

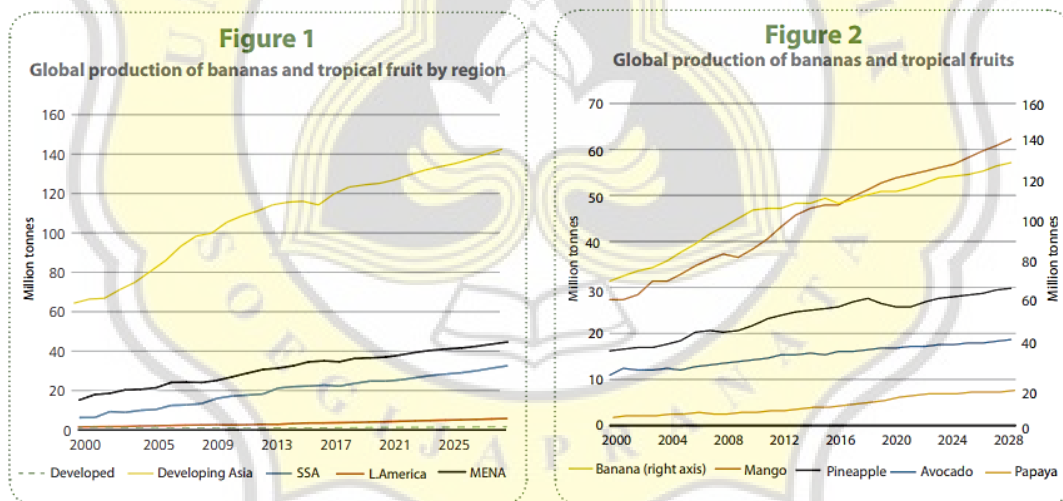
1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kehilangan dan limbah pangan menjadi salah satu permasalahan serius yang dihadapi secara global karena pengaruhnya terhadap ketahanan pangan (The Economist Intelligence Unit, 2014), sumber daya alam (Food and Agriculture Organization, 2013), lingkungan (Katajajuuri *et al.*, 2012), serta kesehatan manusia (Pham *et al.*, 2012) yang berujung pada terhambatnya pembangunan berkelanjutan. Terhitung bahwa sekitar satu per tiga makanan yang diproduksi untuk konsumsi manusia secara global, terbuang atau hilang begitu saja (Food and Agriculture Organization, 2011). Dampaknya terhadap ketahanan pangan global menjadi fokus utama, karena diperkirakan 795 juta orang menderita kekurangan gizi (Food and Agriculture Organization, 2015), serta adanya prediksi peningkatan populasi manusia menjadi 9,6 miliar di tahun 2050 (Perserikatan Bangsa-Bangsa, 2013) yang akan memicu peningkatan permintaan pangan sebesar 70% di tahun 2050 (Food and Agriculture Organization, 2009), dan juga peningkatan penggunaan sumber daya alam (Godfray *et al.*, 2010).

Oleh karenanya, kehilangan dan limbah pangan merupakan permasalahan serius yang harus segera diatasi karena merupakan penghamburan atau pemborosan makanan, energi, waktu, dan tenaga kerja. Diperlukan berbagai strategi untuk mengurangi jumlah pangan yang hilang maupun limbah pangan di seluruh rantai pasok pangan. Kehilangan dan limbah pangan dapat terjadi di sepanjang rantai pasok pangan, yaitu terdiri dari tahapan produksi (pra-panen, panen, pemuliaan), pasca-produksi (penanganan, penyimpanan, transportasi), pemrosesan (pengemasan, transformasi), distribusi (retail, transportasi), dan konsumsi (Santeramo, 2021). Komoditas sayur dan buah menjadi penyumbang kehilangan dan limbah pangan terbesar, yaitu sebanyak 644 juta dari total 1.555 juta ton limbah pangan yang dihasilkan, yang berarti bernilai 42% dari total limbah pangan, dan terutama terjadi di negara berkembang (Boston Consulting Group, 2018).

Berdasarkan data Food and Agriculture Organization (2018), produksi pisang secara global mengalami peningkatan rata-rata sebesar 3,2% per tahunnya yaitu dari 67 juta ton menjadi 114 juta ton di sepanjang tahun 2000-2017, dimana Asia sebagai produsen pisang tertinggi, diikuti oleh Amerika Latin dan Afrika. Tercatat bahwa India sebagai negara penghasil pisang tertinggi yaitu rata-rata sebanyak 29 juta ton per tahun dari tahun 2010-2017, disusul oleh China sebanyak 11 juta ton, Filipina sebesar 7,5 juta ton, kemudian Ekuador dan Brazil yaitu 7 juta ton pisang yang diproduksi per tahunnya. Produksi pisang dan buah tropis di dunia mencapai 210 juta ton pada tahun 2018, dimana 99% penghasil pisang dan buah tropis berasal dari negara berkembang. Terhitung sebesar 56% berasal dari Asia, 26% di Amerika Latin, dan 15% di Afrika. Pada tahun 2019, produksi pisang secara global mencapai 116 juta ton (Organisation for Economic Co-operation and Development/ Food and Agriculture Organization, 2020). Berikut merupakan grafik yang menunjukkan produksi buah pisang serta buah tropis secara global dari tahun 2000 hingga prediksi tahun 2028.



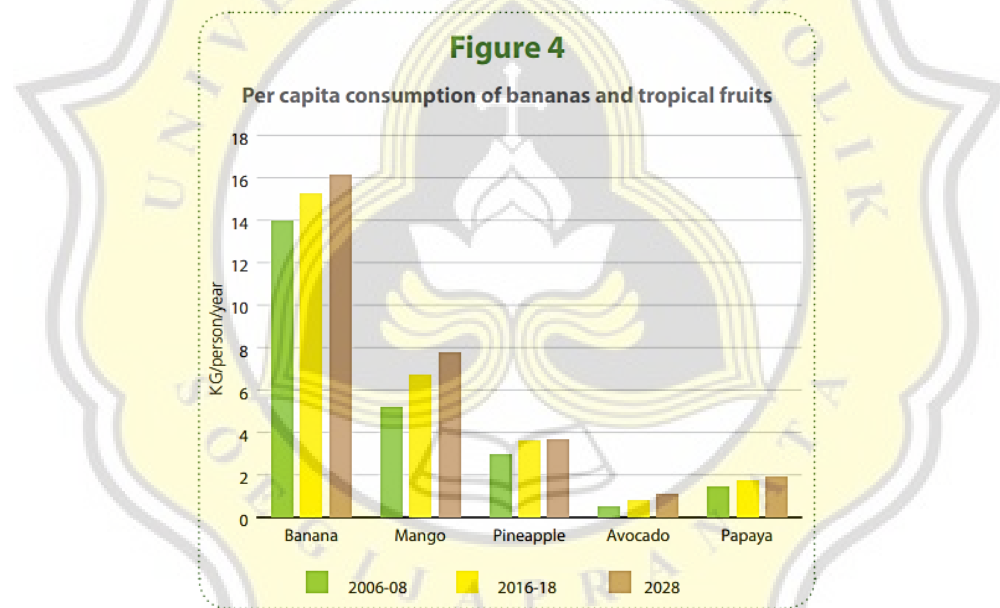
Gambar 1. Produksi Buah Pisang dan Buah Tropis secara Global

Sumber: Food and Agriculture Organization (2020)

Pada Gambar 1., dapat dilihat bahwa produksi pisang sendiri paling tinggi terjadi di negara-negara berkembang Asia, dimana produksinya diperkirakan meningkat 1,5% per tahunnya hingga mencapai 135 juta ton pada tahun 2028. Asia tetap diperkirakan sebagai produsen

terbesar pada tahun 2028 sebesar 55%, dengan negara India sebagai produsen terbesar, dilanjut dengan China, Indonesia, Filipina, dan Thailand. Setelah Asia, terdapat Amerika Latin sebesar 26% yang dipimpin oleh Brazil, Ekuador, Meksiko, dan Kosta Rika, selain Amerika Latin terdapat Afrika sebagai produsen tertinggi yang berkontribusi sebesar 16%.

Pisang dikonsumsi di banyak negara disebabkan harganya yang murah dan selalu tersedia karena dapat dipanen sepanjang tahun (Wilaipon, 2009). Pisang bahkan memimpin pasar impor buah di dunia dengan persentase yaitu 13,1%, dengan demikian pisang termasuk ke dalam makanan yang dianggap penting di dunia setelah nasi, jagung, dan susu (Secretaria de Integración Económica Centroamericana, 2016). Berikut adalah grafik yang menjelaskan tingkat konsumsi buah pisang serta buah tropis dari tahun 2000 hingga prediksi tahun 2028.



Gambar 2. Konsumsi Per Kapita Buah Pisang dan Buah Tropis

Sumber: Food and Agriculture Organization (2020)

Gambar 2., menunjukkan pisang merupakan buah tropis yang paling banyak dikonsumsi di dunia yaitu diperkirakan mencapai 15 kg/orang/tahun pada tahun 2028. Tingginya produksi dan konsumsi buah pisang di dunia mengakibatkan tingginya jumlah kehilangan dan limbah

buah pisang yang terjadi di sepanjang rantai pasok, salah satunya disebabkan oleh terciptanya banyak industri pengolahan buah pisang yang kemudian menghasilkan lebih banyak limbah.

Kulit buah pisang merupakan bagian dari buah pisang yang dapat menjadi limbah, memiliki berbagai macam kandungan penting di antaranya senyawa fitokimia, fitosterol, kandungan pigmen, katekolamin (Pelissari *et al.*, 2014), mineral, zat gizi mikro seperti natrium, kalsium, fosfor, besi, magnesium, seng, kalium, semua kandungan asam amino esensial dan vitamin, juga mengandung asam lemak jenuh, serta serat pangan yang tinggi (Happi Emaga *et al.*, 2008). Hingga kini kulit buah pisang masih banyak terbuang begitu saja sebagai limbah organik, disebabkan ketidaktahuan maupun tidak maksimalnya pemanfaatan pengetahuan dan teknologi yang tersedia. Dengan kandungan kulit buah pisang yang tidak kalah penting dan bermanfaat dibandingkan dengan daging buahnya serta adanya kemajuan pengetahuan dan berbagai teknologi yang tersedia, maka seharusnya kulit buah pisang tidak lagi terkumpul dan terbuang begitu saja sebagai limbah di sepanjang rantai pasok pangan, melainkan dapat dilakukan pengolahan terhadap kulit buah pisang untuk menghasilkan produk baru yang bernilai tinggi.

Kajian terkait keberadaan limbah buah pisang di sepanjang rantai pasok pangan serta valorisasi atau pengolahan limbah kulit buah pisang menjadi produk baru bernilai tinggi menarik untuk dibahas, didukung dengan banyaknya penelitian terkait upaya valorisasi kulit buah pisang yang dilakukan oleh para peneliti di berbagai negara. Maka dari itu perlu dilakukan *review* secara sistematis terkait upaya valorisasi kulit buah pisang, seperti mengetahui status terkini valorisasi kulit buah pisang, serta mengevaluasi tantangan dan peluang perbaikan pada upaya valorisasi yang meliputi karakteristik produk valorisasi yang dihasilkan, tingkat penerimaan produk oleh konsumen, serta terkait pemanfaatan teknologi.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Kehilangan dan Limbah Pangan

1.2.1.1. Kehilangan Pangan (*Food Loss*)

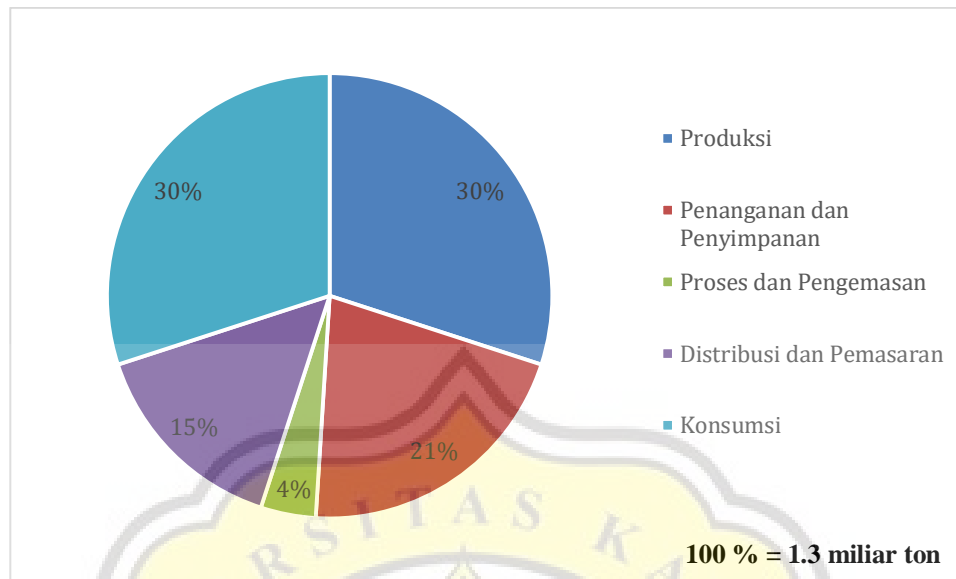
Kehilangan pangan atau *food loss* memiliki pengertian berkurangnya massa makanan yang dapat dikonsumsi di sepanjang rantai pasokan yang spesifik mengarah pada kebutuhan konsumsi manusia. Kehilangan pangan biasa terjadi di tahapan produksi, pasca panen, dan pemrosesan atau pengolahan pada rantai pasokan (Parfitt *et al.*, 2010). Menurut Fabi & English (2018), kehilangan pangan terjadi secara tidak sengaja di sepanjang rantai pasokan yang biasa disebabkan oleh masalah teknologi, infrastruktur maupun lingkungan (contohnya terjadi akibat secara tidak sengaja tumpah, mengalami kerusakan akibat hama, dan lain-lain).

1.2.1.2. Limbah Pangan (*Food Waste*)

Limbah pangan atau *food waste* adalah kehilangan pangan yang terjadi di ujung rantai pasokan yaitu tahap retail dan konsumsi (rumah tangga, restoran, dan tempat konsumsi lainnya) (Parfitt *et al.*, 2010). Di tahapan konsumsi, limbah pangan terjadi secara sengaja akibat tindakan atau perilaku konsumen yang lalai maupun keputusan untuk membuang makanan (Fabi & English, 2018).

1.2.1.3. Tahapan Kehilangan dan Limbah Pangan

Kehilangan dan limbah pangan dapat terjadi di setiap tahapan rantai pasokan baik untuk komoditas pangan nabati dan hewani yang digambarkan dalam grafik pada berikut.



Gambar 3. Tahapan terjadinya Kehilangan dan Limbah Pangan di Sepanjang Rantai Pasok (diadaptasi dari Food and Agriculture Organization, 2011)

Gambar 3. memperlihatkan bahwa secara global kehilangan dan limbah pangan banyak terjadi di tahapan produksi dan konsumsi dengan besar persentase yaitu 30%, 21% lainnya terjadi di tahapan pasca panen, 15% di tahapan distribusi dan pemasaran, dan paling kecil yaitu 4% terjadi di tahapan pemrosesan dan pengemasan.

1.2.1.3.1. Tahap Produksi

Kehilangan pangan di tahapan produksi terjadi selama atau setelah proses pemanenan. Kehilangan pangan nabati dapat disebabkan akibat kerusakan mekanis selama proses pemanenan (proses perontokan atau pemetikan buah, penyortiran). Contohnya, buah dibuang akibat mengalami kerusakan berupa memar pada saat dipetik, tanaman yang tertinggal di lahan akibat mekanis pemanenan yang buruk. Kehilangan pangan hewani, seperti kehilangan untuk pangan daging sapi, babi, dan unggas biasa terjadi akibat kematian hewan selama pembiakan, kehilangan daging ikan dapat terjadi pada saat proses pemancingan, sedangkan kehilangan pangan susu terjadi akibat penurunan produksi yang disebabkan adanya penyakit sapi perah (mastitis).

1.2.1.3.2. Tahap Pasca panen

Kehilangan pangan di tahap pasca panen terjadi setelah proses pemanenan menuju tahap penanganan, penyimpanan, dan transportasi. Kehilangan pangan nabati pada tahap ini dapat terjadi akibat kerusakan yang terjadi selama proses penanganan, penyimpanan, dan transportasi dari petani untuk didistribusi. Contohnya, pangan setelah panen mengalami kerusakan akibat dimakan oleh hama, rusak oleh jamur atau terkena penyakit. Kehilangan pangan hewani untuk pangan daging sapi, babi, dan unggas biasa terjadi akibat kematian selama pengangkutan menuju tempat pemotongan, kehilangan daging ikan dapat terjadi pada saat proses pengemasan, penyimpanan, dan transportasi, sedangkan kehilangan pangan susu dapat terjadi selama transportasi dari peternakan untuk didistribusi. Contohnya, ikan mengalami kerusakan atau tumpah setelah mendarat.

1.2.1.3.3. Tahap Pemrosesan dan Pengemasan

Kehilangan pangan terjadi selama tahap pemrosesan dan pengemasan secara industri atau domestik. Kehilangan pangan nabati dapat terjadi akibat kerusakan yang terjadi selama proses industri atau domestik (contohnya produksi jus, pengalengan, dan pembuatan roti), proses penyortiran, pencucian, pengupasan, pengirisan, dan perebusan. Contohnya, pangan yang disortir karena tidak memenuhi syarat pemrosesan. Kehilangan pangan hewani untuk daging sapi, babi, dan unggas biasa terjadi selama penyembelihan, kehilangan daging ikan dapat terjadi selama pengolahan di industri seperti pengalengan atau pengasapan, sedangkan kehilangan pangan susu dapat terjadi selama pengolahan di industri seperti pasteurisasi. Contohnya, susu tumpah selama proses pasteurisasi dan pemrosesan lainnya, ikan tumpah selama pengalengan atau proses pengasapan.

1.2.1.3.4. Tahap Distribusi

Limbah pangan terjadi pada saat didistribusikan ke pasar seperti pasar grosir, supermarket, pengecer, dan pasar basah. Contohnya, terjadi pada saat pangan mengalami penyortiran berdasarkan kualitas, pangan yang dibuang karena sudah melewati tanggal jual sebelum dibeli, pangan mengalami kerusakan atau tumpah pada saat dipasarkan.

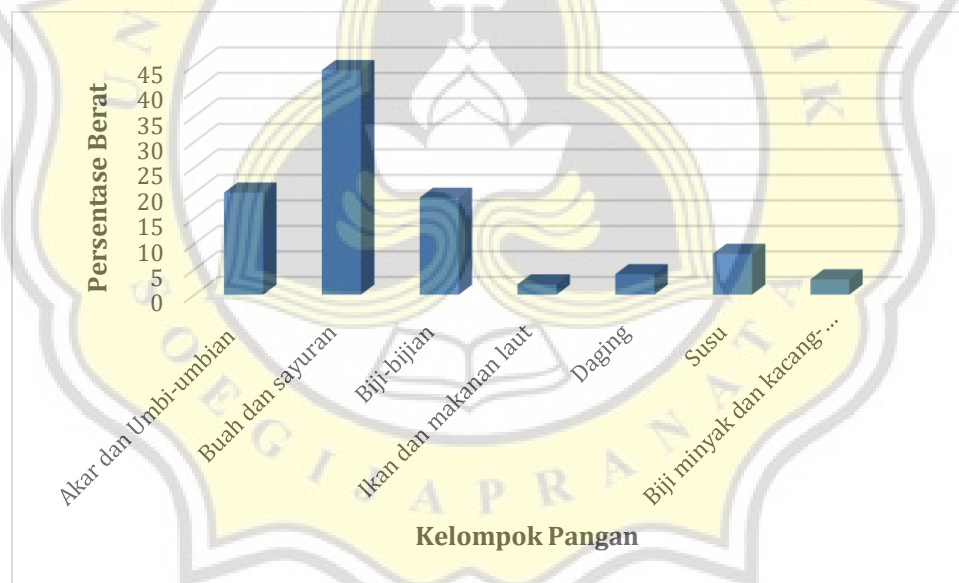
1.2.1.3.5. Tahap Konsumsi

Limbah pangan dapat terjadi selama konsumsi di tingkat rumah tangga, restoran, dan tempat konsumsi lainnya. Contohnya, terjadi pada saat pangan disortir berdasarkan kualitas, pangan yang sudah dibeli maupun sudah dimasak namun kemudian tidak termakan.

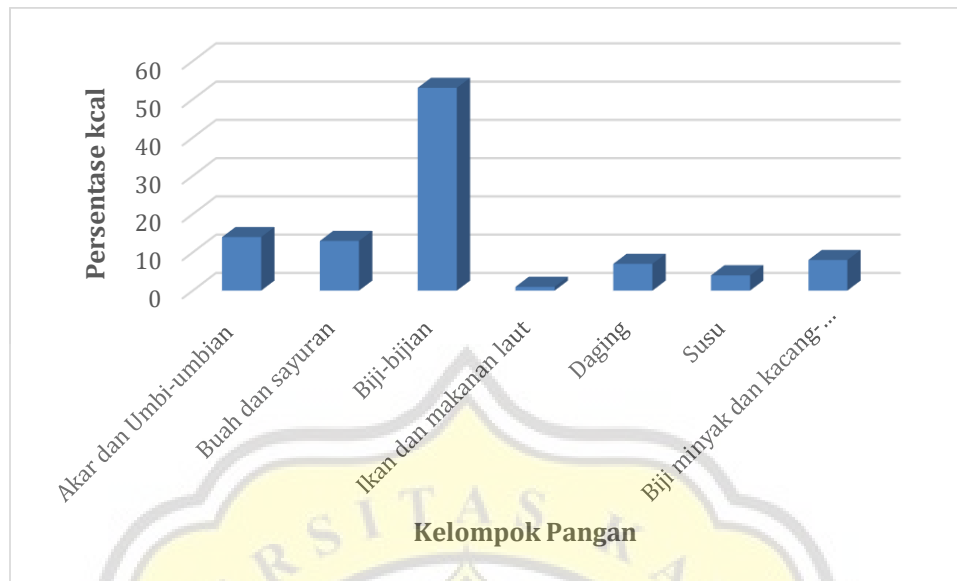
1.2.1.4. Kategori Kehilangan dan Limbah Pangan

1.2.1.4.1. Kelompok Pangan

Kehilangan dan limbah pangan terbagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan kelompok atau jenis pangan yang mengalami kehilangan atau menjadi limbah, dan dapat dihitung menurut berat dan jumlah energi yang hilang, seperti yang ditunjukkan pada gambar grafik berikut.



Gambar 4. Kehilangan dan Limbah Pangan secara Global Berdasarkan Kelompok Pangan Menurut Persentase Berat (diadaptasi dari Food and Agriculture Organization, 2011)

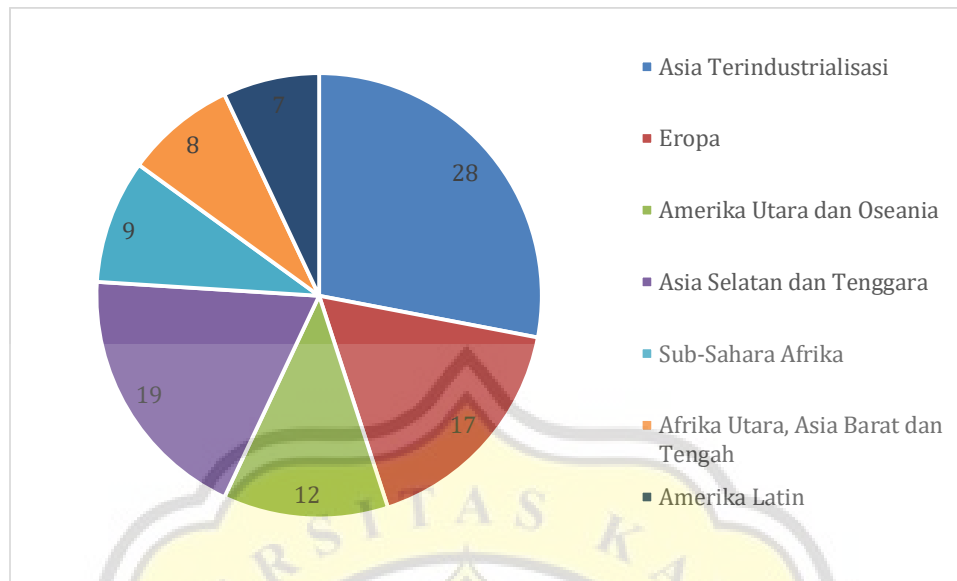


Gambar 5. Kehilangan dan Limbah Pangan secara Global Berdasarkan Kelompok Pangan Menurut Persentase Energi (diadaptasi dari Food and Agriculture Organization, 2011)

Dari Gambar 4 dan 5., dapat dilihat bahwa berdasarkan persentase berat pangan yang hilang diperoleh kelompok atau jenis pangan akar dan umbi-umbian (singkong, kentang, ubi jalar, dan lain-lain) serta sayur dan buah menempati jumlah tertinggi yang mengalami kehilangan dan limbah pangan. Berdasarkan 1,3 miliar metrik ton kehilangan dan limbah pangan seperti yang tergambar pada gambar grafik, dapat dilihat bahwa sayur dan buah paling banyak hilang dan terbuang sebagai limbah apabila dihitung berdasarkan beratnya, sedangkan jika dihitung nilai kalori maka komoditas pangan sereal (roti dan biji-bijian) sebagai penyumbang kehilangan pangan terbesar, disebabkan kelompok sereal berbentuk kering sehingga lebih padat dan tinggi energi dibandingkan kelompok sayur dan buah yang tinggi akan kandungan air.

1.2.1.4.2. Kelompok Geografi

Kehilangan dan limbah pangan terbagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan kelompok geografi yaitu lokasi terjadinya kehilangan dan limbah pangan, seperti yang ditunjukkan pada gambar grafik berikut.

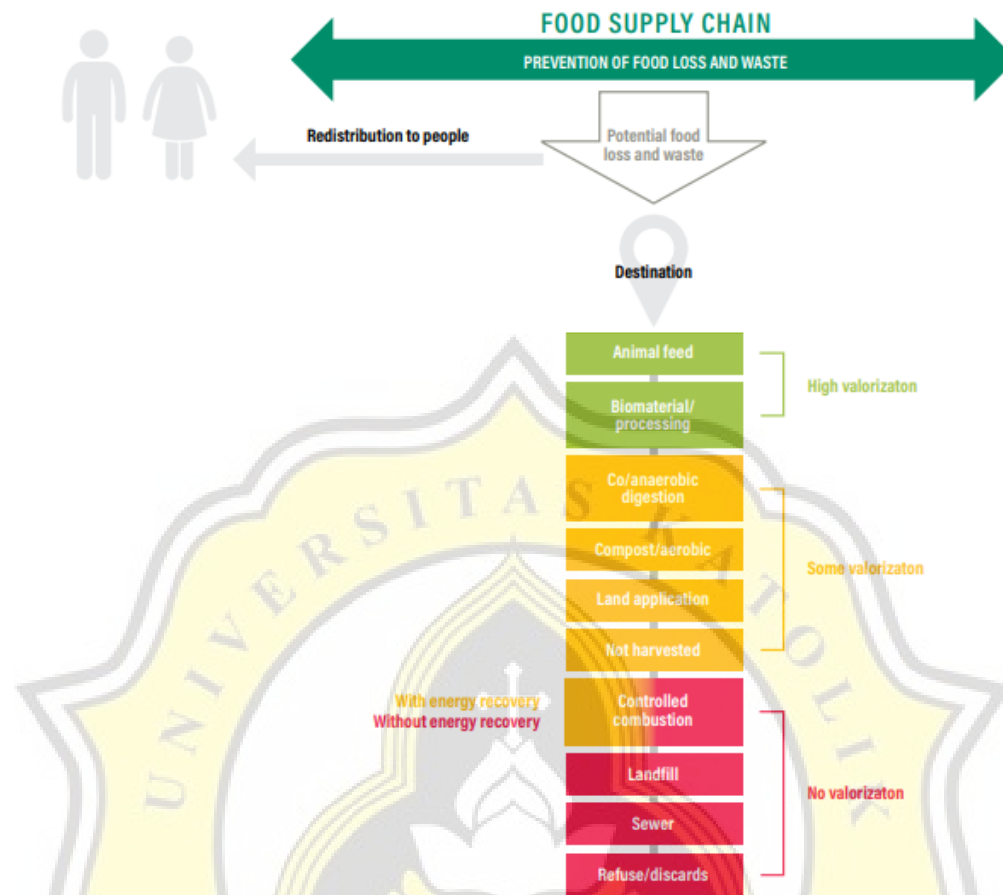


Gambar 6. Kehilangan dan Limbah Pangan secara Global Berdasarkan Kelompok Geografi (diadaptasi dari Food and Agriculture Organization, 2011)

Berdasarkan Gambar 6., dapat dilihat bahwa lebih dari setengah total kehilangan dan limbah pangan yang dihitung berdasarkan terjadi di negara-negara maju seperti Amerika Utara dan Oseania, Eropa, dan negara-negara industri di Asia yang terdiri dari Jepang, China, dan Korea Selatan. Negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah menyumbang 43% dari total kehilangan dan limbah pangan.

1.2.1.5. Destinasi Kehilangan dan Limbah Pangan

Destinasi merupakan istilah yang menggambarkan tempat berakhirnya pangan yang terbuang atau tidak dikonsumsi lagi, dimana terdapat 10 destinasi kehilangan dan limbah pangan seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 7. Destinasi Kehilangan dan Limbah Pangan

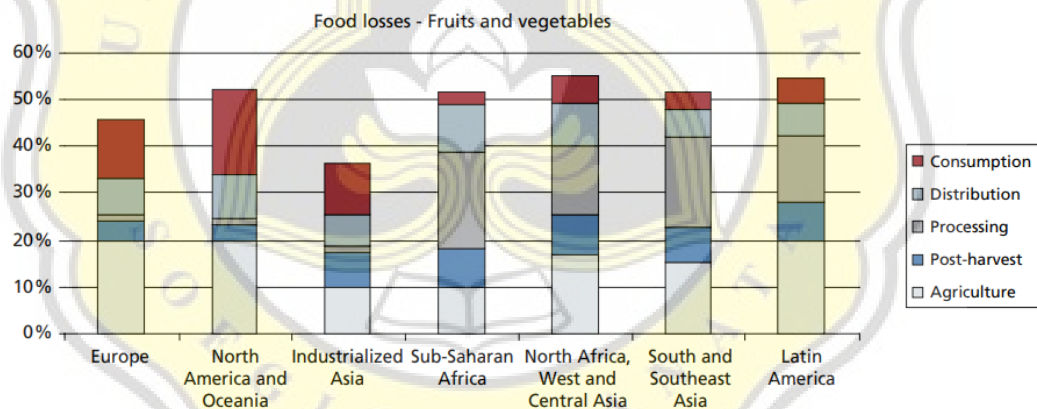
Sumber: Food and Agriculture Organization (2011)

Pada Gambar 7., dapat dilihat bahwa pangan yang hilang atau terbuang karena tidak dikonsumsi lagi oleh manusia dapat berakhir pada 10 macam destinasi yang dikelompokkan menjadi pangan yang memiliki nilai valorisasi tinggi, beberapa dapat divalorisasi, dan tidak mengalami valorisasi. Pangan paling banyak mengalami valorisasi dan mengalami pemulihan energi menjadi pakan hewan dan pengolahan biomaterial terutama pangan bersama dengan bagian nya yang tidak dapat dikonsumsi, pangan juga beberapa divalorisasi melalui pencernaan anaerobik, pencernaan aerobik atau komposting, dan aplikasi lahan. Terdapat juga pangan yang berakhir tanpa valorisasi, yaitu mengalami pembakaran terkontrol yang dimana mengalami sebagian pemulihan energi, sedangkan beberapa pangan

tidak mengalami pemulihan energi melainkan berakhir menjadi sampah di saluran pembuangan maupun tempat pembuangan akhir atau TPA.

1.2.2. Kehilangan dan Limbah Sayur serta Buah

Kehilangan dan limbah sayur serta buah di negara berkembang sebagian besar terjadi di tahap penerimaan oleh *retailer* tepatnya disebabkan tidak terpenuhinya standar kualitas yang ditetapkan oleh *retailer* pada saat proses *grading*, selain itu sebesar 15-30% terjadi di akhir rantai pasok pangan yaitu tahap konsumsi. Tahapan pasca panen dan distribusi juga dinilai kritis mengingat komoditas sayur dan buah rentan terjadi kerusakan baik disebabkan oleh iklim atau lingkungan maupun penanganan yang kurang tepat atau memadai. Di bawah ini ditunjukkan gambar dari grafik yang mendeskripsikan kehilangan dan limbah sayur serta buah di setiap tahapan rantai pasok pangan yang terjadi di berbagai negara.



Gambar 8. Kehilangan dan Limbah Sayur serta Buah di Setiap Tahapan Rantai Pasok Pangan, di Berbagai Negara

Sumber: Food and Agriculture Organization (2011)

1.2.3. Pisang

Tanaman pisang merupakan tanaman yang tumbuh sepanjang tahun dan dijumpai hampir di seluruh dunia terutama wilayah tropis dan subtropis. Tanaman pisang tumbuh baik di dataran rendah hingga tinggi yaitu mencapai ketinggian 1.000-3.000 mdpl, daerah yang subur dengan pH tanah 4,5–7,5 (Sumarjono, 1997). Tanaman pisang merupakan salah satu tanaman herba tertinggi yang terdiri dari *pseudostem*, yaitu batang kuat yang terletak di bagian tengah pohon (Simmonds, 1962), berasal dari Asia Tenggara, namun sudah dibudidayakan di lebih dari 130 negara, dengan produsen utama yaitu India, Thailand, Brazil, Meksiko, Uganda, dan Kamerun (Mohapatra *et al.*, 2010).

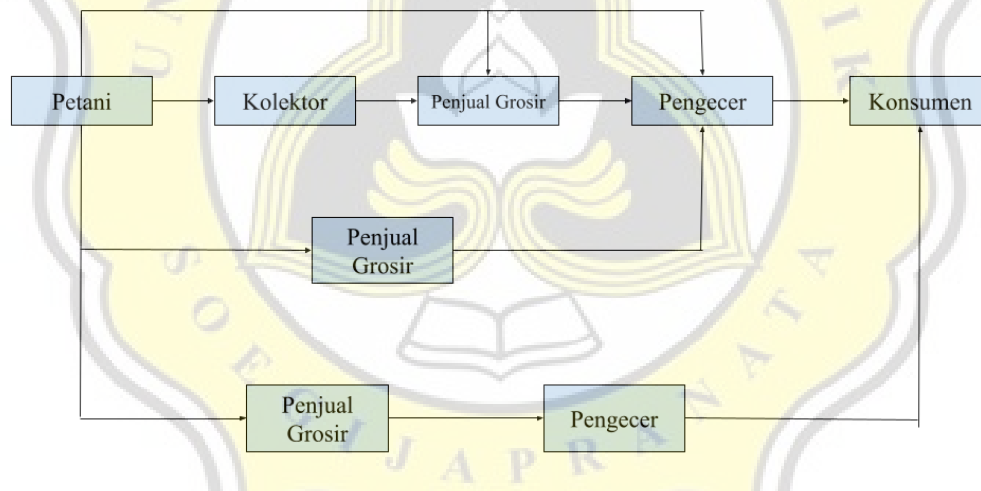
Tanaman pisang disebut sebagai tanaman serbaguna karena tidak hanya buahnya melainkan hampir seluruh bagiannya yang terdiri dari batang, daun, akar, umbi (bonggol), bahkan termasuk kulit buahnya dapat dimanfaatkan dengan diolah kembali. Buah pisang merupakan bagian tanaman pisang yang sering dikonsumsi, memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi seperti kalium yang menjadi zat gizi terbesar pada buah pisang yaitu sebanyak 373 miligram per berat buah pisang 100 gram, dilanjut dengan vitamin A sebanyak 250-335 miligram per 100 gram buah pisang, dan klor sebanyak 125 miligram per 100 gram buah pisang. Buah pisang mengandung vitamin A, B6, dan C, serta mineral yang tinggi, rendah kolesterol, dikenal sebagai sumber karbohidrat, dimana komponen karbohidrat terbanyak terletak pada daging buahnya yaitu pati yang dapat diubah menjadi glukosa, sukrosa, dan fruktosa ketika buah pisang mengalami pematangan (Ismanto, 2015).

1.2.3.1. Kehilangan dan Limbah Buah Pisang

Kehilangan dan limbah buah pisang dapat terjadi di sepanjang tahapan rantai pasok, dimulai dari petani hingga konsumen. Kehilangan buah pisang dapat terjadi akibat tidak optimalnya sistem produksi dan rantai pasok, yang disebabkan keterbatasan manajerial dan teknis seperti kurangnya fasilitas, penyimpanan dan penanganan yang kurang tepat, infrastruktur, pengemasan serta sistem pemasaran kurang memadai, biasa terjadi di tahap produksi dan panen, pasca panen (pengangkutan, pengemasan, dan lain-lain), distribusi (transportasi), dan pemrosesan. Limbah buah pisang biasa terjadi akibat hilangnya bagian dari buah pisang pada

rantai pasok dikarenakan sudah mengalami kerusakan atau kadaluwarsa yang biasanya disebabkan manajemen stok yang buruk, selain itu limbah buah pisang dapat berasal dari bagian buah pisang yang dibuang begitu saja sebagai limbah organik, biasa terjadi di tahap retail dan konsumen (Rezaei & Bin Liu, 2017).

Kehilangan buah pisang yang terjadi di tahapan pasca panen paling tinggi terjadi pada saat distribusi dan penanganan, dikarenakan pisang tergolong sebagai buah klimakterik yang mudah mengalami kerusakan (Sarananada, 2000) sehingga pada saat pengiriman, menempuh perjalanan panjang, maupun saat pengemasan yang kurang memadai pisang mengalami kerusakan fisik (R, Arivazhagan & Geetha, 2018). Di bawah ini menggambarkan rantai pasok buah pisang.



Gambar 9. Rantai Pasok Buah Pisang

Sumber: Sarananada (2000)

Gambar 9., menunjukkan rantai pasok buah pisang yang melibatkan petani, kolektor, penjual grosir (*wholesaler*), pengecer (*retailers*), dan konsumen. Pisang tergolong buah klimakterik yang mudah mengalami kerusakan, oleh karena itu buah pisang mengalami kehilangan paling tinggi pada saat pasca panen terutama di tahapan distribusi dan penanganan (Sarananada,

2000). Pada tahap distribusi, kehilangan terjadi akibat selama pengiriman terjadi kerusakan fisik pada pisang, menempuh perjalanan panjang, serta metode pengemasan yang kurang memadai (R, Arivazhagan & Geetha, 2018). Pada penelitian sebelumnya didapatkan bahwa buah pisang yang sudah berada di tangan konsumen kemudian dapat dikonsumsi langsung ataupun bagian yang dapat dikonsumsi diolah menjadi produk baru di industri pengolahan pisang, ternyata menghasilkan limbah berupa bagian dari yang tidak dapat dikonsumsi yaitu kulit buah pisang. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan jumlah limbah kulit buah pisang yang dapat dihasilkan. (Setyadjit *et al.*, 2018)

Tabel 1. Produksi Buah Pisang dan Potensi Limbah Kulit Buah Pisang di Indonesia

Nama Buah	<i>Edible Portion</i> (%)	Limbah (%)	Produksi (ton)	Potensi Limbah (ton)
Nangka (KB)	75	25	644.295	161.074
Pepaya (KB)	71	29	840.119	243.635
Duku (KB)	64	36	208.426	35.033
Durian (KB)	22	78	859.127	670.119
Jambu Biji (KB)	82	18	187.418	33.735
Jeruk Bali (KB)	62	38	141.296	53.692
Jeruk Keprok (KB)	71	29	1.785.264	517.727
Mangga (KB)	65	35	2.431.329	850.965
Manggis (KB)	29	71	114.760	81.480
Rambutan (KB)	40	60	737.246	442.338
Sirsak (KB)	68	32	53.068	16.982
Nanas (KJ)	53	47	1.835.490	862.680
Alpukat (KB)	61	39	307.326	119.857
Belimbing (K)	86	14	81.663	11.433
Jambu Mawar (B)	90	10	91.983	9.198
Sawo (KB)	79	21	138.209	29.024
Sukun (KJ)	84	16	103.491	16.559
Markisa (KB)	36	64	108.144	69.212
Melon Manis (KB)	46	54	150.356	343.437
Semangka (K)	46	54	653.995	353.157
Blewah (KB)	46	54	38.665	559.481
Salak (KB)	50	50	1.118.962	559.481
Pisang (K)	75	25	6.862.567	1.715.642
Apel (KJ)	89	19	2.260.337	429.464
Anggur	100	0	218.811	0
Total				8.097.938

Keterangan:

KB : Kulit dan Biji
KJ : Kulit dan Jantung
K : Kulit
B : Biji

Berdasarkan Tabel 1., dapat dilihat bahwa buah pisang memiliki *edible portion* yang berarti bagian dapat dikonsumsi sebesar 75%, sehingga bagian yang dianggap tidak dapat dikonsumsi yaitu kulitnya menyumbang sebesar 25% dari total berat buah pisang, dengan demikian dari total buah pisang yang diproduksi, maka dihasilkan pula total limbah kulit buah pisang sebesar 25%.

1.2.3.2. Kulit Buah Pisang

1.2.3.2.1. Kandungan Gizi Kulit Buah Pisang

Kandungan gizi kulit buah pisang terbanyak yaitu air dan karbohidrat dalam bentuk pati atau amilum. Pati atau amilum merupakan karbohidrat kompleks atau polisakarida karbohidrat, memiliki sifat tidak larut air, berbentuk bubuk berwarna putih, tidak memiliki bau, dan rasa tawar, biasa pati dihasilkan oleh tanaman untuk menyimpan kelebihan glukosa sebagai hasil dari fotosintesis sehingga pati berperan sebagai sumber energi (Johari & Rahmawati, 2006), pati merupakan produk utama dari tanaman yang berperan untuk menyimpan kelebihan glukosa yang dihasilkan selama fotosintesis, sehingga berguna sebagai sumber energi (Johari, 2006). Karbohidrat pada kulit buah pisang ini dapat dimanfaatkan dalam pembuatan alkohol yang digunakan sebagai bahan baku minuman beralkohol (anggur), bahan bakar, bahan kecantikan, maupun bahan industri kimia. Kulit buah pisang juga sering dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Hartono *et al.*, 2013). Kandungan kimia kulit buah pisang menurut Hassan *et al.* (2018) sebagai berikut.

Tabel 2. Kandungan Kimia Kulit Buah Pisang

Unsur	Jumlah
Air (%)	62,33 ± 0,14
Karbohidrat (%)	11,82 ± 2,17
Lemak (%)	5,93 ± 0,13
Protein (%)	1,95 ± 0,14
Serat Kasar (%)	8,37 ± 0,18
Abu (%)	9,60 ± 0,02
Energi (kcal)	106,50
Kalsium (mg/100 gr)	59,10 ± 0,85
Fosfor (mg/100 gr)	211,30 ± 1,24
Besi (mg/100 gr)	47,00 ± 1,26
Magnesium (mg/100 gr)	44,50 ± 0,08
Sodium (mg/100 gr)	115,10 ± 0,26
Potassium (mg/100 gr)	4,39 ± 0,15
Mangan (mg/100 gr)	0,702 ± 0,09
Seng (mg/100 gr)	0,033 ± 0,04
Tembaga (mg/100 gr)	0,51 ± 0,02

Keterangan: Nilai merupakan mean ± standar deviasi (n = 5)

Kandungan penting lainnya dari kulit buah pisang yaitu, fitokimia sebagai antioksidan, fitosterol, kandungan pigmen yaitu flavonoid (delphinidin, sianidin, dan antosianin), maupun karotenoid (β -karoten, α -karoten, dan xantofil), katekolamin seperti dopamin dan L-dopa (Pelissari *et al.*, 2014). Senyawa-senyawa penting seperti mineral, zat gizi mikro natrium, kalsium, fosfor, besi, magnesium, seng, kalium. Selain itu, kulit buah pisang mengandung semua kandungan asam amino esensial dan vitamin, juga mengandung asam lemak jenuh sebesar 40-50% dari total asam lemak pada kulit buah pisang yaitu termasuk asam palmitat, asam stearat, asam arakida dan asam miristat, sedangkan asam lemak tak jenuh ganda terdiri

dari asam linoleat (omega-6) dan asam α -linolenat (omega-3). Kandungan serat pangan yang tinggi pada kulit buah pisang terutama serat tidak larut yang terdiri dari selulosa, lignin, hemiselulosa, dan β -glukan, sedangkan serat larut yaitu pektin dan gum (Happi Emaga *et al.*, 2008). Kandungan serat pangan pada kulit buah pisang yaitu hemiselulosa (6,4%-9,4%), selulosa (7,6%-9,6%), lignin (6%-12%), dan pektin (10%-21%), dimana pektin merupakan bentuk kompleks dari heteropolisakarida yang mengandung asam galaktosa, arabinosa, galakturonat, dan rhamnosa (Mohapatra *et al.*, 2010).

1.2.3.3. Valorisasi Kulit Buah Pisang

Valorisasi memiliki pengertian dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, yaitu upaya untuk memulihkan atau menetapkan kembali nilai maupun harga sesuatu. Dengan demikian valorisasi limbah kulit buah pisang merupakan upaya untuk meningkatkan nilai limbah kulit buah pisang melalui berbagai proses pengolahan kembali, sehingga mengubah nilai kulit buah pisang yang semula hanya terbuang begitu saja sebagai sampah atau limbah menjadi berbagai macam bentuk produk olahan bernilai tinggi dan memiliki daya jual tinggi apabila dipasarkan (Salimi & Citron, 2019).

Teknologi Penepungan

Penepungan merupakan proses pengolahan dengan prinsip memperkecil ukuran bahan dengan cara dihaluskan ke dalam bentuk bubuk atau sering disebut dengan tepung (Ernawan *et al.*, 2019), dimana penepungan menjadi salah satu teknologi alternatif pembuatan produk setengah jadi dengan kelebihan yang dimiliki yaitu memiliki umur simpan lebih lama, meningkatkan kandungan zat gizi, mudah diolah menjadi produk lain, mudah dibentuk, dimasak, maupun dicampur dengan jenis tepung lainnya (Pangastuti *et al.*, 2013). Produk hasil penepungan disebut dengan tepung yang memiliki kadar air rendah sehingga menjadikan bahan lebih awet, dimana kadar air pada tepung dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku yang dijadikan tepung, perlakuan yang diberikan selama proses pembuatan tepung, kelembapan udara sekitar, penyimpanan, dan pengemasan tepung. Kadar air tepung yang menjadikan tepung memiliki umur simpan yang panjang adalah sekitar 2-10% (Subagio, 2006).

Tahapan pembuatan tepung terdiri dari penentuan bahan baku, pembersihan bahan, pemotongan untuk memperkecil ukuran bahan, pengeringan, penghancuran atau penghalusan bahan melalui penggilingan, dan penyaringan (Murtiningsih & Suryanti, 2011). Metode yang digunakan sehingga tepung memiliki kadar air rendah adalah berupa pengeringan, yang biasanya dilakukan secara konvensional yaitu penjemuran, selain itu menggunakan alat pengering biasa seperti oven (Nurani & Yuwono, 2014). Pengeringan bertujuan untuk meminimalkan resiko kerusakan akibat terkontaminasi mikroorganisme sehingga meningkatkan keamanan produk ketika disimpan serta hendak diolah lebih lanjut, memperkecil ukuran berat serta volume produk sehingga menghemat tempat atau ruang penyimpanan dan mempermudah selama pengangkutan atau pemrosesan, mempermudah pemanfaatan menjadi produk selanjutnya. Kelemahan metode pengeringan dengan menggunakan sinar matahari menghasilkan mutu produk akhir yang kurang baik, dikarenakan prosesnya yang membutuhkan waktu lama sehingga meningkatkan resiko terpaparnya produk dengan mikroorganisme maupun kotoran baik melalui peralatan maupun udara, waktu yang terlalu lama juga dapat meningkatkan penggunaan energi, selain itu berpotensi terjadinya penurunan kandungan gizi pada produk. Kelemahan pengeringan kulit pisang melalui pemanasan yaitu penurunan kandungan gizi pada kulit pisang seperti betakaroten akibat terpapar suhu terlalu tinggi (*thermal degradation*), selain itu paparan dengan oksigen yang terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya oksidasi enzimatis betakaroten oleh enzim lipoksigenase menjadi aldehid, hidroksi betakaroten, betakarotenon, hidroksi betaneokaroten dan semikaroten yang mengakibatkan molekul betakaroten *all trans* mengalami kerusakan (Nurhayati & Oktavia, 2014).

Tahap pengeringan berdampak pada kualitas tepung kulit pisang yang dihasilkan, diantaranya warna tepung kulit pisang. Pemanasan pada suhu 50-60°C tidak cukup untuk menonaktifkan enzim pencoklatan atau polifenol oksidase, justru dapat merusak organ sel yang mendorong senyawa fenol keluar dari dalam sel sehingga terjadilah reaksi antara enzim dengan senyawa fenol (Walter & Purcell, 1980) yang memicu pencoklatan enzimatis. Pencoklatan dapat terjadi secara enzimatis dan non enzimatis, pencoklatan enzimatis terjadi akibat adanya konversi senyawa fenolik menjadi melanin yang memberi warna coklat,

dimana pencoklatan enzimatis dipengaruhi oleh adanya oksigen, senyawa fenolik, dan enzim fenolase (Weller *et al.*, 1997). Pengeringan secara terbuka yaitu penjemuran akan memberikan hasil yang berbeda dibandingkan dengan pengeringan tertutup seperti menggunakan oven, dimana penjemuran memicu terjadinya pencoklatan enzimatis. Pencegahan pencoklatan enzimatis dapat dilakukan melalui beberapa perlakuan seperti perlakuan secara fisik (pendinginan, pemanasan atau blansing, pembekuan, pemberian tekanan tinggi, dan irradiasi), menambah zat penghambat (zat pereduksi seperti sulfat, asidulan atau asam, penkelat, penghambat kerja enzim, natrium klorida, dan agen pengkompleks), metilasi senyawa fenolik, dan penghilangan oksigen. Asam yang ditambahkan untuk mencegah pencoklatan enzimatis bahan pangan diantaranya asam sitrat, asam askorbat, asam malat, dan asam folat (Tranggono & Sutardi, 1990).

Tepung kulit pisang memiliki bentuk serbuk, warna coklat akibat reaksi *enzymatic browning* yaitu reaksi oksidasi antara udara dengan senyawa fenol yang dikatalisis oleh enzim polifenol oksidase atau fenol oksidase (Mardiah, 1996), aroma normal khas pisang, dan rasa sedikit getir akibat kandungan senyawa fitokimia saponin yang memiliki rasa pahit atau getir (Sirait, 2009), dan tannin pada kulit pisang yang memberikan rasa sepat yaitu sebesar 7,36% untuk kulit pisang mentah sedangkan 1,99% untuk yang sudah matang (Kahara, 2016).

Tepung kulit pisang mengandung berbagai zat gizi, diantaranya pati yaitu polimer dari glukosa atau polisakarida yang tersusun dari amilosa dan amilopektin yang biasanya dijumpai di berbagai sumber pangan seperti umbi-umbian, biji-bijian, sayuran, dan termasuk buah. Amilosa adalah polisakarida dengan rantai lurus yang menyusun polimer, dengan ikatan $\alpha - (1,4) -$ glikosidik dan tersusun dari 500-2000 unit D-glukosa pada setiap rantainya, sedangkan amilopektin tersusun dari rantai bercabang melalui ikatan $\alpha - (1,4) -$ glikosidik dan $\alpha - (1,6) -$ glikosidik di setiap cabangnya yang hanya terdiri dari 25-30 unit D-glukosa. Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun dari ikatan $\alpha - (1,4) -$ poli glukosa dan memiliki berat molekul yang besar (Jacobs & Delcour, 1998). Polifenol merupakan senyawa fenol yang memiliki gugus hidroksil (-OH) lebih dari satu, terbentuk dari proses biosintesis metabolit sekunder, polifenol merupakan senyawa antioksidan paling banyak yang dijumpai secara alami pada tanaman. Berdasarkan struktur

kimia, polifenol dapat dibagi ke dalam 10 kelas yang diantaranya terdapat flavonoid, tannin, dan asam fenolat (Cairns, 2003). Antioksidan sendiri adalah zat yang dapat menghambat terjadinya oksidasi oleh senyawa radikal bebas, yaitu senyawa yang dapat merusak enzim, asam nukleat, maupun protein pada sel sehingga berakibat pada munculnya berbagai penyakit degeneratif (Aisyah & Ari, 2013).

Ekstrak Pektin

Pektin merupakan senyawa polisakarida kompleks tersusun dari asam poligalakturonat yang terdiri dari rantai asam galaturonat dan terikat melalui ikatan α - (1-4)-glikosida, biasa dijumpai pada dinding sel tanaman tepatnya berada di antara selulosa dan hemiselulosa dan berfungsi sebagai perekat antar dinding sel tanaman (Hanum *et al.*, 2012). Karakteristik pektin yaitu dapat larut dalam air terutama mudah larut dalam air panas, serta memiliki sifat gel yang baik (Winarti, 2010) sehingga pektin sering dimanfaatkan terutama dalam bidang pangan terkait sifat stabilitas, viskositas, tekstur dan penampilan makanan (Chaubey & Kapoor, 2011). Aplikasi pektin di bidang pangan contohnya adalah bahan penstabil dan pengental atau pembentukan gel pada minuman sari buah, pembuatan marmalade, *jelly* serta selai (Wilat *et al.*, 2006).

Ekstraksi adalah metode pemisahan suatu zat dari campurannya dengan menggunakan pelarut tertentu yang sesuai, yaitu dapat memperoleh ekstrak zat yang diinginkan tanpa melarutkan zat lainnya. Proses yang terjadi selama ekstraksi terdiri dari pencampuran pelarut pada bahan melalui difusi, kemudian akan terbentuk fase ekstrak yaitu zat yang terlarut dalam pelarut yang digunakan sehingga terpisah dari bahan, diakhiri dengan pemisahan fase ekstrak dari bahan (Wilson, 2000). Pemilihan jenis pelarut berdasarkan pada sifat kelarutan zat terhadap zat lainnya yang terdapat pada campuran (Sembiring, 2007). Jenis metode ekstraksi yang digunakan disesuaikan dengan jenis bahan, sifat senyawa yang hendak dipisahkan. Secara umum ekstraksi dibedakan menjadi dua jenis yaitu ekstraksi padat-cair dan ekstraksi cair-cair, dimana ekstraksi padat-cair memisahkan zat yang terdapat pada bahan berupa

padatan, sedangkan ekstraksi cair-cair zat terkandung pada bahan berupa cairan (Mukhriani, 2014).

Ekstraksi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: (Othmer, 1998)

a. Jenis Pelarut

Jenis pelarut yang digunakan akan mempengaruhi zat yang dipisahkan, jumlah zat terekstrak, serta kecepatan ekstraksi.

b. Suhu

Peningkatan suhu akan meningkatkan jumlah zat terlarut pada pelarut.

c. Waktu

Semakin lama waktu ekstraksi akan meningkatkan kontak antara zat terlarut dengan pelarut sehingga akan menghasilkan lebih banyak ekstrak.

d. Ukuran Partikel

Ukuran partikel yang semakin kecil akan meningkatkan kecepatan ekstraksi sehingga meningkatkan pula jumlah ekstrak.

e. Rasio Pelarut dengan Bahan

Rasio pelarut dengan bahan meningkat akan meningkatkan kecepatan ekstraksi sehingga menghasilkan lebih banyak ekstrak.

f. Pengadukan

Pengadukan dapat mempercepat reaksi antara zat terlarut dengan pelarut sehingga ekstrak yang diperoleh semakin banyak.

Pelarut ekstraksi dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu pelarut amfiprotik yang bersifat baik asam maupun basa contohnya adalah air, pelarut netral merupakan pelarut yang bersifat asam-basa menyerupai air terdiri dari etanol dan metanol, pelarut asam memiliki sifat lebih asam namun sifat basa lebih lemah dari air terdiri dari asam format, asam klorida, asam asetat, dan pelarut asam lainnya, dan yang terakhir adalah pelarut basa yang bersifat lebih basa namun sifat asam lebih lemah dibandingkan air contohnya yaitu etilendiamina dan amonia cair (Geankoplis, 1993).

Ekstraksi suatu senyawa pada tanaman biasa diawali dengan pengeringan dan penghancuran bagian tanaman (bunga, kulit, daun, dan lain-lain), kemudian menentukan jenis pelarut yang terdiri dari pelarut polar (metanol, etanol, air, dan lain-lain), pelarut semipolar (diklorometan, etil asetat, dan sebagainya), atau pelarut non polar (petroleum eter, kloroform, n-heksan, dan sebagainya) (Mukhriani, 2014). Ekstraksi pektin pada tanaman berdasarkan sifat pektin yang dapat larut air, sedangkan polisakarida lain yang bersama dengan pektin seperti selulosa dan hemiselulosa tidak dapat larut air (Prasetyowati, 2009), setelah ekstraksi dilanjutkan dengan pengendapan pektin yaitu pemisahan pektin dengan pelarutnya melalui dehidrasi yang dilakukan melalui penambahan alkohol mengakibatkan terganggunya stabilitas pektin yang bersifat koloidal sehingga membentuk koagulasi dari pektin. Alkohol merupakan bahan pendehidrasi yang memiliki berat molekul rendah sehingga mudah bereaksi dengan air melalui ikatan hidrogen, dimana dapat mengurangi ion atau air di sekitar pektin sehingga kestabilan antara pektin dengan air terganggu (Nurbaya *et al.*, 2018). Setelah pengendapan pektin, dilakukan pencucian dengan alkohol yaitu etanol kemudian dilanjutkan dengan pengeringan pektin yang dilakukan pada tekanan rendah untuk mencegah degradasi pektin.

Biosorben

Biosorben berperan dalam proses biosorpsi yaitu penyerapan suatu zat yang biasanya mencemari lingkungan terutama lingkungan perairan melalui pembuangan limbah seperti ion logam yang salah satunya dijumpai sebagai bahan pencemar pada limbah berbagai industri seperti industri *alloy*, logam, baterai, pelapisan logam, semen, cat, maupun, kemudian zat warna yang dijumpai pada limbah industri tekstil, makanan, kosmetik, plastik, dan kertas, dan juga zat pencemar berupa minyak. Biosorpsi bekerja dengan melibatkan fase padat yang disebut dengan sorben dan fase cair sebagai pelarut (biasa berupa air) dan terlarut yaitu zat yang diserap disebut dengan istilah sorbat (El-Nafaty *et al.*, 2013). Keberadaan ion logam berat pada limbah industri yang terbuang begitu saja dapat berdampak buruk apabila terjadinya akumulasi pada rantai makanan, yaitu semakin meningkatnya jumlah ion logam yang merupakan unsur kimia pada tubuh makhluk hidup. Akumulasi ion logam dapat berakibat terjadinya keracunan, seperti logam mangan menyebabkan gangguan pada saluran

pernapasan, otak, kardiovaskuler, tulang, hati, kerongkongan, sistem reproduksi, menimbulkan hipertensi, masalah kulit, hepatitis, obesitas, kolesterol, serta epilepsi. Logam kromium dapat menyebabkan terjadinya kanker paru-paru, dermatitis, lubang pada jantung, dan iritasi atau alergi mata (Palar, 1994).

Zat warna yang dijumpai di limbah industri tekstil berasal dari sisa warna yang terbuang akibat hanya sebagian zat warna yang terserap pada bahan tekstil, dimana keberadaannya di dalam jumlah berlebih di lingkungan dapat menimbulkan berbagai macam penyakit karena bersifat mutagenik dan karsinogenik. Contoh zat warna yang digunakan di industri tekstil yaitu Rhodamin B yang memberi warna merah terang pada konsentrasi rendah dan berwarna merah keunguan pada konsentrasi tinggi, dimana berbahaya karena menyebabkan iritasi, kanker, dan bahkan kerusakan hati (Wijaya *et al.*, 2006).

Keberadaan zat pencemar minyak bersifat beracun terutama bagi ekosistem perairan, dapat menghambat transfer oksigen dari atmosfer ke perairan sehingga kadar oksigen di perairan menjadi rendah (Hebbar & Jayantha, 2013), selain itu membawa kerugian bagi suatu perkotaan karena membutuhkan biaya besar untuk memperbaiki pipa yang tersumbat oleh minyak, serta membersihkan tumpahan minyak di perairan (Pawlak *et al.*, 2008). Berbagai metode untuk menghilangkan limbah minyak seperti perangkap minyak, tanki skimming, dan, tetapi memiliki kekurangan yaitu tidak maksimalnya penghilangan limbah minyak di perairan.

Komposisi utama yang dijumpai pada kulit pisang berupa polisakarida, dimana pada bubuk kulit pisang mengandung polisakarida selulosa, amilosa, dan amilopektin. Pada polisakarida terbentuk ikatan silang atau *crosslinking* yang berfungsi sebagai penghubung antar molekul yaitu menghubungkan gugus-gugus hidroksil melalui ikatan ester, dimana ikatan silang ini juga dapat memperkuat ikatan hidrogen pada polisakarida (Cotton & Wilkinson, 1989). Asam galakturonat yang terkandung pada serat pektin kulit pisang memiliki gugus fungsional karboksil (-COOH) yang berperan mengikat ion logam berat, selain itu terdapat gugus lain seperti gugus amina (-NH), hidroksil (-OH), dan karbonil (=O) (Castro *et al.*, 2011), tambahan gugus fosforil dan sulfidril (Chojnacka & Mikulewicz, 2019). Adsorpsi ion logam dengan biosorben bekerja melalui pertukaran ion, yaitu terjadi secara kompleks koordinasi

melalui ikatan kovalen antara ion -OH pada permukaan polisakarida dengan ion logam yang bermuatan positif. Asam galakturonat juga berperan dalam penyerapan zat warna (Pankaj *et al.*, 2012).

1.3. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang dapat diidentifikasi berdasarkan latar belakang dan tinjauan pustaka di atas yaitu:

- 1.3.1.** Se jauh mana kehilangan dan limbah buah pisang di sepanjang rantai pasok pangan, baik dari segi kuantitatif maupun kualitatif?
- 1.3.2.** Se jauh mana keberadaan teknologi valorisasi dari limbah kulit pisang dalam menghasilkan produk-produk yang potensial?
- 1.3.3.** Se jauh mana peluang dan tantangan aplikasi teknologi valorisasi limbah kulit pisang?

1.4. Tujuan Penulisan *Literature Review*

- 1.4.1.** Mengetahui dan mendeskripsikan kehilangan dan limbah buah pisang di sepanjang rantai pasok pangan, baik dari segi kuantitas maupun karakteristik bahan
- 1.4.2.** Menghimpun dan mengevaluasi teknologi valorisasi dari limbah kulit pisang dalam menghasilkan produk-produk yang potensial
- 1.4.3.** Mengevaluasi peluang dan tantangan aplikasi teknologi valorisasi limbah kulit pisang