

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pangan merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia karena mengandung zat-zat nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh untuk menjaga kelangsungan hidup manusia dan melakukan aktivitas sehari-hari. Berdasarkan sumbernya, pangan dapat diklasifikasi menjadi dua yaitu pangan hewani dan nabati. Bahan pangan hewani dapat meliputi ikan, daging, telur, serta susu dan olahannya. Sedangkan, bahan pangan nabati dapat meliputi buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, dan sereal.

Limbah pangan (*food waste*) merupakan salah satu permasalahan serius karena adanya kebiasaan manusia yang seringkali membuang sisa-sisa makanan sehingga menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan. Menurut *Food and Agricultural Organization* (FAO) mengatakan bahwa satu per tiga makanan yang kurang lebih bertotalkan 1,3 miliar ton makanan terbuang sia-sia secara global tiap tahunnya (Gustavsson *et al.*, 2011). Limbah pangan merupakan salah satu penyumbang gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Gas metana dan karbondioksida adalah gas yang berpotensi sebagai gas rumah kaca sehingga ikut berkontribusi dalam peningkatan pemanasan global (Lee *et al.*, 2020).

Menurut Gustavsson *et al.* (2011), kehilangan pangan di Eropa berkisar antara 280-300 kg/tahun per kapita. Sedangkan, kehilangan pangan yang terjadi di Saharan Africa dan Asia Selatan/Asia Tenggara berkisar antara 120-170 kg/tahun per kapita. Di Amerika Utara, limbah pangan dapat mencapai 95-115 kg/tahun per kapita. Sedangkan, di Sub-Saharan Afrika dan Asia Selatan/Asia Tenggara hanya mencapai 6-11 kg/ tahun per kapitanya. Jumlah kehilangan pangan di negara industri sama tingginya dengan negara berkembang, di negara berkembang 40% terjadi saat pasca panen dan proses pengolahan. Sedangkan, di negara industri 40% terjadi ditingkat retail dan konsumen. Limbah pangan di

negara-negara industri mencapai 222 juta ton senilai dengan produksi pangan bersih di Sub-Sahara Afrika yaitu 230 juta ton.

Buah dan sayur adalah salah satu kebutuhan penting bagi manusia. Buah dan sayur merupakan salah satu penyumbang kehilangan dan limbah pangan mencapai 40-50% (FAO, 2015). Diperkirakan sebanyak 1,6 miliar ton buah dan sayur terbuang sia-sia per tahun (Güzel & Akpınar., 2019). Kehilangan pangan dapat mengurangi jumlah ketersediaan pangan untuk konsumsi manusia, sehingga menimbulkan masalah kerawanan pangan yang serius. Sebanyak 40% kehilangan dan limbah pangan terjadi di negara berkembang selama proses pascapanen dan pengolahan. Asia Selatan dan Tenggara menyumbang limbah pangan sebesar 23% (Esua *et al.*, 2017).

Salah satu buah yang cukup banyak dikonsumsi di dunia adalah buah apel. Produksi apel di dunia mencapai sekitar 54,2 juta ton per tahun. Sekitar 26% dari produksi apel ini diproses industri untuk mendapatkan produk seperti jeli, jus, sari apel, dan lainnya (Molinuevo *et al.*, 2020). Industri pengolahan apel menghasilkan limbah berupa *apple pomace*, kulit, dan biji apel. Limbah apel memiliki kandungan senyawa-senyawa berharga yang dapat diolah sebagai produk yang lebih bernilai (Vidović *et al.*, 2020).

Apple pomace merupakan dari campuran kulit, daging, biji, dan batang apel. *Apple pomace* menyumbang sekitar 25% dari berat apel segar. Pada tahun 2010, produksi *apple pomace* secara global diperkirakan melebihi 3600 kton/tahun. Kulit apel adalah bagian dari *apple pomace*, tetapi juga dihasilkan secara terpisah selama produksi saus apel, apel kering, dan apel kaleng. Jumlah kulit apel yang dihasilkan adalah 13% dari berat apel segar. Sedangkan biji apel, hanya menyumbang 0,7% dari berat apel segar (Vidović *et al.*, 2020).

Limbah apel kaya akan asam organik, serat, dan antioksidan. Daging dan kulit apel mengandung katekin, *procyanidins*, *phloridzin*, phloretin glikosida, dan

asam klorogenat. Kulit apel memiliki flavonoid yang tidak ditemukan dalam daging apel seperti, *quercetin* glikosida dan glikosida sianidin (Vidović *et al.*, 2020). Kandungan senyawa fitokimia pada kulit apel lebih tinggi dibandingkan dagingnya (Lata, 2007). Biji apel mengandung asam lemak tidak jenuh seperti linoleat, oleat, palmitat, dan stearat (Vidović *et al.*, 2020).

Mempertimbangkan kekayaan kandungan senyawa-senyawa bioaktif dalam limbah apel, maka diperlukan valorisasi yang tepat dan bernilai tinggi. Saat ini, limbah apel hanya sering dimanfaatkan secara terbatas sebagai pupuk dan substitusi pakan ternak, tanpa memperhitungkan kandungan antioksidan dalam senyawa-senyawa flavonoidnya (Dhillon *et al.*, 2013). Banyak penelitian tentang valorisasi limbah apel yang sudah dipublikasikan. Untuk mendapatkan gambaran tentang status terkini (*state of the art*) penelitian-penelitian valorisasi limbah apel diperlukan sebuah *review* yang merangkum semua publikasi penting dalam topik tersebut.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Kehilangan dan Limbah Pangan

Menurut Gustavsson *et al.* (2011), kehilangan pangan (*food loss*) merupakan penurunan kuantitas atau kualitas pangan karena tindakan supplier pangan pada rantai pasok pangan. Kehilangan pangan dapat terjadi melalui proses pra panen karena bahan pangan tidak sesuai dengan standar mutu pasar, adanya permasalahan dari penanganan, penyimpanan, dan pengemasan bahan pangan tersebut sehingga produsen membuang bahan pangan tersebut karena ditolak pasar. *Food loss* terjadi di negara-negara maju dan berkembang, namun angka kehilangan pangan lebih banyak terjadi di negara berkembang. Kehilangan pangan pada negara berkembang dapat terjadi karena tingkat produksi pangan yang tinggi tetapi tidak diimbangi dengan ilmu pengetahuan dan teknologi yang memadai sehingga bahan pangan rusak sebelum sampai ke tangan konsumen atau mutunya tidak sesuai dengan standar pasar.

Menurut Immanuel *et al.* (2013), limbah pangan (*food waste*) adalah makanan yang terbuang karena tidak dapat dikonsumsi atau termasuk bahan makanan yang terbuang karena adanya kelalaian saat proses pengolahan, produksi, dan distribusi. Limbah pangan dapat dikategorikan menjadi dua yaitu berdasarkan waktu dan tingkat kemungkinannya. Berdasarkan waktu, limbah pangan dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu:

1. *Pre consumer waste* yang terdefinisi untuk semua *spoiled food*, *trimming*, serta produk lain yang terjadi di kitchen hingga akhirnya dibuang sebelum selesai diolah menjadi makanan (*menu item*) yang akan dikonsumsi
2. *Post-consumer waste* yaitu sampah yang tersisa Ketika konsumen sudah mengonsumsi makanan
3. *Packaging waste and operation supplies* terutama yang berbentuk plastik sehingga tidak bisa terdekomposisi secara alami. Sedangkan, *operating supplies* adalah seluruh bahan yang digunakan lalu menjadi limbah saat operasi *food service* contohnya minyak goreng.

Sedangkan, berdasarkan tingkat kemungkinan munculnya limbah pangan dapat dibagi menjadi dua yaitu:

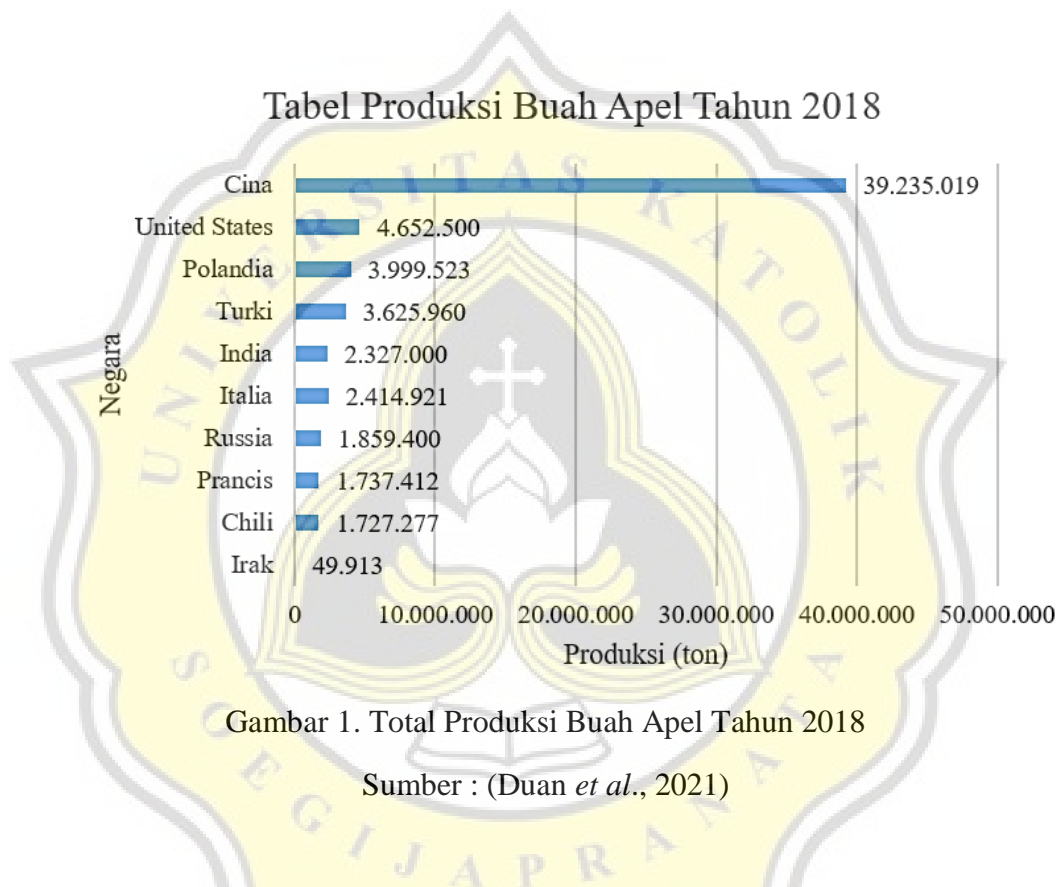
1. *Avoidable food waste* merupakan waste yang muncul karena kelalaian manusia seperti menggosongkan makanan sehingga tidak dapat dikonsumsi.
2. *Unavoidable food waste* adalah waste yang timbul dari persiapan makanan yang tidak bisa dimakan secara normal, contohnya kulit telur, tulang, dan kulit nanas.

(Shaw *et al.*, 2018).

1.2.2. Apel

Apel adalah salah satu buah yang paling banyak diproduksi, dikonsumsi, dan paling populer di seluruh dunia. Produksi apel global pada tahun 2011 mencapai 76 juta ton, sementara sekitar 70 juta ton apel diproduksi di seluruh dunia tiap tahunnya. China telah mengambil posisi dominan dalam industri apel dunia. Hingga tahun 2013, produksi buah apel di Cina mencapai 39,7 juta ton dan area

budidaya sebesar 2,41 juta hektar. Pada tahun yang sama, Uni Eropa (UE) dan Amerika Serikat masing-masing menjadi produsen dunia terbesar kedua dan ketiga. Pada tahun 2017/2018 Amerika Serikat menduduki peringkat ketiga dalam daftar negara produsen apel terkemuka dunia, dengan produksi apel sekitar 4,65 juta metrik ton (Vidović *et al.*, 2020). Gambar 1. menyajikan data mengenai 10 negara teratas yang memproduksi buah apel pada tahun 2018:



Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan jumlah produksi buah apel dalam 10 negara teratas pada tahun 2018. Produksi apel tertinggi diduduki oleh Cina kemudian diikuti oleh United States, Polandia, Turki, India, Italia, Russia, Prancis, Chili, dan Irak. Cina merupakan produsen apel tertinggi dengan total 39.325.019 ton. Sedangkan Irak merupakan produsen buah apel terendah yaitu 49.913 ton.

Apel (*Malus Domestica*) adalah buah yang memiliki rasa manis-asam dan menyehatkan. Ada lebih dari 6.000 varietas buah apel, tetapi hanya terdapat

beberapa varietas yang mendominasi produksi buah apel seperti “*Delicious*” dan diikuti dengan “*Golden Delicious*”, “*Granny Smith*”, “*Fuji*”, dan “*Gala*”. Varietas ini mewakili lebih dari 60% produksi apel di dunia (Hancock *et al.*, 2008). Komposisi kimia apel bervariasi, tergantung pada varietas, wilayah produksi, dan praktik hortikultura klorogenat (Vidović *et al.*, 2020).

Apel adalah salah satu sumber utama fitokimia dan antioksidan dalam makanan manusia. Buah apel umumnya dikonsumsi sebagai makanan penutup, sehingga dalam kebanyakan kasus mereka dikonsumsi segar sebagai makanan ringan, atau digunakan untuk membuat jus, konsentrat, selai, sari buah, dan sebagainya (Fotirić *et al.*, 2022). Kandungan gizi buah apel tiap 100 gram, disajikan dalam Tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Kandungan Gizi Buah Apel tiap 100 gram

Kandungan Gizi	Jumlah	Kandungan Gizi	Jumlah
Energi	62 kcal	Vitamin B6	0,021 mg
Karbohidrat	14,8 g	Folat (Vit B9)	<6 mg
Gula	12,2 g	Kalsium	5 mg
Serat diet (dietary fiber)	2 g	Zat Besi	<0,1 mg
Lemak	0,19 g	Magnesium	4,7 mg
Protein	0,19 g	Fosfor	9 mg
Air	84,7 g	Kalium	95 mg
Tiamin (Vit. B1)	0,009 mg	Seng	0,02 mg
Riboflavin (Vit. B2)	0,066 mg		
Niasin (Vit. B3)	0,09 mg		

Sumber : (USDA, 2020)

Apel kaya akan serat dan rendah kalori. Pektin merupakan salah satu kandungan serat dalam apel. Selain itu, apel juga mengandung senyawa antioksidan, seperti *quercetin*, *phloridzin*, katekin, dan asam klorogenat (Vidović *et al.*, 2020). *Quercetin* merupakan salah bentuk senyawa flavonoid yang berperan sebagai antioksidan dan antiinflamasi yang dapat melindungi tubuh dari penyakit degeneratif dengan menghambat proses peroksidasi lemak. *Quercetin* dapat mencegah oksidasi LDL dengan menangkap radikal bebas (Oh *et al.*, 2021). Apel menunjukkan aktivitas antioksidan yang tinggi sehingga mencegah

banyak penyakit kronis. Konsumsi apel dapat menurunkan resiko beberapa penyakit seperti kanker, obesitas, penyakit kardiovaskular, dan diabetes (Fotirić *et al.*, 2022).

1.2.3. Limbah Apel

Limbah padat yang diperoleh dari produksi apel disebut *apple pomace* (Molinuevo *et al.*, 2020). *Apple pomace* terdiri dari kulit dan daging (95%), biji (24%), dan batang (1%) (Vidović *et al.*, 2020). Menurut Ghinea & Leahu (2022), sejumlah besar apel terbuang selama tahap pertanian (3%), distribusi (15%), dan konsumsi rumah tangga (17%).

Apple pomace mengandung 9,0% *moisture*, 2,27% lemak 2,37% protein, 1,6% abu, 84,7% karbohidrat, 5,6% pati dan 54,2% total gula serta kalsium, kalium dan magnesium dalam jumlah yang tinggi (O'Shea *et al.*, 2015 dalam Vidović *et al.*, 2020). Kandungan gizi dalam *apple pomace* disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Gizi dalam *Apple Pomace*

No	Kandungan dalam <i>Apple Pomace</i>	Jumlah (g/kg)
1	Total nitrogen	6,8
2	Total karbon	127,9
1	Selulosa	7,2 – 43,6
2	Hemiselulosa	4,26 – 24,4
3	Lignin	15,3 – 23,5
4	Pektin	3,5 – 14,32
5	Total karbohidrat	48,0 – 83,8
6	Serat	4,7 – 51,1
7	Protein	2,9 – 5,7
8	Lemak (ekstrak eter)	1,20 – 3,9
9	Gula pereduksi	10,8 – 15,0
10	Glukosa	22,7
11	Fruktosa	23,6

Lanjutan Tabel 2.

No	Kandungan dalam <i>Apple Pomace</i>	Jumlah (g/kg)
12	Sukrosa	1,8
13	Arabinosa	14,0 – 23,0
14	Galaktosa	6,0 – 15,0
15	Xilosa	1,1

Sumber: (Dhillon *et al.*, 2013 dalam Vidović *et al.*, 2020)

Kulit apel merupakan limbah yang dihasilkan dari produksi pengolahan buah apel meliputi saus apel (*apple sauce*), apel potong (*fresh-cut apple*), apel kering (*dried apple*), dan apel kalengan (*canned apple*) (Vidović *et al.*, 2020). Jumlah kulit apel yang dihasilkan $\pm 13\%$ dari bahan mentah. *Procyanidins* (59,7%) dalam kulit apel lebih tinggi dibandingkan dalam *pulp* apel (55,7%) (Vidović *et al.*, 2020).

Menurut Wolfe *et al.*, (2003), kulit apel mengandung katekin, *procyanidins*, *phloretin*, *glycosides*, *caffeic acid*, *chlorogenic acid* dan senyawa flavonoid seperti *quercetin* glikosida yang hanya ditemukan dalam kulit apel. Konsentrasi *quercetin* glikosida pada jenis kulit apel Granny Smith (apel hijau) dan Splendour (apel merah) berturut-turut adalah 400-700 mg/100 g dan 250-550 mg/100. Warna merah pada kulit apel disebabkan oleh kandungan *cyandin 3-galactoside*. Kulit apel memiliki manfaat kesehatan bagi tubuh karena mengandung senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai antioksidan, anti-inflamasi, antibakteri dan antikanker. Selain itu juga, dengan keberadaan senyawa bioaktif tersebut dapat diolah menjadi produk yang bernilai lebih tinggi (Vidović *et al.*, 2020).

Menurut Senica *et al.*, (2019), biji apel adalah limbah buah apel yang mewakili 2-4% dari total buah apel. Sedangkan menurut Vidović *et al.*, (2020), terdapat sekitar 4-7% biji apel diperoleh dari proses mengayak *apple pomace*. Biji apel kaya akan minyak dan protein di mana masing-masing berkisar antara 27,5%-28% dan 33,8%-34,5%. Sedangkan komposisi asam lemak pada biji apel didominasi oleh asam palmitat, asam oleat, dan asam linoleat (Vidović *et al.*,

2020). Biji apel mengandung *phloridzin* sebesar 75% dari total polifenol biji apel, diikuti oleh *floretin-20-xyloglucoside* (9%), dan *quercetin-3-galactoside* (6%) (Lu & Foo, 1998).

1.2.4. Status Valorisasi

Populasi manusia yang terus meningkat mendorong produksi bahan makanan berbasis buah dan sayuran. Hal ini berdampak pada peningkatan limbah makanan yang semakin tidak terkendali. Pengimplementasian strategi penggunaan limbah makanan sebagai inovasi baru merupakan salah satu tantangan yang menarik minat yang besar saat ini. Limbah dari pengolahan buah apel adalah kulit, *apple pomace*, dan biji yang kaya akan sumber senyawa fenolik. Oleh karena itu, produk sampingan apel ini disarankan untuk diolah kembali karena dapat digunakan untuk produksi senyawa-senyawa bernilai tinggi seperti antioksidan alami (Gulsunoglu *et al.*, 2020).

Antioksidan alami dapat ditambahkan ke dalam produk makanan untuk meningkatkan kualitas produk dan memperpanjang umur simpannya (Messina *et al.*, 2015). Kulit apel dan *apple pomace* mengandung berbagai senyawa fenolik dan flavonoid sehingga memiliki kandungan antioksidan yang tinggi. Pemanfaatan limbah apel sebagai biomassa banyak dicari saat ini, salah satunya adalah *edible film*. *Edible film* merupakan lapisan yang dapat dimakan dan memiliki fungsi sebagai antimikroba (Shin *et al.*, 2017). Biji apel kaya akan kandungan asam lemak tidak jenuh yang dapat diolah menjadi *apple seed oil*. *Apple seed oil* merupakan minyak nabati yang memiliki dampak yang baik untuk kesehatan manusia (Górnaś *et al.*, 2014).

1.2.5. Tantangan

Senyawa fenolik banyak terdapat pada tumbuhan dan ditemukan terikat di dinding sel (Gulsunoglu *et al.*, 2020). Umumnya, senyawa fenolik diekstraksi dengan metode konvensional yaitu ekstraksi Soxhlet. Namun, ekstraksi dengan metode ini membutuhkan pelarut dalam jumlah yang banyak, membutuhkan

waktu yang lama, serta menggunakan pelarut organik yang bersifat toksik. Penggunaan teknik ini dapat menyebabkan degradasi senyawa fenolik dan tidak ramah lingkungan (De Castro & Priego, 2010; Chen *et al.*, 2021; Fu *et al.*, 2021). Dari segi keamanan, biji apel mengandung senyawa toksik sianogen berupa *amygdalin* dan *prunasin* yang menimbulkan efek buruk bagi manusia (Montañés *et al.*, 2018).

1.2.6. Peluang

Green Extraction merupakan metode alternatif yang digunakan untuk mengurangi penggunaan ekstraksi konvensional. Metode *green extraction* meliputi *Microwave Assisted Extraction* (MAE), *Supercritical Fluid extraction* (SFE), dan *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) (Ferrentino *et al.*, 2018). Pelaksanaan *green extraction* dapat didukung dengan penggunaan *green solvent* yang bersifat ramah lingkungan. Keuntungan dari *green solvent* adalah sifatnya yang *biodegradable*, tidak toksik, dan menghemat energi (Armenta *et al.*, 2022). Pengembangan teknik ekstraksi dapat meningkatkan jumlah senyawa target yang ingin diekstrak serta kualitasnya. Kandungan senyawa toksik sianida pada biji apel dapat dikurangi melalui proses pengolahan sehingga aman dikonsumsi (Bolanrinwa *et al.*, 2015).

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- Se jauh mana kehilangan dan limbah apel yang dihasilkan di sepanjang rantai pasok apel, ditinjau dari kuantitas dan karakteristik bahan?
- Se jauh mana keberadaan dan kelayakan teknologi valorisasi dari kehilangan dan limbah apel dalam menghasilkan produk yang potensial?
- Se jauh mana tantangan dan peluang aplikasi teknologi valorisasi limbah apel?

1.4. Tujuan

Tujuan dari *review* ini adalah:

- Mengetahui sejauh mana kehilangan dan limbah apel yang dihasilkan di sepanjang rantai pasok apel, ditinjau dari kuantitas dan karakteristik bahan
- Mengetahui sejauh mana keberadaan dan kelayakan teknologi valorisasi dari kehilangan dan limbah apel dalam menghasilkan produk yang potensial
- Mengetahui sejauh mana tantangan dan peluang aplikasi teknologi valorisasi limbah apel

