kehilangan pangan dapat diartikan sebagai masalah yang terjadi akibat adanya penurunan kuantitas maupun kualitas dari makanan berdasarkan keputusan dari pemasok. Masalah kehilangan pangan ini terjadi setelah masa panen, tetapi tidak termasuk pada tingkat eceran. Menurut FAO, pada tahun 2011 dunia mengalami masalah kehilangan pangan hingga sepertiga dari total makanan di dunia setiap tahunnya. Kasus kehilangan pangan yang terjadi di Amerika Serikat pada tahun 2010 sebesar 66 juta ton dan di Uni Eropa setiap tahunnya mengalami kehilangan pangan sebesar 88 juta ton. Kehilangan pangan yang terjadi di Uni Eropa diperkirakan sebesar 70% berasal dari industri rumah tangga, makanan, dan ritel, 30% sisanya berasal dari sektor produksi dan pemrosesan (Castrica *et al.*, 2018). Adanya masalah kehilangan pangan ini akan berdampak negatif pada lingkungan seperti sumber daya air.

### 1.2.6. Nanas

Nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh di daerah tropis maupun sub-tropis. Buah nanas sendiri berasal dari Amerika Selatan tepatnya di Brazil dan Paraguay (Medina dan Garcia, 2005). Asal mula nanas

ditemukan dalam keadaan liar dan termasuk dalam famili dari *Bromeliaceae*. Keberadaan dari buah nanas sudah lama dikenal oleh masyarakat luas karena mudah untuk dibudidayakan khususnya di Indonesia dengan iklim yang sesuai. Pada tahun 1500 nanas mulai diproduksi dan disebarakan ke daerah tropis di dunia. Varietas pertama dari buah nanas yang disebarakan French Guyana ke Eropa yaitu Cayena lisa. Pada abad XIX nanas mulai diproduksi dengan menggunakan metode pengalengan dan diproduksi secara komersial di Hawaii.

Nanas dapat ditanam baik secara polikultur maupun dengan cara monokultur, sehingga jika hanya memiliki lahan yang sempit maka dapat digabungkan dengan tanaman lainnya. Pada umumnya komposisi dari berat nanas yaitu : daging buah (33%),inti (6%), kulit (41%), dan mahkota nanas sebanyak 20% (Medina dan Garcia, 2005). Buah nanas memiliki banyak khasiat, dengan adanya enzim bromelin yang bertindak untuk meningkatkan pencernaan, menghambat pertumbuhan dari sel kanker, mengurangi tekanan darah, meningkatkan sistem imunitas, serta dapat membersihkan darah (Medina dan Garcia, 2005). Buah nanas sering disebut sebagai buah tropis yang banyak diminati untuk dikonsumsi dalam bentuk segar maupun dalam bentuk olahan seperti keripik, selai, sirup, dsb.

#### **1.2.7. Kehilangan dan Limbah Nanas**

Terjadinya kehilangan pangan pada buah nanas dapat terjadi akibat permintaan produk yang tinggi dan pada saat panen raya tiba karena buah nanas tergolong dalam buah yang mudah rusak / *perishable* (Titiek, 2011). Kerusakan pada nanas diakibatkan oleh kandungan air yang cukup tinggi, sehingga diperlukan kecepatan dalam pengolahan. Pada saat panen raya tiba, Indonesia sering sekali mengalami penurunan harga karena stok yang sangat melimpah. Dengan rendahnya harga buah nanas maka akan membuat petani mengalami kerugian yang cukup besar hingga terjadinya masalah *food loss* karena biaya yang dibutuhkan untuk panen lebih besar dibandingkan dengan harga jual.

Bagian dari tanaman nanas yang memiliki nilai ekonomi tinggi yaitu pada bagian daging buahnya (Titiek, 2011). Hal ini dapat menghasilkan banyaknya olahan

produk nanas dari berbagai industri, sehingga akan meningkatkan jumlah limbah (kulit, daun). Kehilangan pangan dimulai pada saat pasca panen, seperti halnya pada tanaman nanas yang hanya diambil buahnya saja. Daun nanas yang dihasilkan dalam sekali panen yaitu kurang lebih sebesar 90% (Kathomdani, 2018). Setelah panen, daun nanas yang tersisa sekitar 40-50 helai/pucuk atau 2,73 kg/pucuk. Nanas juga ditanam di banyak negara lain di seluruh dunia, seperti Brasil, Filipina, Kosta Rika, Malaysia, Indonesia, Thailand, Cina, dan Hawaii, dengan total luas sekitar 2,1 juta hektar (Kengkhetkit dan Amornsakchai, 2014; Laftah dan Wan, 2016). Telah dipelajari bahwa hasil 1,22 ton daun per hektar, dengan produksi 40 daun per tanaman nanas, massa 0,065 kg per daun (Neto *et al.*, 2013). Biasanya limbah daun nanas ini dibakar, tetapi tidak baik bagi kesuburan tanah, sehingga menyebabkan beberapa pencemaran lingkungan (Yusof *et al.*, 2015). Timbunan daun nanas biasanya hanya terbuang begitu saja menjadi limbah, sehingga diperlukan adanya inovasi produk untuk meningkatkan nilai ekonomi daun nanas (Natalia, M *et al.*, 2019).

#### **1.2.8. Daun Nanas**

Daun nanas paling banyak terbuang begitu saja sebagai limbah organik terutama pada saat panen tiba. Pada perkebunan nanas menghasilkan hasil samping daun (90%), batang (1%), dan tunas batang sebanyak 9% (Kathomdani, 2018). Bentuk dari daun nanas yaitu menyerupai pedang (runcing) yang tumbuh dari bagian batang. Lebar dari daun nanas yaitu berkisar 2,54 – 5,1 cm dan panjangnya berkisar 0,9 – 1,5 m. Warna dari daun nanas yaitu hijau gelap dengan variasi garis tengah berwarna merah maupun kuning. Pada bagian pinggir dari daun nanas terdapat duri yang berguna untuk melindungi tanaman (Danladi dan Shu'aib, 2014).



Gambar 3. Tanaman Nanas

Sumber : Todkar dan Patil (2019).

Daun nanas yang belum diolah mengandung sekitar 85% air, 10% bahan tidak berserat dan sekitar 2,8% PALF beratnya (Kengkhetkit dan Amornsakchai, 2014). Buah nanas dianggap sangat penting karena komersial, sedangkan daun nanas dianggap sebagai limbah buah, yang dapat digunakan untuk memproduksi serat alami Asim *et al.* (2015). Serat alam sendiri merupakan sumber daya yang terbarukan, biaya rendah, kepadatan rendah, pemrosesan sederhana, tidak ada bahaya kesehatan, dan sifat mekanik dan fisik yang lebih baik (Yan *et al.*, 2012). Daun nanas sangat terkenal akan kandungan seratnya, dimana pada daun segar akan menghasilkan 2-3% serat (Asim *et al.*, 2015). Kandungan serat yang tinggi seperti selulosa dapat dimanfaatkan sebagai komponen penguat dalam pembuatan kemasan ramah lingkungan (Kamsiati *et al.*, 2017). Kandungan yang tinggi dari selulosa pada daun nanas memiliki manfaat untuk menjaga kelembaban, memberikan sifat hidrofilik, serta memberi kekuatan (Malou *et al.*, 2017). Penggunaan serat daun nanas ini tidak hanya dapat menjadi solusi bagi masalah sampah dan pembuangan, tetapi juga meningkatkan nilai tambah nanas dan meningkatkan pendapatan petani (Shih *et al.*, 2018; Chollakup *et al.*, 2011).

**Tabel 1. Kandungan Serat Daun Nanas (Onggo dan Jovita, 2003)**

No	Komposisi Kimia	Serat Daun Nanas (%)
1.	Selulosa	69,5 – 71,5
2.	Pentosan	17,0 -17,8
3.	Lignin	4,4 -4,7
4.	Pektin	1,0 -1,2
5.	Lemak dan Wax	3,0 – 3,3
6.	Abu	0,72 -0,87
7.	Zat-zat lain (protein, asam organik, dll)	4,5 – 5,3

*Pineapple leaf fiber* atau yang sering disebut dengan PALF merupakan limbah pertanian dapat digunakan sebagai penguat dalam resin termoset, termoplastik dan *biobased* atau *biodegradable* yang berbeda untuk berbagai aplikasi teknis (Neto *et al.*, 2013). Daun nanas memiliki sifat mekanik yang luar biasa dan dapat diaplikasikan dalam pembuatan komposit polimer yang dapat terurai secara hayati. Oleh karena itu, daun nanas adalah kandidat yang baik untuk persiapan komposit. Aplikasi sudah direncanakan di bidang pengemasan. Biopolimer ini bersumber secara alami dan berpotensi dapat dikombinasikan dengan berbagai serat alami/bahan lignoselulosa untuk menghasilkan komposit yang dapat terurai secara hayati (Siakeng *et al.*, 2019; Gheith *et al.*, 2019).

Serat alam adalah bahan yang berkelanjutan di alam dengan keunggulan seperti biaya rendah, ringan, terbarukan, dan yang paling penting, *biodegradability* (Asim *et al.*, 2015). Sektor pertanian menghasilkan sejumlah besar limbah pertanian setiap tahun (Nasir *et al.*, 2019). Residu selulosa saja melebihi 350 juta ton per tahun dan tidak dikelola dengan baik (Madurwar *et al.*, 2013). Mendaur ulang serat alami dengan menggabungkannya ke dalam komposit untuk memproduksi bahan terbarukan dan *biodegradable* dapat membantu dalam pengurangan limbah. Pendekatan ini membuka jalan bagi pengembangan bahan berbiaya rendah dan *biodegradable* dengan karakteristik yang menjanjikan (Torres *et al.*, 2019). Hal ini juga menyebabkan perubahan besar dalam arah penelitian komposit polimer yang diperkuat serat. Penggunaan PALF sebagai bahan penguat plastik atau polimer telah ditunjukkan dalam banyak karya penelitian (Mishra dkk., 2001;

Hujuri dkk., 2007; Chattopadhyay dkk., 2009; Threepopnatkul dkk., 2009; Chollakup *et al.*, 2011), tetapi masih belum banyak dipraktekkan.

Serat daun nanas atau yang dikenal sebagai *pineapple leaf fiber* (PALF) banyak digunakan sebagai bahan penguat untuk sistem bio-komposit, karena PALF memiliki kekuatan tarik yang baik (400–1600 MPa) dan modulus (59 GPa), kandungan selulosanya yang tinggi, serta tingkat kristalinitas yang tinggi (Liu *et al.*, 2005). Selain itu, *pineapple leaf fiber* (PALF) dapat terurai secara hayati, biaya rendah, dan ringan (lebih kecil dari pada matriks polimer). Karakteristik yang terbarukan dan *biodegradable* tersebut menjadikan mereka dianggap sebagai bahan yang ramah lingkungan dan tidak membahayakan bagi alam (pemanasan global atau efek rumah kaca).

#### **1.2.9. Senyawa Kimia Tambahan**

Dalam pembuatan plastik *biobased* atau *biodegradable* tidak hanya membutuhkan bahan seperti serat daun nanas. Bahan kimia juga sangat diperlukan dalam metode pembuatan plastik yang ramah lingkungan. Adanya senyawa kimia tambahan yang digunakan dapat bertindak sebagai bahan aditif pada pembuatan plastik ramah lingkungan.

Natrium hidroksida atau sodium hidroksida (NaOH) bertindak sebagai hidrolisis alkali dalam proses pembuatan kemasan *biobased* atau *biodegradable* dari serat daun nanas. Senyawa kimia natrium hidroksida dapat mengekstrak daun nanas untuk menghasilkan serat selulosa dengan komposisi yang tinggi (Sorawit, 2018). Selain itu, penggunaan NaOH sebagai senyawa kimia lebih lanjut juga dapat menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan dalam pembuatan plastik *biobased* atau *biodegradable*. Senyawa organik seperti hemiselulosa, lignin, dan lemak pada dinding sel dapat dihilangkan dengan menghidrolisis ikatan hidrogen.

Bahan tambahan merupakan bahan yang secara sengaja ditambahkan untuk menunjang karakteristik produk yang dihasilkan. *Plasticizer* merupakan bahan tambahan yang digunakan pada pembuatan plastik dalam mengubah karakteristik dari produk yang akan dihasilkan (Radhiyatullah dkk., 2015). Fungsi dari

penggunaan *plasticizer* yaitu untuk meningkatkan elastisitas, fleksibilitas, serta meningkatkan permeabilitas produk (De la Orden *et al.*, 2010). *Plasticizer* jenis gliserol adalah molekul organik yang sangat kecil dengan tiga fungsi hidroksil, dimana molekul itu dapat masuk ke dalam molekul pati dan dengan demikian dapat mengurangi interaksi antara molekul pati dan mengarah ke peningkatan fleksibilitas (Balakrishnan *et al.* (2017). *Maleic anhydride Polyethylene* (MAPE) adalah senyawa organik yang berfungsi untuk meningkatkan kompatibilitas serat dengan matriks polimer (De la Orden *et al.*, 2010).

### **Matriks Polimer**

#### **Polimer Termoplastik**

Polimer termoplastik merupakan polimer yang dapat digunakan secara berulang-ulang, dimana jika polimer dipanaskan akan meleleh dan dapat dibentuk maupun dicetak kembali. *Low density polyethylene* (LDPE) dan *Polypropylene* (PP) merupakan contoh dari jenis polimer termoplastik, dimana memiliki kemampuan perlindungan yang baik terhadap air. LDPE menunjukkan perilaku yang fleksibel, tangguh, dan memiliki perpanjangan ultimit (regangan) yang sangat tinggi, sementara kekuatannya rendah, sedangkan komposit PP/PALF menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi. Chollakup *et al.* (2011).

*Polypropylene* (PP) adalah polimer termoplastik amorf dan banyak digunakan sebagai termoplastik rekayasa, karena memiliki sifat yang berguna seperti transparansi, stabilitas dimensi, suhu distorsi panas tinggi, dan kekuatan impak tinggi. PP dengan polimer alami berserat yang berasal dari biomassa adalah salah satu rute yang paling menjanjikan untuk membuat komposit polimer sintetis alami (Motaleb *et al.*, 2018). Poli(vinil) Alkohol/PVA merupakan polimer termoplastik yang mudah larut dalam air, sedikit larut dalam etanol, tetapi tidak larut dalam pelarut organik lain, tidak berbau dan berasa, tidak beracun, dan dapat terdegradasi secara alami. PVA yang dikombinasikan dengan polimer atau serat lain, dapat meningkatkan sifat fisik, termal dan *barrier* (Wahyuningsih *et al.*, 2016).

## **Biopolimer**

Asam polilaktat atau yang sering disingkat sebagai PLA adalah biopolimer kompos yang berasal dari sumber terbarukan. PLA dapat memenuhi banyak kriteria lingkungan, banyak produk yang tidak memerlukan kinerja tinggi, seperti kantong plastik, kemasan makanan, peralatan makan sekali pakai, dan cangkir dapat diproduksi secara efektif (Kaewpirom dan Worrarat, 2014). *Poly lactic acid* (PLA) adalah polimer *biodegradable* yang dihasilkan dari proses fermentasi dimana memiliki kekuatan yang menjanjikan. Namun, salah satu kelemahan PLA adalah kerapuhan, dan cara untuk meningkatkan sifat mekanik PLA adalah dengan menambahkan bahan penguat atau pengisi. Oleh karena itu, perlu adanya perlakuan kimia yang sesuai sebelum membuat sampel bio-komposit (Ramli *et al.*, 2017).

### **1.2.10. Proses Pembuatan Kemasan *Biobased* atau *Biodegradable* Serat Daun Nanas**

#### **1.2.10.a. Metode *Pre-treatment***

Daun segar yang telah dikumpulkan dari area budidaya pertama-tama dicuci dengan air keran (air yang mengalir) untuk menghilangkan kotoran yang ada di permukaannya dan kemudian dikeringkan (Kalambettu *et al.*, 2015). Bahan-bahan disiapkan terlebih dahulu untuk memudahkan proses pembuatan kemasan *biodegradable* dari serat daun nanas. Pada metode ini daun nanas yang akan digunakan harus dalam keadaan yang baik secara fisik dimana untuk meminimalisir kerusakan yang kecil pada serat (Santosh dan Suresh, 2019).

#### **1.2.10.b. Ekstraksi Selulosa Serat Daun Nanas**

##### ***Degumming***

Daun digores dengan pisau tumpul untuk menghilangkan lapisan lilin dari permukaannya. Daun dibuang dan serat dipisahkan menggunakan pisau tumpul dengan menghilangkan kotoran daun yang masih menempel pada permukaan serat (Gebremedhin dan Rotich, 2020). Serat diperlakukan basa menggunakan natrium hidroksida (NaOH), serat dicelupkan seluruhnya ke dalam larutan NaOH 5% selama satu jam dan dicuci dengan aquades berkali-kali sampai NaOH hilang,



dilanjutkan dengan pengeringan udara selama 2 hari (Balakrishnan *et al.*, 2017). Pada suatu penelitian metode ekstraksi dilakukan dengan memasukkan daun nanas ke dalam mesin serat daun nanas, dengan tujuan menghilangkan lapisan lilin pada daun nanas. Berikut merupakan gambar mesin serat daun serat dari salah satu hasil penelitian.



Gambar 4. Mesin Serat Daun Nanas

Sumber: Kasim *et al.* (2016).

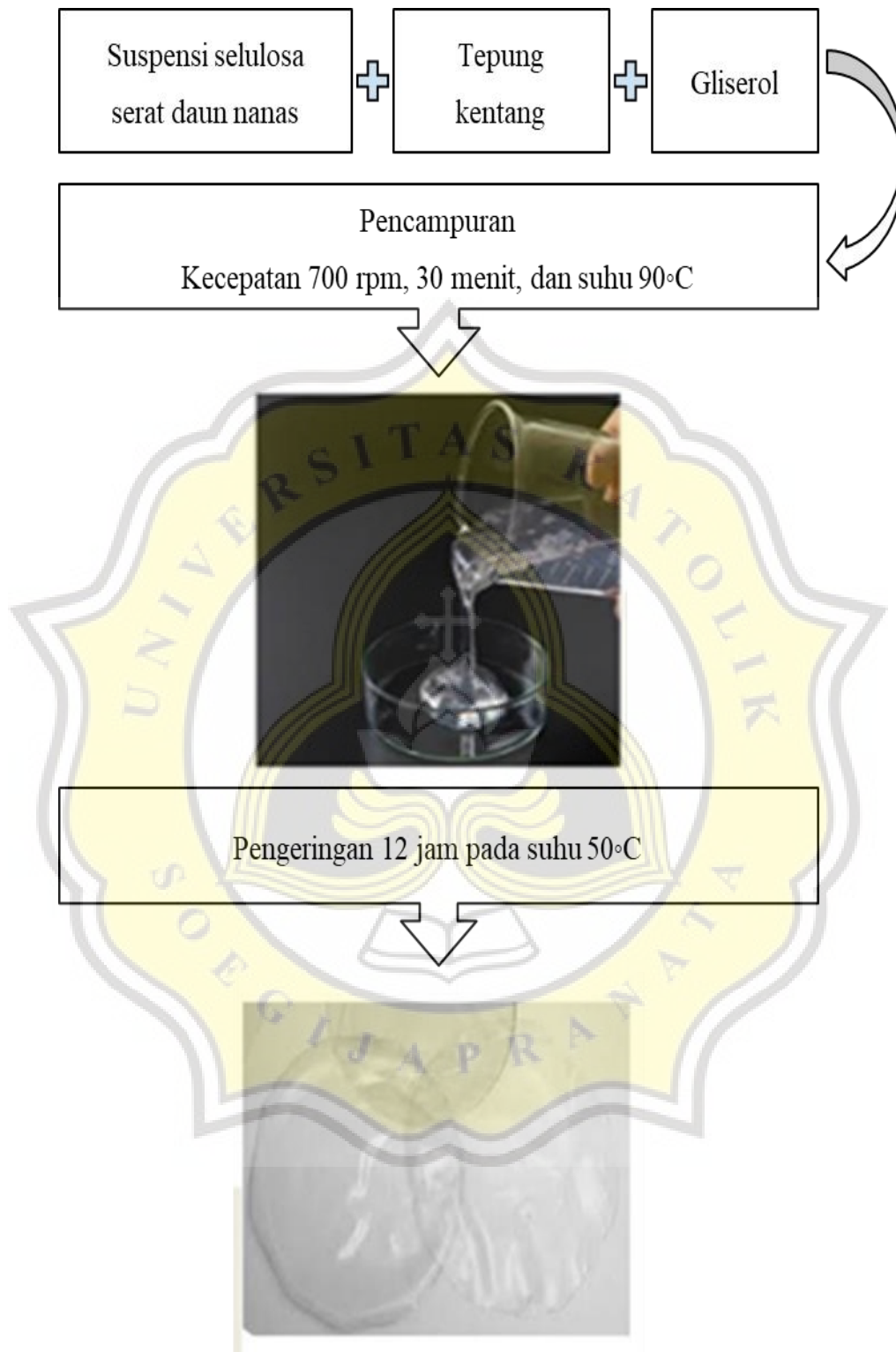
### ***Bleaching***

Serat yang sudah dikeringkan pada metode sebelumnya, kemudian diputihkan menggunakan campuran natrium hidroksida / asam asetat glasial dengan perbandingan 3:1 (Balakrishnan *et al.*, 2017). Pemutihan dilakukan selama 30 menit dan dilakukan berulang kali sebanyak enam kali sampai warna serat benar-benar berubah menjadi putih. Suspensi serat daun nanas yang dihasilkan kemudian dinetralkan kembali hingga pH 7 dengan cara direndam dan dicuci menggunakan air suling beberapa kali dan dikeringkan. Hal ini bertujuan untuk memastikan tidak ada zat yang tertinggal dari larutan.

### 1.2.10.c. Ekstrusi dan Pencetakan

TPS (diperoleh dari pencampuran antara pati singkong, gliserol, dan air) dengan *pineapple leaf fiber* (PALF) disiapkan terlebih dahulu dalam ekstruder sekrup tunggal, ekstrudat TPS dengan PALF dipotong menjadi pelet. Kemudian dicampur dengan berbagai persentase PLA menggunakan ekstruder ulir tunggal pada suhu 180°C. Campuran ini dimasukkan ke dalam ekstruder sekrup kembar ZSK 30 (Werner-Pfleiderer) (L/DZ30) yang memiliki enam zona yang dapat dikontrol secara individual, dengan kecepatan 100 rpm. Kemasan *biodegradable* berbahan dasar tepung kedelai (*soy based bioplastic*) dengan *pineapple leaf fiber* (PALF) menggunakan suhu pemrosesan 130°C dan kecepatan ulir 100 rpm. Sampel yang dihasilkan dibuat pelet. Setelah dilakukannya proses ekstrusi plastik dipadatkan dengan cara didinginkan pada tangki air, kemudian ekstrudat yang dihasilkan dipotong menggunakan mesin *pelletizer*. Ekstrudat dicetak menggunakan mesin *hot press* menjadi lembaran dengan tebal 3 mm pada suhu 175°C dan tekanan 3,5 MPa selama 8 menit (Feng *et al.*, 2020). Lembaran komposit yang sudah jadi kemudian dilakukan pembentukkan dengan mesin *thermoforming* menjadi bentuk yang diinginkan.

Selain itu, suspensi selulosa *pineapple leaf fiber* (PALF) dicampur dengan campuran tepung kentang, dan gliserol, hingga menjadi larutan yang kental (Balakrishnan *et al.*, 2017). Campuran diaduk secara mekanis dengan kecepatan 700 rpm selama 30 menit dengan suhu 90°C. Larutan kental yang dihasilkan dituangkan ke dalam cawan petri gelas porosil dan dikeringkan selama 12 jam pada suhu 50°C, atau hingga menjadi lembaran nanokomposit. Berikut ini merupakan representasi skematis dari pembuatan nanokomposit pada suatu penelitian.



Gambar 5. Representasi Skematis Pembuatan Nanokomposit Serat Daun Nanas

Sumber: Balakrishnan *et al.* (2017).

### 1.2.11. Keamanan

Selulosa merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan plastik *biobased* atau *biodegradable*. Selulosa dapat diperoleh pada daun nanas yang bertindak sebagai penyusun dinding sel tumbuhan. Selulosa memiliki sifat biokompatibel di dalam sel tubuh manusia, hal ini dibuktikan dari hasil uji coba pada tikus yang tidak mengalami pembesaran jaringan saat mengkonsumsi nata de coco dengan adanya kandungan selulosa (Helenius dkk., 2006). Hal ini juga didukung dari pernyataan Lin dan Dufresne (2014), dimana menyatakan tidak ada dampak apapun pada tikus yang diberi makan isolasi selulosa. Keamanan dari selulosa yang tidak beracun (*non-toxic*) juga dibuktikan pada pertumbuhan ikan zebra karena tidak menunjukkan efek toksisitas dari selulosa (Harper dkk., 2016). Penggunaan serat daun nanas yang kaya akan kandungan selulosa aman jika digunakan sebagai bahan campuran pada pembuatan kemasan ramah lingkungan.

Keberadaan limbah daun nanas yang berlimpah pada saat pasca panen dan banyaknya limbah kemasan tidak ramah lingkungan menjadi daya tarik tersendiri bagi penulis. Dalam *review* ini, potensi dari penggunaan limbah daun nanas / *pineapple leaf fiber* (PALF) sebagai bahan yang digunakan dalam pembuatan kemasan *biobased* atau *biodegradable* akan dibahas lebih lanjut. Dengan fokus pembahasan pada proses pembuatan, senyawa kimia tambahan, karakteristik, serta peluang dan tantangan yang dihadapi selama proses pembuatan dan pada hasil akhir produk kemasan *biobased* atau *biodegradable*.

### 1.2.12. Analisis Kesenjangan Artikel *Review* Terkait Pemanfaatan Limbah Nanas Sebagai Kemasan *Biodegradable*

Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan tentang hasil dari pencarian literatur kategori artikel *review* terkait dengan keberadaan dari limbah nanas sebagai kemasan *biodegradable* ditemukan 13 literatur.

**Tabel 2. Hasil Analisis Artikel *Review* Terkait Pemanfaatan Limbah Nanas Sebagai Kemasan *Biodegradable***

No	Sumber	Judul <i>Review</i>	Topik : Judul	Bagian Limbah dan Komponen Serat	Temuan ( <i>Result dan Discussion dan Conclusion</i> )	Kriteria Jurnal	Negara
1	Todkar dan Patil (2019)	Review on mechanical properties evaluation of pineapple leaf fibre (PALF) reinforced polymer composites	Bioplastik dari Serat Selulosa Daun Nanas	Daun nanas dan Selulosa	Berisi tentang evaluasi sifat mekanik PALF dan beberapa faktor yang mempengaruhi sifat seperti jenis varietas, panjang serat, jenis matriks, orientasi serat, rongga dan kandungan porositas. Penelitian terbaru dalam kemajuan sifat mekanik PALF sebagai penguat dalam termoset, termoplastik dan resin <i>biodegradable</i> disediakan secara singkat.  Komposit <i>biodegradable</i> PALF/PP menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik daripada PALF/PLA.	Q1	India

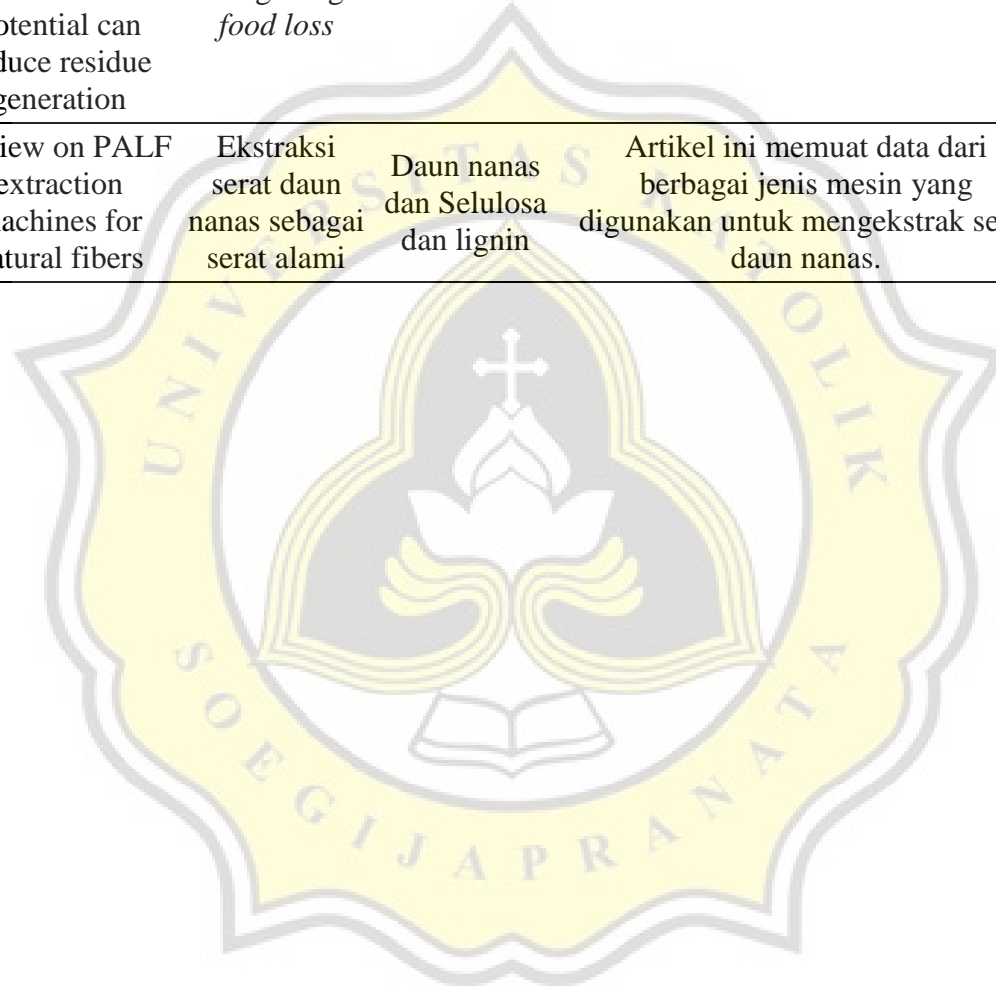
2	Asim <i>et al.</i> , (2015)	A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites	Serat Daun Nanas Sebagai Bahan Komposit	Daun nanas dan Selulosa	Dalam ulasan ini, penulis membahas informasi dasar PALF dan membandingkan sifat kimia, fisik, dan mekanik dengan serat alami lainnya. Selain itu, merangkum karya terbaru yang dilaporkan pada sifat fisik, mekanik, dan termal komposit polimer yang diperkuat PALF dengan aplikasi potensialnya (Komposit PALF Berbasis Epoxy, Vinyl Ester, Polyester, Polikarbonat, LDPE, PP dan PE).	Q2	Malaysia
3	Arib <i>et al.</i> , (2004)	A Literature Review of Pineapple Fibre Reinforced Polymer Composites	PALF sebagai bahan penguat komposit PP dan LDPE.	Daun nanas dan Selulosa	Membahas sifat mekanik dan pemanfaatan serat daun nanas (PALF) sebagai bahan penguat dalam komposit PP dan LDPE.	Q3	Malaysia
4	Mishra <i>et al.</i> , (2004)	A review on pineapple leaf fibers, sisal fibers and their biocomposites	Serat daun nanas untuk biokomposit	Daun nanas dan Selulosa	Membahas struktur, komposisi dan sifat-sifat PALF, modifikasi kimia dari serat ini dan termoset yang diperkuat PALF, termoplastik, hibrida dan bio-komposit.	Q1	USA
5	Jain dan Sinha (2021)	Pineapple Leaf Fiber Polymer Composites as a Promising Tool	Komposit polimer serat daun nanas ramah	Daun nanas dan Selulosa	Artikel <i>review</i> ini membahas tentang signifikansi lengkap dari serat daun nanas dalam hal karakteristik fisik, kimia, mekanik,	Q2	India

		for Sustainable, Eco-friendly Composite Material: Review	lingkungan		morfologis, dan termal, serta proses manufaktur matriks komposit polimer yang diperkuat serat nanas dalam menggantikan bahan komposit berbasis minyak bumi (plastik).		
6.	Uddin <i>et al.</i> , (2017)	A review on extraction, characterization and application of pineapple leaf fiber (PALF) in textiles and other fields	Ekstraksi dan karakterisasi serat daun nanas	Daun nanas dan Selulosa	Artikel <i>review</i> ini membahas tentang sifat serat daun nanas yang luar biasa yang kaya akan selulosa, hemat biaya, ramah lingkungan memiliki kekuatan serat yang baik. Dalam artikel ini, penulis mencoba untuk fokus pada produk dengan nilai tambah yang berbeda.	Q1	Bangladesh
7.	Santosha <i>et al.</i> , (2018)	Effect of fiber loading on thermal properties of banana and pineapple leaf fiber reinforced polyester composites	Komposit poliester yang diperkuat serat pisang dan daun nanas	Daun nanas dan komponen serat tidak dijelaskan	. Fokus utama penelitian ini adalah pada karakterisasi konduktivitas termal dan kapasitas panas spesifik komposit poliester bertulang serat daun pisang dan nanas terhadap kandungan serat dan suhu.	Q1	Bhimavaram
8.	Roda dan Lambri (2019)	Food uses of pineapple waste and by-products: a review	Produk sampingan limbah daun nanas	Daun dan kulit nanas dan komponen serat tidak dijelaskan	Tinjauan ini menguraikan pengolahan limbah daun dan kulit nanas menjadi sumber Potensial. Kulit untuk nahan pangan fungsional dan daun nanas untuk digunakan sebagai penguat	Q1	Italy

					mekanis dalam komposit polimer.		
9.	Jose <i>et al.</i> , (2016)	An overview on production, properties, and value addition of pineapple leaf fibers (PALF)	Pemanfaatan Serat Daun Nanas	Daun nanas dan Selulosa	Artikel <i>review</i> ini membahas tentang ekstraksi serat daun nanas dengan cara manual dan sifat mekanik serat daun nanas yang memiliki kandungan selulosa tinggi. Penelitian dilakukan pada pengembangan berbagai produk dengan pencampuran serat dengan atau tanpa modifikasi fisik/kimia	Q2	India
10.	Gowman <i>et al.</i> , (2019)	Fruit waste valorization for biodegradable biocomposite applications: A review	Valorisasi limbah buah untuk aplikasi biokomposit	Daun nanas dan Selulosa	<i>Review</i> ini membahas perkembangan terkini limbah buah dari anggur, apel, zaitun, pisang, kelapa, nanas, dan lainnya ke dalam matriks polimer untuk membuat komposit atau film hijau.	Q3	Kanada
11.	Sibaly dan Jeetah (2017)	Production of paper from pineapple leaves	Produksi kertas dari serat daun nanas	Daun nanas dan Selulosa	Artikel ini berisi tentang kelayakan penggunaan serat daun nanas untuk produksi kertas. Sampel serat daun nanas dicampur dengan ampas tebu dengan perbandingan yang berbeda-beda. Kertas yang diperoleh diuji sifat fisik dan mekaniknya.	Q1	Mauritius
12.	Vieira <i>et al.</i> , (2021)	Valorization of pineapple waste:	Pemanfaatan limbah nanas	Daun, kulit, dan batang	Artikel ini menganalisis proposisi yang berbeda tentang aplikasi dan	Q2	Brazil



		a review on how the fruit's potential can reduce residue generation	dalam mengurangi <i>food loss</i>	nanas dan Selulosa	valorisasi limbah nanas.		
13.	Yusof dan Adam (2013)	Review on PALF extraction machines for natural fibers	Ekstraksi serat daun nanas sebagai serat alami	Daun nanas dan Selulosa dan lignin	Artikel ini memuat data dari berbagai jenis mesin yang digunakan untuk mengekstrak serat daun nanas.	Q1	Malaysia



Dari Tabel 2., dapat disimpulkan jika masih sedikit artikel *review* yang tersedia terkait dengan keberadaan dari limbah nanas yang dimanfaatkan sebagai kemasan *biobased* atau *biodegradable*. Sebagian besar dari artikel *review* yang ditemukan hanya fokus pada karakteristik dari produk yang dihasilkan seperti sifat mekanik, fisik, dan kimia. Untuk produk kemasan *biobased* atau *biodegradable* dari serat daun nanas, *review* yang sudah ada lebih banyak membahas tentang pengujian terhadap produk yang dihasilkan. Pada pengumpulan literatur tahap awal, diperoleh artikel jurnal yang terkait dengan pemanfaatan limbah daun nanas untuk kemasan *biodegradable* paling banyak menerapkan tentang pengujian produk berupa uji tarik yang diperkuat dengan penambahan komposit serat daun nanas. Oleh sebab itu, penulisan *review* ini mencakup tentang keberadaan dari limbah daun nanas yang diaplikasikan sebagai kemasan *biobased* atau *biodegradable* yang disertai dengan pembahasan mengenai proses pembuatan, senyawa kimia tambahan, karakteristik, dan peluang serta tantangan yang dihadapi selama proses pembuatan dan pada hasil akhir produk kemasan *biobased* atau *biodegradable*.

### **1.3. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan penguraian latar belakang yang ada dan berbagai *review* yang telah dibaca, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- Se jauh mana potensi penggunaan limbah daun nanas dalam pembuatan kemasan *biobased* atau *biodegradable* ?

### **1.4. Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis potensi dari penggunaan limbah daun nanas dalam pembuatan kemasan *biobased* atau *biodegradable*, dengan beberapa fokus, yaitu (1) proses pembuatan, (2) senyawa kimia tambahan, (3) karakteristik, serta (4) peluang dan tantangan yang dihadapi selama proses pembuatan dan pada hasil akhir produk kemasan *biobased* atau *biodegradable*.