

3. HASIL

3.1. Pengumpulan Literatur Awal

Berdasarkan pencarian yang dilakukan maka ditemukan literatur seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pencarian Literatur

Situs Web	Kata Kunci	Hasil
<i>Science Direct</i>	<i>Food waste</i>	327.150
	<i>Apple waste</i>	25.225
	<i>Apple losses</i>	79.745
	<i>Valorization of apple waste</i>	1.371
<i>Google Scholar</i>	<i>Food waste</i>	4.250.000
	<i>Apple waste</i>	666.000
	<i>Apple losses</i>	489.000
	<i>Valorization of apple waste</i>	17.400
<i>SpringerLink</i>	<i>Food waste</i>	290.536
	<i>Apple waste</i>	31.467
	<i>Apple losses</i>	77.094
	<i>Valorization of apple waste</i>	1.434
<i>PubMed</i>	<i>Food waste</i>	24.674
	<i>Apple waste</i>	400
	<i>Apple losses</i>	301
	<i>Valorization of apple waste</i>	37
<i>Research Gate</i>	<i>Food waste</i>	100++
	<i>Apple waste</i>	100++
	<i>Apple losses</i>	100++
	<i>Valorization of apple waste</i>	50++

Berdasarkan hasil yang didapat pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa 5 situs *web* digunakan dalam pencarian literatur yaitu *Science Direct*, *Google Scholar*, *SpringerLink*, *PubMed*, dan *Research Gate*. Jumlah literatur terbanyak ditemukan dalam situs *Google Scholar* dan diikuti oleh *Science Direct* dan *Springer Link*. Jumlah literatur paling sedikit ditemukan pada situs *PubMed* dan diikuti dengan *Research Gate*. Sub topik yang paling banyak ditemukan adalah “*food waste*”, sedangkan yang paling sedikit adalah “*valorization of apple waste*”.

3.2. Penyaringan Literatur Awal

Penyaringan literatur awal mengacu pada kriteria inklusi dan eksklusi dalam *review* yang mencakup aspek kualitas literatur dan aspek substansi. Berdasarkan penyaringan tersebut diperoleh sebanyak 28 artikel berbahasa Inggris telah ditemukan yang terdiri dari 3 *review*, 3 buku, 22 literatur. Untuk menjamin kualitas literatur yang dipergunakan, diterapkan kriteria publikasi sebagai berikut: 1) Peringkat SCIMAGO (Q1 sampai dengan Q4) untuk literatur berbahasa Inggris dan 2) Peringkat SINTA (S1 dan S2) untuk literatur berbahasa Indonesia. Literatur pendukung diperoleh dari beberapa *website* lembaga yang relevan seperti *Food and Agriculture Organization of United Nations* (FAO) dan *United States Department of Agriculture* (USDA). Kriteria inklusi dan eksklusi untuk substansi disajikan pada Tabel 4., dibawah ini:

Tabel 4. Kriteria inklusi dan eksklusi secara substantif

No.	Inklusi	Eksklusi
1	Informasi mengenai kehilangan dan limbah pangan	Selain yang mencakup kriteria inklusi
2	Data dan informasi mengenai produksi buah apel	
3	Data jumlah limbah apel	
4	Pemanfaatan limbah apel untuk pemanfaatan pangan	
5	Teknologi dan keamanan mengenai valorisasi limbah apel	

3.3. Analisa Kesenjangan

Berdasarkan literatur *review* yang telah didapatkan, terdapat beberapa kesenjangan dalam pemanfaatan limbah buah apel yang dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Rangkuman Artikel *Review* Tentang Valorisasi Limbah Apel (2008-2021)

Judul Jurnal	Tujuan <i>Review</i>	Temuan	Penulis dan Tahun Terbit
<i>Utilization of pomace from apple processing industries</i>	Mengulas pemanfaatan sumber daya yang terbuang seperti limbah apel untuk industri skala kecil.	Limbah buah apel berupa <i>apple pomace</i> dapat dimanfaatkan sebagai produk makanan seperti bubuk <i>apple pomace</i> . Biotransformasi mikroba	Shalini & Gupta (2010)

Lanjutan Tabel 5.

Judul Jurnal	Tujuan <i>Review</i>	Temuan	Penulis dan Tahun Terbit
<i>Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products</i>	Mendiskusikan tentang potensi dari limbah apel untuk bioproduksi menggunakan bioteknologi serta membahas ekstraksi senyawa bioaktif pada limbah apel.	juga dilakukan pada <i>Apple pomace</i> untuk mendapatkan produk yang lebih bernilai seperti biogas, etanol, butanol, dan asam sitrat. Pengolahan <i>apple pomace</i> dapat menghasilkan produk seperti bioetanol, senyawa aroma, antioksidan, dan asam organik	Dhillon & Brar (2013)
<i>A critical review on the development stage of biorefinery systems towards the management of apple processing-derived waste</i>	Mengulas strategi valorisasi untuk meningkatkan nilai produk yang berasal dari pengolahan limbah apel	Pemanfaatan <i>apple pomace</i> menjadi produk pangan, pupuk, senyawa fenolik, dan bahan bakar dengan metode yang tepat	Awasthi <i>et al.</i> , (2021)
<i>Processing of apple pomace for bioactive molecules</i>	<i>Review</i> ini difokuskan untuk menilai perkembangan penelitian terbaru dengan cara ekstraksi, isolasi, dan karakterisasi molekul bioaktif dari <i>apple pomace</i> serta pemanfaatannya dalam fortifikasi makanan	<i>Apple pomace</i> dapat diolah untuk menghasilkan senyawa antioksidan, biokatalis, serat, dan pigmen	Bhushan, <i>et al.</i> , (2008)

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa pemanfaatan limbah apel telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Keempat *review* yang ditemukan berbahasa Inggris. Sebagian besar *review* lebih menggunakan *apple pomace* sebagai limbah yang dapat digunakan untuk valorisasi. Produk yang dihasilkan dari limbah apel umumnya berupa antioksidan,

bioetanol, senyawa aroma dan pigmen, dan serat. Namun, *review* terdahulu diketahui lebih membahas mengenai produk-produk valorisasi buah apel dan belum banyak mengupas aspek teknologi pengolahan, dan keamanan pangan.

3.4. Desain Konseptual

Berdasarkan hasil analisa kesenjangan maka dibentuk diagram tulang ikan yang disajikan pada Gambar 3. berikut ini:



Gambar 3. Desain konseptual *review*

Sesuai dengan tujuan *review* yaitu untuk mendapatkan produk valorisasi limbah apel bernilai tinggi menggunakan teknologi yang ramah lingkungan, maka *review* difokuskan pada faktor-faktor yang mempengaruhi seperti keberadaan limbah apel, status valorisasi, dan tantangan berserta peluangnya (Gambar 3). Keberadaan limbah apel dipengaruhi oleh jumlah dan jenis limbah apel (kulit apel, biji apel, dan *apple pomace*) serta kandungan senyawa bioaktif yang terdapat dalam limbah. Status valorisasi membahas tentang aplikasi limbah apel dalam bidang pangan yaitu antioksidan, *edible film*, dan *apple seed oil* serta teknologi pengolahannya. Tantangan proses valorisasi limbah apel meliputi metode yang digunakan dan keamanan pangan. Sedangkan, peluang valorisasi dapat dilakukan dengan pengembangan teknologi, peningkatan karakteristik produk dan keamanan pangannya.

3.5. Perumusan Topik

Berdasarkan *review* awal topik kajian difokuskan pada produk valorisasi limbah apel yang bernilai tinggi, yaitu ekstrak antioksidan, *edible film*, dan *apple seed oil*. Ketiga produk ini dipilih karena memiliki kandungan senyawa fenolik yang tinggi dan memiliki manfaat industri.

3.6. Perumusan Tujuan *Review*

Tujuan *review* ini untuk mengetahui dan mendeskripsikan keberadaan limbah apel dari segi kualitas dan kuantitas sepanjang rantai pasok pangan, mengevaluasi kelayakan teknologi valorisasi dari pengolahan limbah apel sehingga dapat menghasilkan produk yang bermanfaat seperti *apple seed oil*, antioksidan, dan *edible film*, serta mengevaluasi tantangan dan peluang selama proses valorisasi limbah apel.

3.7. Studi Literatur Utama

Pengumpulan literatur pada tahapan ini menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi (substansi dan peringkat) sesuai dengan yang dilakukan pada tahap pengumpulan literatur awal.

3.7.1. Pengumpulan Literatur

Berdasarkan pencarian yang dilakukan maka diperoleh literatur seperti disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pencarian Literatur Utama

<i>Situs Web</i>	Kata Kunci	Hasil
<i>Science Direct</i>	<i>Apple waste utilization</i>	12.189
	<i>Apple waste for edible film</i>	1.820
	<i>Apple waste for apple seed oil</i>	5.520
	<i>Apple waste for antioxidant</i>	5.394
<i>Google Scholar</i>	<i>Apple waste utilization</i>	93.000
	<i>Apple waste for edible film</i>	24.200
	<i>Apple waste for apple seed oil</i>	82.300
	<i>Apple waste for antioxidant</i>	35.300
<i>SpringerLink</i>	<i>Apple waste utilization</i>	9.813
	<i>Apple waste for edible film</i>	2.035
	<i>Apple waste for apple seed oil</i>	7.528
	<i>Apple waste for antioxidant</i>	3.848
<i>PubMed</i>	<i>Apple waste utilization</i>	75
	<i>Apple waste for edible film</i>	2

Lanjutan Tabel 6.

<i>Situs Web</i>	Kata Kunci	Hasil
<i>Research Gate</i>	<i>Apple waste for apple seed oil</i>	7
	<i>Apple waste for antioxidant</i>	74
	<i>Apple waste utilization</i>	100++
	<i>Apple waste for edible film</i>	100++
	<i>Apple waste for apple seed oil</i>	100++
	<i>Apple waste for antioxidant</i>	100++

Pada Tabel 6, dapat diketahui bahwa jumlah literatur terbanyak didapatkan melalui situs *web Google Scholar*. Berdasarkan hasil pencarian, situs *web PubMed* menghasilkan jumlah literatur terendah. Kata kunci pencarian (*search words*) mengenai “*apple waste for antioxidant*” jumlahnya lebih sedikit jika dibandingkan dengan “*apple waste for apple seed oil*”. Jumlah literatur terendah didapatkan dengan kata kunci pencarian “*apple waste for edible film*”.

3.7.2. Penyaringan Literatur

Berdasarkan penyaringan yang dilakukan diperoleh 46 literatur berbahasa Inggris, berupa 39 artikel, 6 artikel *review*, dan 1 buku. Dari 46 artikel yang terkumpulkan 30 artikel berperingkat Q1, 13 artikel berperingkat Q2, 3 artikel berperingkat Q3, dan 2 artikel berperingkat Q4.

3.7.3. Pemetaan Literatur

Berikut ini adalah hasil pemetaan literatur yang disajikan pada Tabel 7, 8, 9, 10.

3.7.3.1. Keberadaan Limbah

Keberadaan limbah apel yang dapat menghasilkan produk valorisasi bernilai tinggi disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Keberadaan Limbah Buah Apel

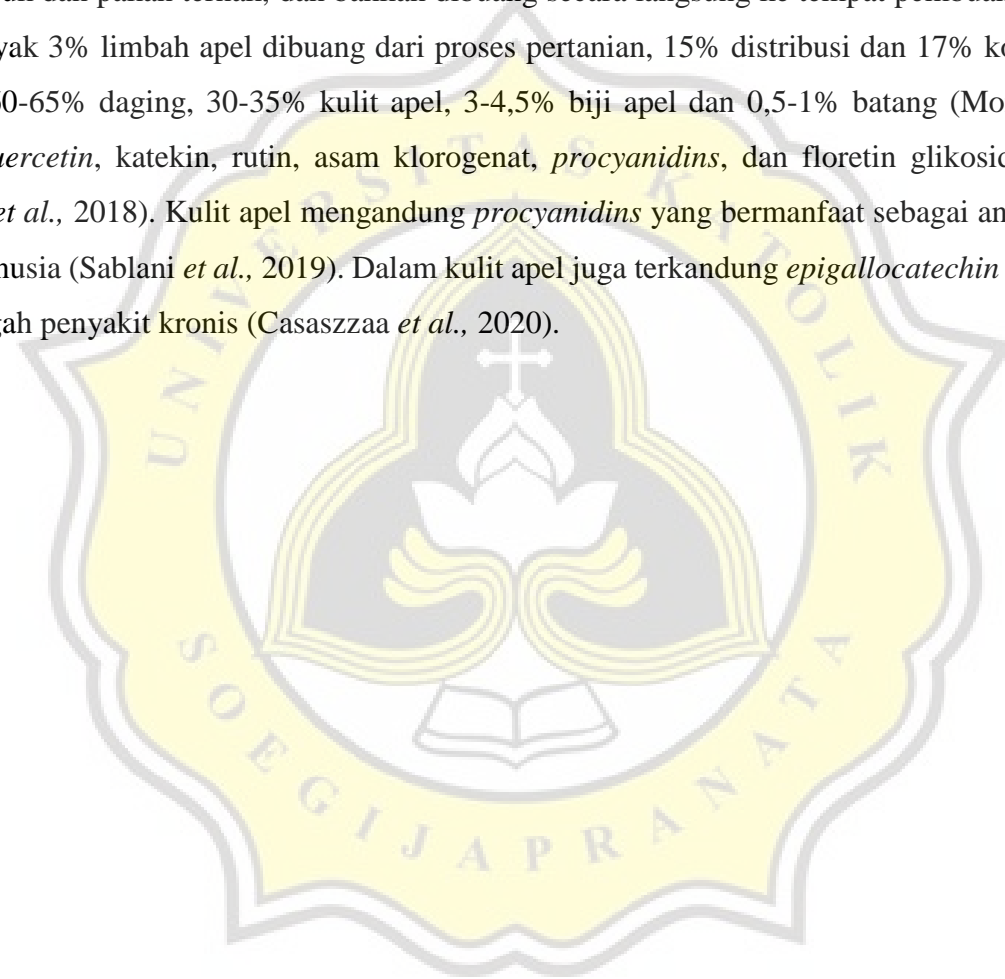
No	Jenis Limbah	Produksi Limbah	Kandungan Gizi/Senyawa Bioaktif	Penulis dan Identitas Jurnal	Keterangan
1	<i>Apple pomace</i>	Sebanyak 70% dari buah apel dipasarkan sebagai buah segar.	-	Walia <i>et al.</i> , (2014)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
2	<i>Apple pomace</i>	<i>Apple pomace</i> yang dihasilkan dapat mencapai 25-30% dari berat buah segar asli.	-	Molinowska <i>et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q3), SCIMAGO
3	<i>Apple pomace</i>	Sejumlah besar apel terbuang selama tahap pertanian (3%), distribusi (15%), dan konsumsi rumah tangga (17%).	-	Ghinea & Leahu (2022)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO
4	<i>Apple pomace</i>	Limbah dari <i>apple pomace</i> mengandung empat komponen fisiologis berupa daging (60-65%), kulit (30-35%), biji (3-4,5%), dan batang (0,5-1%)	-	Montanes <i>et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
5	<i>Apple pomace</i>	-	Selulosa 7,2-43,6%, hemiselulosa 4,26-29,90%, lignin 15,3-23,5%, pektin 3,5-14,32%, protein 2,9-5,7%, lemak 1,2-3,9	Egues <i>et al.</i> , (2021)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
6	<i>Apple pomace</i>	-	Antioksidan seperti <i>quercetin</i> , katekin, rutin, asam klorogenat, <i>procyanidins</i> , dan floretin glikosida	Ferrentino <i>et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 7. Keberadaan Limbah Apel

No	Jenis Limbah	Produksi Limbah	Kandungan Gizi/Senyawa Bioaktif	Penulis dan Identitas Jurnal	Keterangan
7	Biji apel	-	Phloretin-2'-xyloglucoside, 5-caffeoylquinic acid (chlorogenic acid), (-) epikatekin, dan p-coumaroylquinic acid	Fromm <i>et al.</i> , (2012)	Research, (Q2), SCIMAGO
8	Biji apel	-	<i>Phloridzin</i> dapat berperan memberikan ketahanan terhadap bakteri patogen dan memiliki potensi untuk pengobatan diabetes tipe 2	Carson <i>et al.</i> , (1994)	Research, (Q2), SCIMAGO
9	Kulit apel	-	Polifenol berupa flavonol, <i>phloridzin</i> , <i>quercetin glycosides</i> , dan <i>procyanidins</i> yang bermanfaat sebagai antioksidan dengan kapasitas 2 kali lebih banyak daripada daging apel	Sablani <i>et al.</i> , (2019)	Research, (Q1), SCIMAGO
10	Kulit apel	-	<i>Epigallocatechin gallate</i> , rutin, katekin, dan <i>quercetin</i> memiliki fungsi sebagai antiinflamasi serta mencegah penyakit kronis seperti kardiovaskular, kanker, dan diabetes tipe 2	Casazza <i>et al.</i> , (2020)	Research, (Q1), SCIMAGO
11	Kulit apel	-	Senyawa aktif 10% bersifat antioksidan.	Tow <i>et al.</i> , (2011)	Research, (Q2), SCIMAGO

Tabel 7, menunjukkan sejumlah keberadaan limbah apel yang dilihat dari segi total produksi limbah dan kandungan gizi atau senyawa bioaktif yang terkandung dalam limbah apel. Sebanyak 70% apel yang dipasarkan, sekitar 25-30% diolah menjadi beberapa jenis produk seperti jus,

cuka, *puree*, selai dan produk kering (Walia *et al.*, 2014). Sebanyak 25-30% kg limbah apel dihasilkan dari berat buah segar asli. Limbah apel biasanya diolah menjadi pupuk dan pakan ternak, dan bahkan dibuang secara langsung ke tempat pembuangan sampah (KolanoWski, 2019). Pada tahap pertanian, sebanyak 3% limbah apel dibuang dari proses pertanian, 15% distribusi dan 17% konsumsi (Ghinea & Leahu, 2022). Limbah apel mengandung 60-65% daging, 30-35% kulit apel, 3-4,5% biji apel dan 0,5-1% batang (Montanes *et al.*, 2018). Limbah apel mengandung antioksidan *quercetin*, katekin, rutin, asam klorogenat, *procyanidins*, dan floretin glikosida yang dapat mengurangi resiko penyakit kronis (Ferrentino *et al.*, 2018). Kulit apel mengandung *procyanidins* yang bermanfaat sebagai antioksidan dan berkontribusi dalam meningkatkan kesehatan manusia (Sablani *et al.*, 2019). Dalam kulit apel juga terkandung *epigallocatechin gallate*, rutin, katekin dan uercetin yang berperan untuk mencegah penyakit kronis (Casaszzaa *et al.*, 2020).



3.7.3.2. Status Valorisasi

Status valorisasi limbah apel untuk menghasilkan produk limbah apel bernilai tinggi disajikan pada Tabel 8. Dibawah ini:

Tabel 8. Status Valorisasi Limbah Apel

No	Jenis Limbah	Metode	Pelarut	Suhu	Waktu	Aplikasi	Efek Terhadap Produk / Manfaat	Penulis	Keterangan
1	Kulit apel	Pencampuran bubuk kulit apel dengan larutan CMC (karboksimetilselulosa) yang di homogenisasi dengan tekanan tinggi	-	-	3 menit	<i>Edible film</i>	<i>Edible coating</i> dengan kulit apel dapat mempertahankan kualitas produk daging dan tidak mempengaruhi karakteristik sensorinya	Shin <i>et al.</i> , (2017)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
2	Kulit apel	Pembuatan <i>active packaging</i> dengan pencampuran FPF dengan bahan lain kemudian dikeringkan dengan <i>oven drying</i> .	-	35 °C	48 jam	<i>Edible film</i>	Konsentrasi antioksidan yang tinggi pada film dengan Feijoa Peel Flour (FPF) dapat menurunkan aktivitas mikroba <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella tyohimurium</i> , dan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	Sganzerl <i>a et al.</i> , (2020)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 8.

No	Jenis Limbah	Metode	Pelarut	Suhu	Waktu	Aplikasi	Efek Terhadap Produk / Manfaat	Penulis	Keterangan
3	Kulit apel	<i>Edible Film</i> yang dibuat dengan ekstraksi bubuk kulit apel dan pencampuran dengan larutan CS.	-	-	-	<i>Edible film</i>	Peningkatan konsentrasi polifenol menyebabkan ikatan antara polifenol dan kitosan kuat.	Riaz <i>et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
4	Kulit apel	Homogenisasi tekanan tinggi	-	-	-	<i>Edible film</i>	<i>Edible film</i> yang dibuat menggunakan gliserol dan kulit apel dapat meningkatkan sifat pengalang oksigen	Sablani <i>et al.</i> , (2019)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
5	Kulit apel	<i>Edible film</i> yang dibuat dengan campuran <i>plasticizer</i> dan kalsium klorida	-	-	-	<i>Edible film</i>	Konsentrasi bubuk kulit ↑ maka kelarutan <i>film</i> ↑. <i>Film</i> dapat mempertahankan aroma, <i>flavor</i> , rasa hingga proses penyimpanan	Brakut <i>et al.</i> , (2021)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO
6	Kulit apel	Pembuatan <i>edible film</i> dengan campuran gliserol	-	-	-	<i>Edible film</i>	Memperpanjang umur pascapanen <i>strawberry</i> .	Riaz <i>et al.</i> , (2021)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 8.

No	Jenis Limbah	Metode	Pelarut	Suhu	Waktu	Aplikasi	Efek Terhadap Produk / Manfaat	Penulis	Keterangan
7	Kulit apel	<i>Microwave-assisted extraction</i>	20 ml green solvent	-	5-20 min	Ekstrak antioksidan	<i>Quercetin</i> dari flavonoid berpotensi mencegah dan mengobati beberapa jenis penyakit kronis seperti patologi kardiovaskular dan neurodegenerative serta kanker dan dapat diaplikasikan sebagai zat aktif pada kemasan makanan	Casazza <i>et al.</i> , (2020)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
8	Kulit apel	<i>Enzyme-assisted extraction</i>	-	29,5±1,5°C	-	Ekstrak antioksidan	Kulit apel menghasilkan HDL ↑, LDL ↓, Senyawa antioksidan mampu melindungi LDL dari stres oksidatif	Heidaris afar <i>et al.</i> , (2016)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 8.

No	Jenis Limbah	Metode	Pelarut	Suhu	Waktu	Aplikasi	Efek Terhadap Produk / Manfaat	Penulis	Keterangan
9	Biji apel	<i>Supercritical fluid extraction (SFE)</i>	CO ₂	313 K	300 min	<i>Apple seed oil</i>	Metode SFE dapat menghasilkan minyak yang baik dan dipusatkan pada tokoferol	Montañés <i>et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
10	Biji apel	<i>Soxhlet extraction</i>	Petroleum ether	70 °C	3 jam	<i>Apple seed oil</i>	<i>Apple seed oil</i> kaya akan kandungan asam lemak seperti linoleat (57,8%), α-linoleat (54,3%), dan oleat (25,5%)	Radenko <i>vs et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
11	Biji apel	<i>Soxhlet extraction</i>	Petroleum ether	100-110 °C	5 jam	<i>Apple seed oil</i>	Kandungan asam lemak total pada <i>apple seed oil</i> tinggi dan ditemukan asam lemak	Yukui <i>et al.</i> , (2009)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO
12	Biji apel	<i>Soxhlet extraction</i>	N-Heksana (99%)	65°C	4 jam	<i>Apple seed oil</i>	Asam lemak bebas yang rendah pada biji apel dapat mencegah terjadinya hidrolisis enzimatis	Anang <i>et al.</i> , (2019)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 8.

No	Jenis Limbah	Metode	Pelarut	Suhu	Waktu	Aplikasi	Efek Terhadap Produk / Manfaat	Penulis	Keterangan
13	Biji apel	<i>Soxhlet extraction</i>	N-Heksana	60°C	24 jam	<i>Apple seed oil</i>	Mengandung $\pm 60\%$ protein dan lemak. Asam lemak jenuh (9,5%), <i>mono-unsaturated fatty acid</i> (39,7%),	Yu <i>et al.</i> , (2007)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO
14	<i>Apple pomace</i>	Pelapisan Nanopapers dengan rantai hidrofil polihidroksialkanoat (mcl-PHA) yang memiliki elastomer dikeringkan	Etanol:air (80:20)	80 °C	120 menit	<i>Edible film</i>	<i>Edible film</i> dari bubuk kulit apel terbukti dapat menghambat oksidasi lemak karena adanya senyawa polifenol dalam bubuk kulit apel.	Urbina <i>et al.</i> , (2019).	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
15	Biji apel	<i>Soxhlet extraction</i>	N-Heksana	60°C	5 jam	<i>Apple seed oil</i>	Persentase lemak tak jenuh (90%) dari minyak biji apel berpotensi sebagai minyak nabati dan aplikasi sebagai bahan makanan diet → Aktivitas antioksidan yang tinggi.	Walia <i>et al.</i> , (2014)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 8.

No	Jenis Limbah	Metode	Pelarut	Suhu	Waktu	Aplikasi	Efek Terhadap Produk / Manfaat	Penulis	Keterangan
16	<i>Apple pomace</i>	Sonikasi (<i>ultrasonic bath</i>)	0,02 L 80% aseton dan 80% etanol	40±1°C	30 min	Ekstrak antioksidan	B-glukosidase ↑ artinya senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan dalam <i>apple pomace</i> ↑ hal tersebut dengan enzim berperan dalam melepaskan aglikon fenolik dari <i>apple pomace</i> .	Ajila <i>et al.</i> , (2011)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
17	<i>Apple pomace</i>	<i>Supercritical extraction</i>	5% etanol	45-55°C	120 min	Ekstrak antioksidan	<i>Quercetin</i> , asam kumarat, katekin bertindak sebagai antioksidan dengan menyumbangkan elektronnya. SFE dapat dimanfaatkan untuk mengekstraksi senyawa fenolik pada limbah apel	Ferrenti <i>no et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO

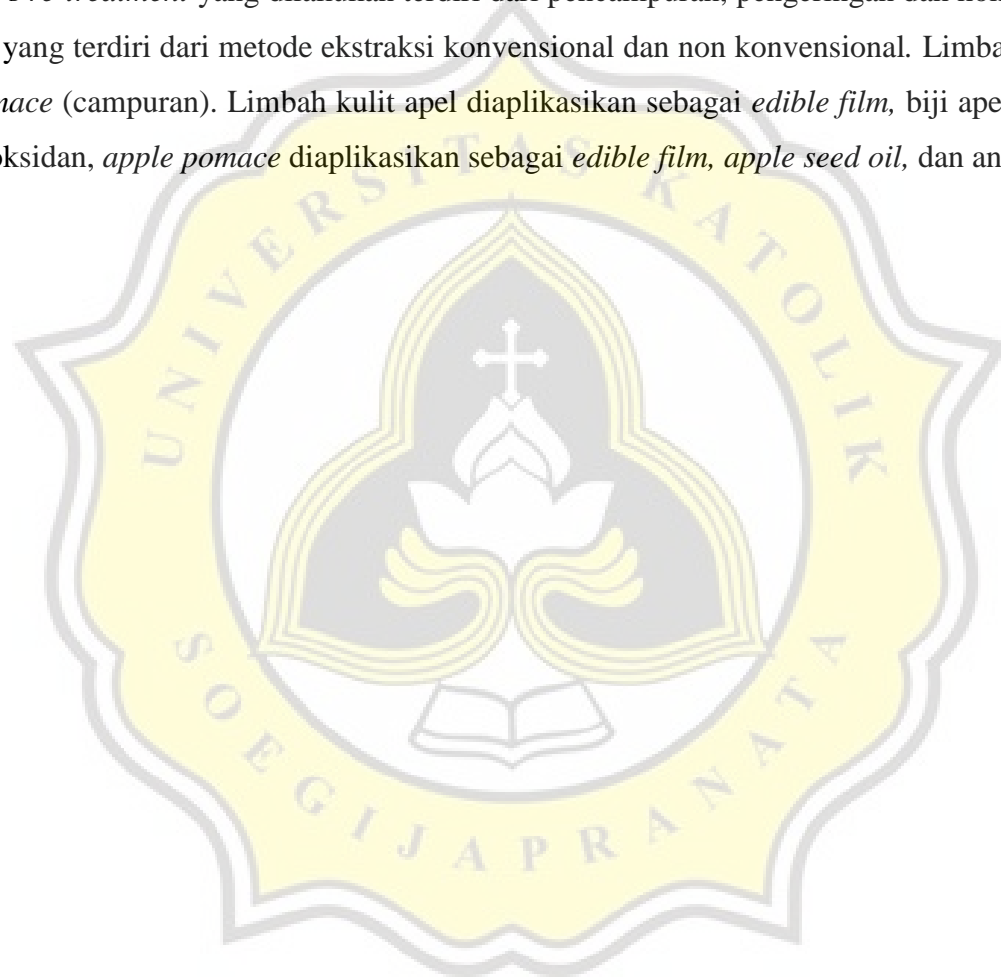
Lanjutan Tabel 8.

No	Jenis Limbah	Metode	Pelarut	Suhu	Waktu	Aplikasi	Efek Terhadap Produk / Manfaat	Penulis	Keterangan
18	Apple pomace	Ultrasound-assisted extraction	Tetrahydrofuran dan natrium dinitrogen fosfat	50°C	20 min	Ekstrak antioksidan	Antioksidan dalam minyak goreng dapat meningkatkan stabilitas oksidatif minyak, terjadi penurunan dan peningkatan PUFA, kualitas menjadi lebih baik dan umur simpan semakin lama	Manzoor et al., (2022)	Research, (Q1), SCIMAGO
19	Apple pomace	Solid-liquid extraction	56% etanol 65% aseton	80°C 25°C	31min 60 min	Ekstrak antioksidan	Asam klorogenat banyak ditemukan karena memiliki molekul yang lebih polar dibandingkan dengan <i>quercetin</i> glikosida dan floretin glikosida	Wijngaard & Brunton, (2010)	Research, (Q1), SCIMAGO
20	Apple waste	Sonikasi (ultrasonic bath)	10 ml mtanol/air (80:20)	40°C	30 min	Ekstrak antioksidan	Fermentasei kulit apel dengan <i>Aspergillus spp.</i> dapat meningkatkan senyawa fenolik.	Gulsunoglu et al., (2020)	Research, (Q1), SCIMAGO

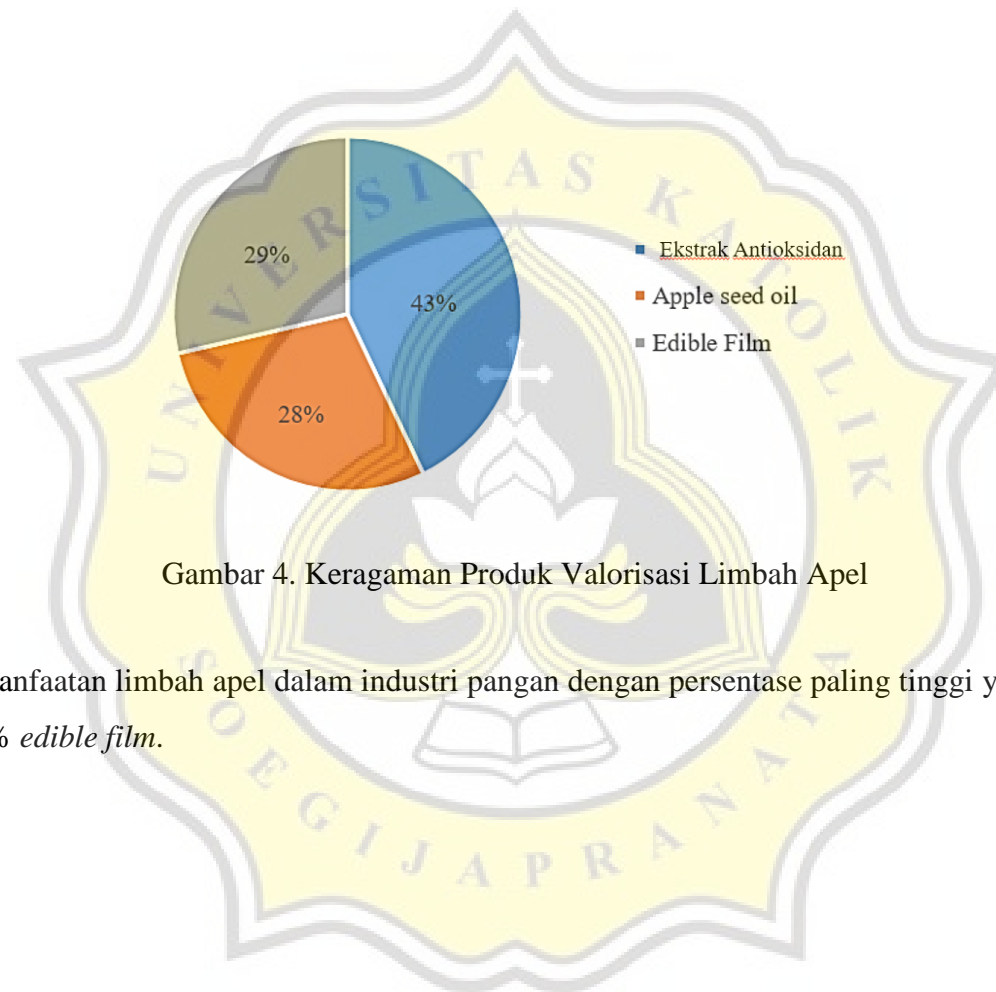
Lanjutan Tabel 8.

No	Jenis Limbah	Metode	Pelarut	Suhu	Waktu	Aplikasi	Efek Terhadap Produk / Manfaat	Penulis	Keterangan
21	<i>Apple waste</i>	<i>Soxhlet extraction</i>	50% etanol	100°C	60 min	Ekstrak antioksidan	Etanol merupakan pelarut yang efektif dalam mengekstraksi kandungan polifenol. Hal tersebut juga didukung dengan <i>freeze-dried</i> selama proses <i>pre-treatment</i> .	Tow et al., (2011)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO
22	<i>Apple waste</i>	<i>Ultrasound-assisted extraction</i>	60% aseton	60±3°C	30 min	Ekstrak antioksidan	<i>Phloridzin</i> merupakan senyawa utama dari polifenol yang diidentifikasi pada ekstrak limbah apel dan dapat dimanfaatkan dalam dunia pangan	Withouck et al., (2019)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO

Tabel 8, menunjukkan sejumlah status valorisasi limbah apel dalam industri pangan yang dilihat dari segi metode dan efek terhadap produk atau manfaat yang diperoleh. *Pre-treatment* yang dilakukan terdiri dari pencampuran, pengeringan dan homogenisasi dan dilanjutkan dengan melakukan metode ekstraksi yang terdiri dari metode ekstraksi konvensional dan non konvensional. Limbah apel yang digunakan terdiri dari kulit, biji apel dan *apple pomace* (campuran). Limbah kulit apel diaplikasikan sebagai *edible film*, biji apel diaplikasikan sebagai *apple seed oil*, tepung biji apel dan antioksidan, *apple pomace* diaplikasikan sebagai *edible film*, *apple seed oil*, dan antioksidan.



Keragaman produk valorisasi limbah disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Keragaman Produk Valorisasi Limbah Apel

Gambar 4, dapat dilihat pemanfaatan limbah apel dalam industri pangan dengan persentase paling tinggi yaitu 43% ekstrak antioksidan, 29% untuk *apple seed oil* dan 28% *edible film*.

3.7.3.3. Tantangan

Tabel 9. berisi tantangan limbah apel untuk menghasilkan produk limbah apel bernilai tinggi

Tabel 9. Tantangan Valorisasi Limbah Apel

No	Jenis limbah	Produk	Tantangan	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
1	<i>Apple pomace</i>	-	Pembuangan langsung limbah apel adalah penyebab utama pencemaran lingkungan dan hilangnya biomassa yang dapat digunakan untuk produksi berbagai produk bernilai tinggi. Hal tersebut dikarenakan teknologi pengolahan limbah yang belum memadai dan beberapa aspek keamanan pangan.	Dhillon <i>et al.</i> , (2013)	Review, (Q1), SCIMAGO
2	<i>Apple waste</i>	-	Metode konvensional memiliki kekurangan dalam efektivitas waktu, <i>processing steps</i> dikarenakan metode ini dilakukan secara berulang kali.	Soquetta <i>et al.</i> , (2018)	Review, (Q2), SCIMAGO
3	-	Antioksidan	<i>Soxhlet extraction</i> membutuhkan waktu ekstraksi yang lebih lama.	De Castro <i>et al.</i> , (2010)	Review, (Q1), SCIMAGO
4	-	-	<i>Soxhlet extraction</i> membutuhkan waktu ekstraksi yang lebih lama, membutuhkan pelarut yang banyak (eter, metanol dan aseton).	Heleno <i>et al.</i> , (2016)	Research, (Q1), SCIMAGO
5	-	<i>Nutritional resource</i>	Metode konvensional seperti <i>soxhlet</i> membutuhkan jumlah pelarut organik yang banyak seperti metanol, eter dan aseton.	Rodriguez <i>et al.</i> , (2015)	Research, (Q1), SCIMAGO
6	<i>Apple pomace</i>	-	Metode konvensional memerlukan waktu yang lama, pelarut dalam jumlah tinggi, dan menyebabkan resiko degradasi senyawa	Singh <i>et al.</i> , 2011	Research, (Q1), SCIMAGO
7	-	Antioksidan	Penggunaan pelarut organik yang terlalu banyak berpotensi memiliki sifat toksik, mudah menguap dan mudah terbakar sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan dan efek rumah kaca.	Chemat <i>et al.</i> , (2012)	Review, (Q1), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 9.

No	Jenis limbah	Produk	Tantangan	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
8	Biji apel	<i>Apple seed oil</i>	Konsumsi tanaman mengandung sianogen dapat menimbulkan gejala sakit kepala, rasa cemas dan bingung serta pusing. Keracunan sianida dapat mengakibatkan kehilangan kesadaran, lumpuh, koma, dan kematian.	Bolarinwa <i>et al.</i> , (2015)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
9	Biji apel	<i>Apple seed oil</i>	Biji apel mengandung senyawa sianogen seperti <i>amygdalin</i> dan prunasin	Montanes <i>et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO

Tabel 9, menunjukkan sejumlah tantangan dalam valorisasi produk limbah apel. Beberapa jenis tantangan yang dihadapi meliputi 1). Pengolahan limbah apel yang masih kurang maksimal. Limbah yang dihasilkan sebagian besar secara langsung akan dibuang dan dijadikan sebagai pakan ternak (Dhillon *et al.*, 2013). 2). Penggunaan metode ekstraksi konvensional yang dianggap memiliki kekurangan seperti penggunaan pelarut dengan jumlah yang banyak, membutuhkan waktu yang lebih lama, energi yang lebih besar, dampak dari penggunaan pelarut organik yang bersifat toksik, mudah terbakar, dan mudah menguap sehingga mengakibatkan pencemaran lingkungan (Soquetta *et al.*, 2018; De Castro *et al.*, 2010; Heleno *et al.*, 2016; Rodriguez *et al.*, 2015; & Chemat *et al.*, 2012). 3). Kandungan sianogen dalam biji apel seperti amygladin dan prunasin di mana jika tidak sengaja di konsumsi secara berlebihan dapat menimbulkan gejala sakit kepala, rasa cemas, bingung dan pusing (Bolarinwa *et al.*, 2015, Montanez *et al.*, 2018).

3.7.3.4. Peluang

Peluang untuk menghasilkan produk limbah apel bernilai tinggi disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Peluang Valorisasi Limbah Apel

No	Jenis limbah	Produk	Peluang	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
1	<i>Apple pomace</i>	Antioksidan	Penggunaan <i>green technology</i> dapat mengatasi kelemahan pada metode konvensional meliputi efektivitas waktu, mempercepat transfer panas, dapat mengendalikan reaksi Maillard dan meningkatkan kualitas. <i>Supercritical Fluid Extraction</i> (SFE) adalah metode ekstraksi <i>green technology</i> yang memanfaatkan CO ₂ padar sebagai pelarut. Kelebihan CO ₂ adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak mudah terbakar, aman, murah dan sangat murni serta mudah dihilangkan setelah ekstraksi.	Ferrentino <i>et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
2	<i>Apple pomace</i>	Antioksidan	<i>Ultrasound-assisted micelle-mediated extraction</i> (UAMME) adalah pengembangan metode dari <i>micelle-mediated extraction</i> (MME), dimana metode UAMME ini mampu mengekstrak senyawa fenolik lebih tinggi dari <i>ultrasound-assisted extraction</i> (UAE)	Malinowska <i>et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO
3	<i>Apple pomace</i>	Antioksidan	<i>Ultrasonic probe</i> adalah salah satu media yang digunakan untuk aplikasi <i>ultrasound extraction</i> . <i>Probe</i> adalah media tanpa penghalang, di mana dapat menghasilkan intensitas gelombang ultrasonik 100 lebih tinggi dibandingkan dengan <i>ultrasonic bath</i> .	Egues <i>et al.</i> , (2021)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO
4	<i>Apple pomace</i>	<i>Apple juice</i>	<i>Pre-treatment</i> meliputi penumbukan, penghancuran, penggilingan, perendaman, fermentasi, perebusan dan pengeringan dapat mengurangi kandungan sianida pada biji apel karena titik didih hidrogen sianida adalah 26°C sehingga mudah menguap.	Bolanrinwa <i>et al.</i> , (2015)	<i>Research</i> , (Q1), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 10.

No	Jenis limbah	Produk	Peluang	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
5	<i>Apple pomace</i>	Antioksidan	<p><i>Supercritical Fluid Extraction</i> (SFE) merupakan salah satu metode <i>green technology</i> yang digunakan untuk mengekstraksi senyawa non polar dan polar lemak dengan berat molekul rendah. Contoh: asam lemak, aroma, karotenoid, dan trigliserida.</p> <p>CO₂ sebagai pelarut pada metode SFE dapat dihilangkan secara mudah dan didaur ulang sehingga dapat mengurangi biaya penggunaan pelarut.</p>	Panzella <i>et al.</i> , (2020)	Review, (Q1), SCIMAGO
6	<i>Agri-food by product</i>	Antioksidan	<p><i>Supercritical Fluid Extraction</i> (SFE) memiliki kelebihan yaitu mudah, cepat, senyawa yang dipulihkan menjadi lebih stabil, menghambat waktu, energi dan biaya.</p> <p>Penggunaan partikel halus dengan ukuran 100 µm-2 mm mendukung proses penetrasi <i>microwave</i> sehingga terjadi peningkatan interaksi antara matriks dengan pelarut.</p>	Carpentieri <i>et al.</i> , (2021)	Review, (Q1), SCIMAGO
7	Biji apel	<i>Apple seed oil</i>	<p>Beberapa metode ekstraksi <i>apple seed oil</i> yaitu <i>Supercritical Fluid Extraction</i> (SFE). Metode UHSFE juga dapat digunakan sebagai pilihan untuk produksi minyak dengan berpusat pada tokoferol</p> <p>Amygladin dikatakan beracun jika dalam konsentrasi tinggi. Dalam <i>apple seed oil</i>, amygladin tidak menimbulkan masalah kesehatan bagi manusia.</p> <p>Kandungan <i>amygdalin</i> dan prunasin pada <i>apple seed oil</i> yaitu 3,247 µg/g dan 0,536 µg/g lebih rendah dari batas peraturan yang ditetapkan oleh Australia New Zealand Food</p>	Montanes <i>et al.</i> , (2018)	Research, (Q1), SCIMAGO
8	<i>Apple residue</i>	-	<p><i>Microwave-assisted Extraction</i> (MAE) adalah metode <i>green technology</i> yang bertujuan untuk mengekstraksi senyawa dengan memanfaatkan gelombang mikro elektromagnetik (300 MHz – 300 GHz) dengan posisi seperti medan listrik</p>	Angiolillo <i>et al.</i> , (2015)	Research, (Q1), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 10.

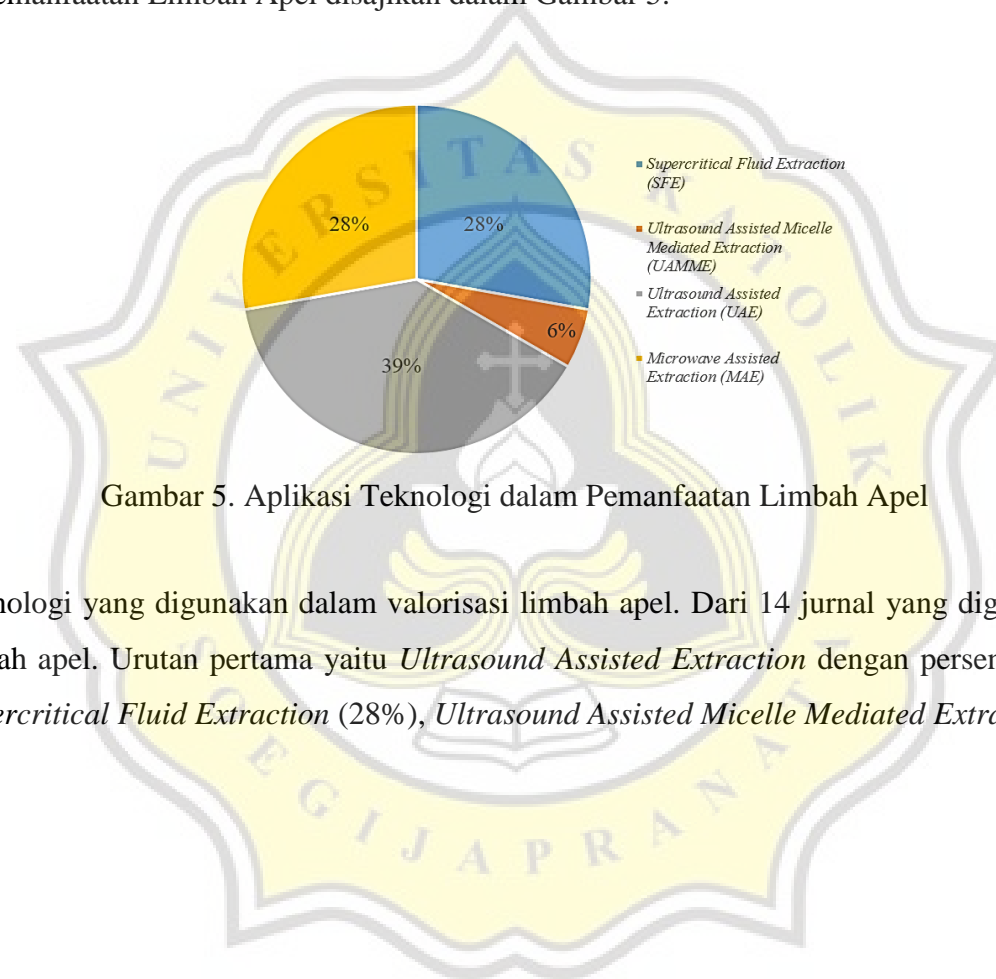
No	Jenis limbah	Produk	Peluang	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
9	<i>Apple waste</i>	-	Pelarut etanol, air, metanol, dan aseton merupakan beberapa jenis pelarut yang digunakan untuk mengekstraksi senyawa polar seperti flavonoid.	Herrero <i>et al.</i> , (2013)	Research, (Q1), SCIMAGO
10	Biji apel	Antioksidan	<i>Supercritical Fluid Extraction</i> (SFE) merupakan salah satu dari ekstraksi ramah lingkungan yang memanfaatkan gas terkompresi pada suhu (30-40°) dan tekanan (300 MPa) untuk mendapatkan ekstrak senyawa fenolik dengan menggunakan pelarut CO ₂ superkritis untuk menggantikan pelarut organik seperti heksana.	Da Silva <i>et al.</i> , (2016)	Research, (Q1), SCIMAGO
11	<i>Medical plant</i>	-	<i>Ultrasound-assisted extraction</i> (UAE) digunakan sebagai alternatif dari metode ekstraksi konvensional karena efektif, meningkatkan produktivitas, jumlah senyawa fenolik yang dipulihkan banyak, serta mengurangi biaya operasi. <i>Ultrasound-assisted extraction</i> (UAE) melibatkan penggunaan gelombang ultrasonik yang akan meningkatkan kontak permukaan antara sampel, pelarut dan permeabilitas dinding sel sehingga senyawa dapat terekstraksi.	Azwanida (2015)	Review, (Q4), SCIMAGO
12	<i>Apple waste</i>	-	<i>Ultrasonic bath</i> membutuhkan air sebagai media perantara sedangkan <i>ultrasonic probe</i> tidak membutuhkan <i>barrier</i> yang mengakibatkan energi yang dihasilkan oleh <i>probe</i> lebih banyak dibanding <i>bath</i> . Hal ini membuat reaksi kimia yang terjadi menjadi lebih cepat dan ekstrak dapat diperoleh dengan mudah.	Kek <i>et al.</i> , (2013)	Research, (Q1), SCIMAGO
13	<i>Apple peel</i>	-	<i>Microwave-assisted extraction</i> (MAE) digunakan ekstraksi beberapa senyawa pewarna, antioksidan dan minyak esensial. Selain itu juga, metode MAE didasarkan pada efektivitas waktu ekstraksi dikarenakan penggunaan medan listrik dan frekuensi medan magnet yang cukup tinggi sehingga dapat menembus produk dan menghasilkan panas	Chuyen <i>et al.</i> , (2018)	Research, (Q2), SCIMAGO

Lanjutan Tabel 10.

No	Jenis limbah	Produk	Peluang	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
14	<i>Apple waste</i>	-	<i>Ultrasound-assisted extraction</i> (UAE) memiliki kelebihan yaitu mempercepat perpindahan massa dan panas dengan memecahkan dinding sel tanaman dan senyawa yang terlepas semakin banyak	Soquetta <i>et al.</i> , (2018)	<i>Research</i> , (Q2), SCIMAGO

Tabel 10, menunjukkan sejumlah peluang dalam valorisasi limbah apel. Peluang yang dapat dilakukan terdiri dari 1). Substitusi metode ekstraksi konvensional menjadi metode non konvensional (*green technology*) (Ferrentino *et al.*, 2018). Beberapa metode *green technology* terdiri dari *supercritical fluide extraction* (SFE) (Panzella *et al.*, 2020; Carpentieri *et al.*, 2021; Montanes *et al.*, 2018), *micelle-mediated extraction* (MME) (Malinowska *et al.*, 2018), *ultrasound-assisted micelle-mediated extraction* (UAMME) (Malinowska *et al.*, 2018), *ultrasound-assisted extraction* (UAE) (Azwanida, 2015; Soquetta *et al.*, 2018; Tiwari, 2015) dan *microwave-assisted extraction* (MAE) (Angiolillo *et al.*, 2015; Chuyen *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2013). 2). Substitusi pelarut organik menjadi pelarut alternatif (*green solvent*) yang terdiri dari etanol dan air (Chemat *et al.*, 2012). 3). Melakukan *pre-treatment* dapat mengurangi kandungan sianida pada biji apel (Bolanrinwa *et al.*, 2020).

Aplikasi Teknologi dalam Pemanfaatan Limbah Apel disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Aplikasi Teknologi dalam Pemanfaatan Limbah Apel

Gambar 5, dapat dilihat teknologi yang digunakan dalam valorisasi limbah apel. Dari 14 jurnal yang digunakan maka diperoleh presentase teknologi pemanfaatan limbah apel. Urutan pertama yaitu *Ultrasound Assisted Extraction* dengan persentase 39%, diikuti oleh *Microwave Assisted Extraction* dan *Supercritical Fluid Extraction* (28%), *Ultrasound Assisted Micelle Mediated Extraction* (7%).

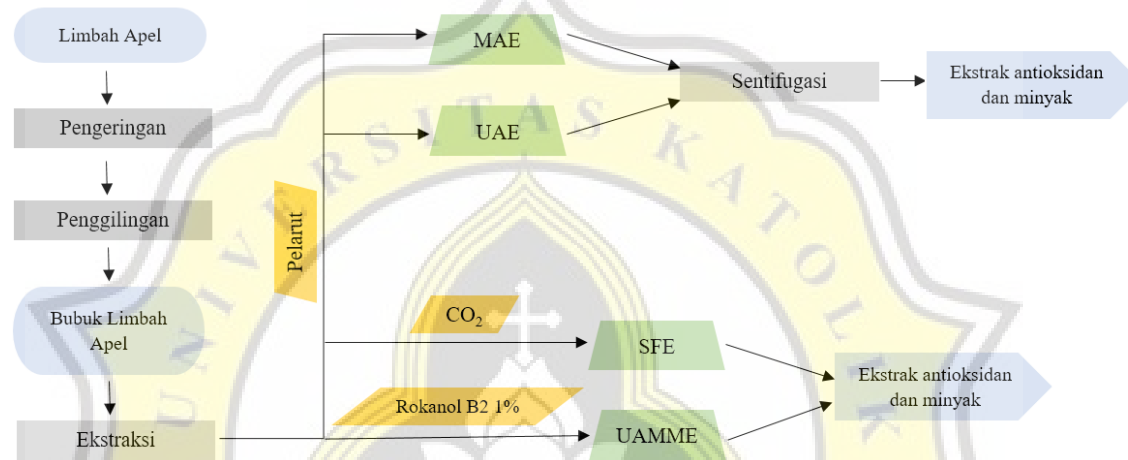
Deskripsi beberapa teknologi yang digunakan dalam valorisasi limbah apel pada dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Deskripsi Beberapa Teknologi Yang Digunakan Dalam Valorisasi Limbah Apel

No	Teknologi			Deskripsi
1	<i>Supercritical</i> (SFE)	<i>Fluid</i>	<i>Extraction</i>	Teknik ekstraksi menggunakan gas terkompresi pada suhu (30-40 °C) dan tekanan (300 MPa) tertentu dengan pelarut CO ₂ (Ferrentino <i>et al.</i> , 2018; Carpentieri <i>et al.</i> , 2021)
2	<i>Microwave</i> (MAE)	<i>Assisted</i>	<i>Extraction</i>	Teknik ekstraksi menggunakan energi gelombang mikro untuk memanaskan sampel dan pelarut guna mengekstrak senyawa tertentu (Carpentieri <i>et al.</i> , 2021)
3	<i>Ultrasound</i> (UAE)	<i>Assisted</i>	<i>Extraction</i>	Ekstraksi yang dilakukan dengan gelombang ultrasonik (Carpentieri <i>et al.</i> , 2021)
4	<i>Ultrasound</i> <i>Mediated Extraction</i>	<i>Assisted</i>	<i>Micelle</i> (UAMME)	Teknik yang ekstraksi yang dilakukan dengan kombinasi <i>Micelle</i> dengan gelombang ultrasonik (Malinowska <i>et al.</i> , 2018)







Berdasarkan Tabel 11. terdapat 4 metode yang digunakan dalam valorisasi limbah apel yaitu SFE, MAE, UAE, dan UAMME. Masing-masing teknologi memiliki prinsip yang berbeda di mana teknologi SFE menggunakan gas terkompresi dan tekanan tertentu serta pelarut CO₂ untuk mengekstraksi senyawa. Sedangkan, MAE memanfaatkan gelombang mikro. UAE dan UAMME sama-sama menggunakan gelombang ultrasonik untuk mengekstrak senyawa tetapi teknologi UAMME perlu dikombinasikan dengan *Micelle*.

Diagram alir beberapa teknologi yang digunakan dalam valorisasi limbah apel disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir beberapa teknologi yang digunakan dalam valorisasi limbah apel

Keterangan:

- Bentuk  : menunjukkan bahan penelitian
 Bentuk  : menunjukkan langkah yang sedang terjadi dalam proses
 Bentuk  : menunjukkan pelarut yang digunakan
 Bentuk  : menunjukkan jenis teknologi ekstraksi yang dilakukan
 Bentuk  : menunjukkan hasil ekstraksi
 Bentuk  : menunjukkan arah aliran proses, dari satu proses ke proses selanjutnya

Gambar 6, menunjukkan bahwa proses valorisasi limbah apel dilakukan dengan beberapa tahap dimulai dari proses *pre treatment* meliputi pengeringan dan penggilingan untuk menghasilkan bubuk limbah apel. Bubuk limbah apel yang diperoleh digunakan sebagai bahan dalam beberapa proses ekstraksi yaitu MAE, UAE, SFE, dan UAMME. Semua teknologi ekstraksi membutuhkan pelarut, khususnya SFE yang menjadikan CO₂ sebagai pelarut. MAE dan UAE membutuhkan proses lanjutan berupa sentrifugasi untuk mendapatkan senyawa yang diinginkan.