

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perumusan Topik dan Penetapan Tujuan *Review*

Berdasarkan pencarian pustaka di tahap awal ditemukan literatur-literatur berupa artikel jurnal yang memuat tentang kehilangan dan limbah pangan di sepanjang rantai pasok pangan serta pemanfaatannya. Hasil pencarian menunjukkan bahwa mayoritas artikel membahas tentang kehilangan dan limbah di industri buah dan sayur, dan salah satu yang banyak dibahas adalah limbah buah pisang terutama bagian kulit.

3.1.1. Pengumpulan Literatur Awal

Hasil pengumpulan literatur di tahap awal ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 3. Hasil Pengumpulan Literatur Awal

<i>Website</i>	Kata Kunci Pencarian	Jumlah
Google Scholar	<i>Banana, waste, loss</i>	414.800
	<i>Banana, waste, utilization</i>	59.600
	<i>Banana, waste, valorization</i>	9.000
	<i>Banana, peel</i>	91.800
	<i>Banana, peel, utilization</i>	30.500
	<i>Banana, peel, valorization</i>	5.260
	Pisang, limbah, kehilangan	33.510
	Pisang, limbah, pemanfaatan	11.600
	Pisang, limbah, valorisasi	10
	Pisang, kulit	30.900
Pisang, kulit, pemanfaatan	15.000	
Pisang, kulit, valorisasi	12	

BioMed	<i>Banana, waste, loss</i>	10.000+
	<i>Banana, waste, utilization</i>	10.000 +
	<i>Banana, waste, valorization</i>	10.000 +
	<i>Banana, peel</i>	3.829
	<i>Banana, peel, utilization</i>	10.000 +
	<i>Banana, peel, valorization</i>	4.042
PubMed (2016-2021)	<i>Banana, waste, loss</i>	372
	<i>Banana, waste, utilization</i>	49
	<i>Banana, waste, valorization</i>	14
	<i>Banana, peel</i>	221
	<i>Banana, peel, utilization</i>	38
	<i>Banana, peel, valorization</i>	11
Science Direct (2016-2021) <i>Research & Review Article</i>	<i>Banana, waste, loss</i>	5.245
	<i>Banana, waste, utilization</i>	9.258
	<i>Banana, waste, valorization</i>	447
	<i>Banana, peel</i>	4.378
	<i>Banana, peel, utilization</i>	2.257
	<i>Banana, peel, valorization</i>	307
Garuda (2016-2021)	Pisang, limbah, kehilangan	124
	Pisang, limbah, pemanfaatan	35
	Pisang, kulit	419
	Pisang, kulit, pemanfaatan	55

Berdasarkan Tabel 2., dapat dilihat bahwa pencarian literatur dengan kata kunci “limbah kulit buah pisang” lebih sedikit dibandingkan dengan kata kunci “limbah buah pisang” dikarenakan semakin spesifik kata kunci yang digunakan maka semakin sedikit pula literatur yang ditemukan. Hasil terbanyak ditemukan apabila pencarian literatur melalui *Google Scholar*, karena sudah mencakup semua literatur dari berbagai *website* baik berbahasa Inggris

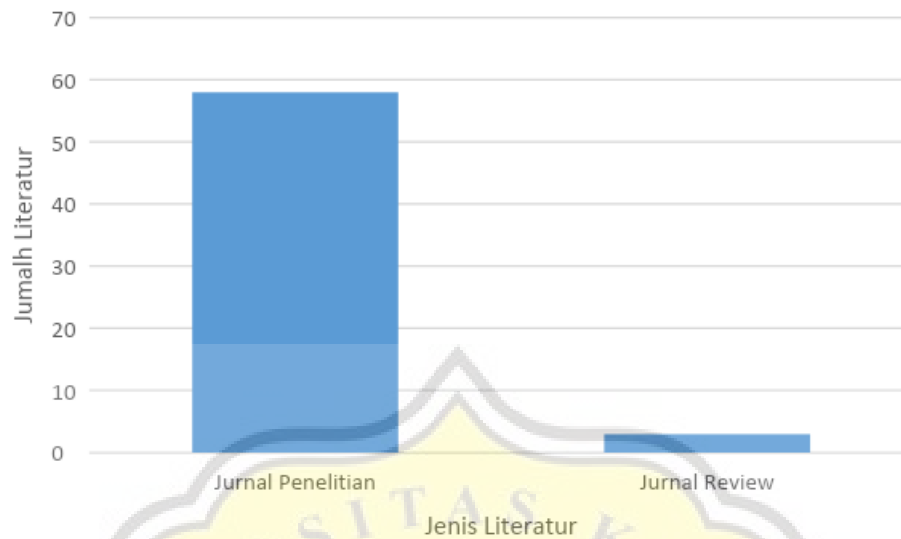
maupun indonesia. Hasil paling sedikit apabila pencarian menggunakan *website PubMed*, karena hanya mencakup literatur yang memiliki bahasan terfokus pada potensi kimia pada kulit pisang dimanfaatkan dalam bidang kesehatan atau medis.

3.1.2. Penyaringan Literatur Awal

Penyaringan literatur di tahap awal menghasilkan 61 literatur yang membahas kehilangan dan limbah buah pisang serta pemanfaatan atau valorisasinya. Hasil penyaringan literatur awal dapat dilihat pada Tabel 3.

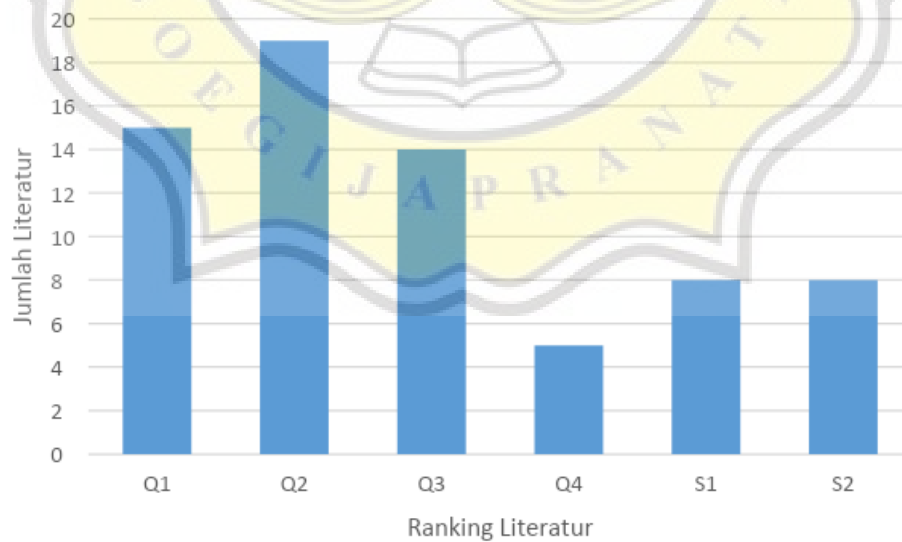
Tabel 4. Hasil Penyaringan Literatur Awal

		Jumlah
Jenis Literatur	Jurnal Penelitian	58
	Jurnal <i>Review</i>	3
Ranking Literatur	S1	-
	S2	8
	Q1	15
	Q2	19
	Q3	14
Tahun Terbit	Q4	5
	2016	15
	2017	7
	2018	12
	2019	6
	2020	15
	2021	6



Gambar 11. Hasil Penyaringan Literatur Berdasarkan Jenis Literatur

Berdasarkan grafik hasil penyaringan dari 61 literatur, artikel jurnal penelitian paling banyak digunakan untuk menulis *literature review* ini yaitu sejumlah 58 artikel jurnal, dimana sesuai dengan teori Cronin *et al.* (2008) bahwa lebih baik menggunakan sumber primer seperti jurnal penelitian sebagai sumber data penulisan *literature review*.



Gambar 12. Hasil Penyaringan Literatur Berdasarkan Ranking Literatur

Dari grafik di atas maka diperoleh bahwa berdasarkan kualitas yang dilihat dari ranking literatur, maka paling banyak yaitu literatur dengan ranking Q2, Q1, dan Q3 secara berurutan yaitu sebanyak 19, 15, 14 artikel jurnal berbahasa inggris, sedangkan artikel jurnal berbahasa indonesia dengan ranking literatur S1 dan S2 masing-masing sejumlah 8 artikel jurnal.



Gambar 13. Hasil Penyaringan Literatur Berdasarkan Tahun Terbit Literatur

Berdasarkan grafik di atas, literatur yang banyak digunakan merupakan terbitan tahun 2016 dan 2020 yaitu berjumlah masing-masing 15 artikel jurnal, dan paling sedikit adalah artikel jurnal yang terbit pada tahun 2019 dan 2021 sejumlah masing-masing 6 artikel jurnal.

3.1.3. Analisis Kesenjangan

Berdasarkan pencarian literatur kategori artikel *review* terkait kehilangan dan limbah kulit buah pisang serta pemanfaatannya, ditemukan 24 literatur dengan menggunakan kata kunci pencarian “limbah pisang”, 16 literatur menggunakan kata kunci “limbah kulit pisang”, sedangkan berjumlah 17 dan 1 literatur apabila menggunakan kata kunci pencarian berturut-turut “pemanfaatan limbah pisang”, dan “valorisasi limbah pisang”.

Tabel 5. Hasil Analisis Artikel *Review* Terkait Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang

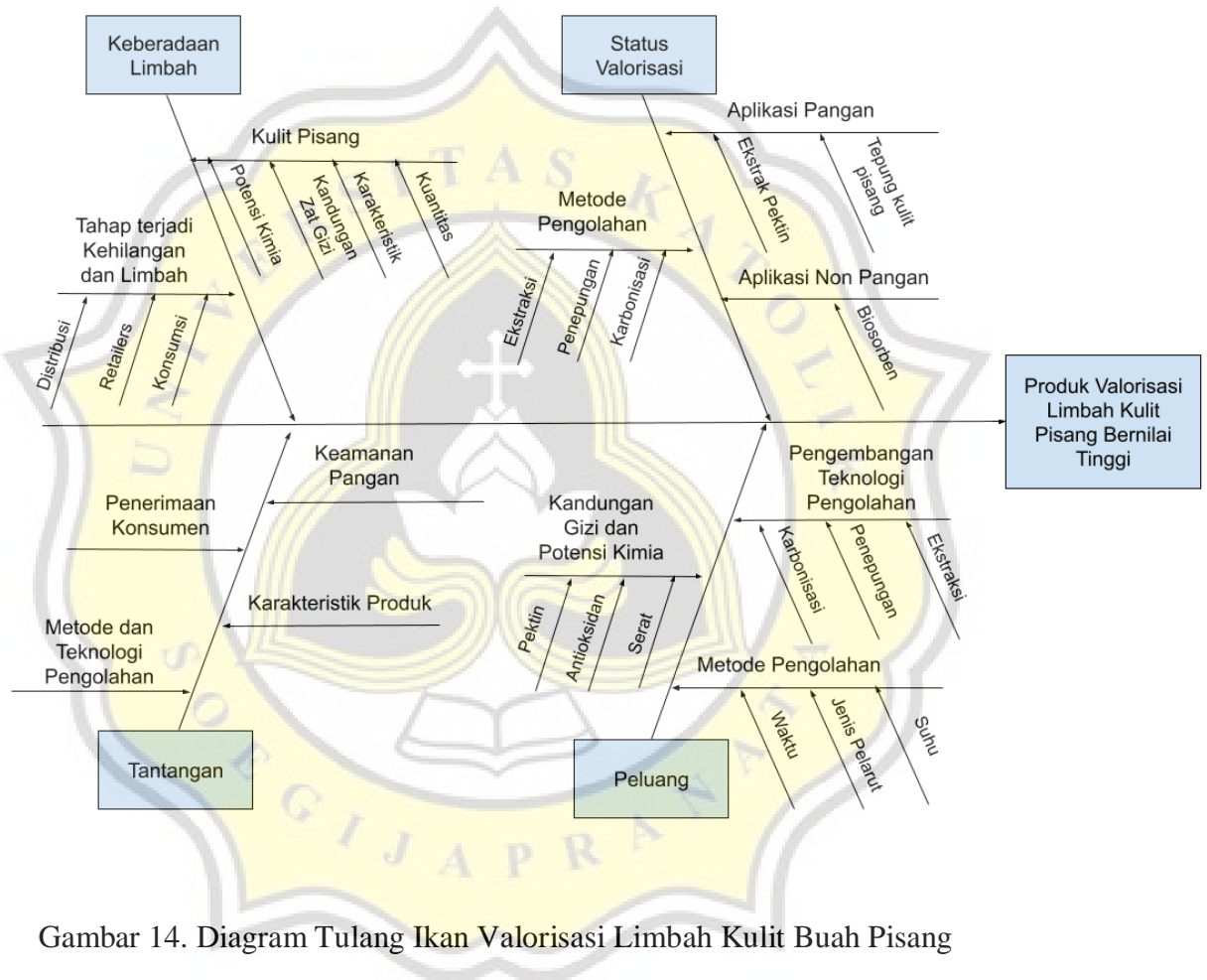
No.	Jenis Limbah	Produk valorisasi	Temuan Utama	Sumber
1.	Berbagai limbah tanaman pisang (batang, daun, kulit, <i>rachis</i>)	Bahan bakar, <i>lignocellulosic micro/nanofibers</i> (LCMNF), <i>Nanocellulose Fibers</i> (NCFs), bioplastik, enzim, bahan aditif pangan, produksi energi, biosorben	Konversi limbah buah pisang menjadi bahan bakar, energi, dan bahan-bahan kimia (<i>biorefinery</i>)	Gomez <i>et al.</i> (2020)
2.	Berbagai limbah tanaman pisang (kulit, daun, <i>pseudo-stem</i> , buah, tandan, serat)	-	Teknologi <i>waste-to-energy</i> untuk pengolahan pisang : <i>Thermal</i> (Pembakaran langsung dan Insinerasi), <i>Thermo-chemical</i> (<i>Torrefaction</i> , <i>Plasma treatment</i> , Gasifikasi dan Pirolisis) dan Biokimia (Pengomposan, Fermentasi Etanol dan Pencernaan Anaerob)	Gumisiriza <i>et al.</i> (2017)
3.	Berbagai limbah tanaman pisang (daging buah, kulit, <i>pseudo-stem</i> , tangkai daun, helai daun, tangkai bunga, <i>rachis</i>)	-	Membahas kandungan dan manfaat dari masing-masing jenis limbah	Mohapatra <i>et al.</i> (2010)
4.	<i>Pseudo-stem</i> pisang	Benang, kain dan pakaian, kertas, <i>hard board</i> , kerajinan tangan, <i>eco-bag</i> , <i>Microcrystalline cellulose</i> (MCC), makanan (permen,	Membahas kandungan serat pada <i>pseudo-stem</i> pisang dan pemanfaatannya	Mohiuddin <i>et al.</i> (2014)

		acar), minuman, <i>vermicompost</i> , pupuk organik, pakan ikan, pupuk cair, nutrisi tanaman		
5.	Berbagai limbah tanaman pisang	NCFs, antioksidan, energi, biosorben	bioplastik, produksi limbah tanaman pisang	Membahas pemanfaatan Carlos <i>et al.</i> (2020)

Dari Tabel 3., dapat dilihat bahwa masih sedikit *review* yang berkenaan dengan pemanfaatan limbah kulit pisang, baik untuk aplikasi pangan maupun non pangan. Sebagian besar *review* lebih difokuskan pada berbagai jenis limbah pisang termasuk *pseudo-stem*, daun, daging buah, tangkai daun, helai daun, tangkai bunga dan *rachis*. Untuk produk valorisasi, *review* yang sudah ada lebih banyak membahas aplikasi non pangan untuk hasil valorisasi limbah kulit buah pisang. Berdasarkan pengumpulan literatur pada tahap awal, diperoleh artikel jurnal terkait pemanfaatan limbah kulit buah pisang untuk aplikasi pangan paling banyak menerapkan metode pengolahan berupa ekstraksi yang menghasilkan ekstrak pektin, dan penepungan dengan produknya yaitu tepung kulit pisang, sedangkan pada aplikasi non pangan paling banyak menerapkan metode karbonisasi yang menghasilkan produk valorisasinya yaitu sebagai biosorben. Oleh sebab itu, *review* ini mencakup berbagai produk valorisasi limbah kulit buah pisang untuk aplikasi pangan seperti tepung kulit pisang dan ekstrak pisang, sedangkan aplikasi non pangan terdiri dari biosorben, dengan pembahasan yang berfokus pada metode serta teknologi pengolahannya.

3.1.4. Desain Konseptual

Berdasarkan identifikasi kesenjangan awal, dapat dirumuskan desain konseptual berupa diagram tulang ikan sebagai berikut.



Gambar 14. Diagram Tulang Ikan Valorisasi Limbah Kulit Buah Pisang

Pada Gambar 14., ditunjukkan bahwa faktor-faktor penyebab utama yang digambarkan pada diagram tulang ikan terdiri dari keberadaan limbah kulit pisang mencakup kualitas dan kuantitas limbah, dan tahap terjadinya kehilangan serta limbah. Faktor status valorisasi mencakup produk valorisasi yang dihasilkan pada aplikasi pangan yaitu ekstrak pektin dan tepung kulit pisang, sedangkan pada aplikasi non pangan yaitu biosorben, status valorisasi

juga dilihat dari metode pengolahan yang digunakan hingga saat ini yaitu ekstraksi, penepungan, dan karbonisasi. Faktor tantangan terdiri dari keamanan pangan yang dihasilkan, tingkat penerimaan produk valorisasi oleh konsumen, karakteristik produk yang dihasilkan, serta hambatan yang dijumpai pada metode dan teknologi pengolahan limbah kulit pisang. Faktor peluang mencakup adanya pengembangan teknologi pengolahan pada ekstraksi, penepungan dan karbonisasi, perbaikan metode pengolahan meliputi waktu, suhu, maupun jenis pelarut yang digunakan, serta kandungan zat gizi dan potensi kimia yang terkandung pada produk.

3.2. Studi Literatur Utama

3.2.1. Hasil Pengumpulan Literatur Utama

Hasil pengumpulan literatur utama dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 6. Hasil Pengumpulan Literatur Utama

<i>Website</i>	<i>Kata Kunci Pencarian</i>	<i>Jumlah</i>
Google Scholar	<i>Banana, peel, utilization, flour</i>	5.410
	<i>Banana, peel, utilization, pectin</i>	5.290
	<i>Banana, peel, utilization, biosorbent</i>	3.800
	<i>Pisang, kulit, pemanfaatan, tepung</i>	2.830
	<i>Pisang, kulit, pemanfaatan, pektin</i>	1.080
	<i>Pisang, kulit, pemanfaatan, biosorben</i>	923
	<i>Pisang, kulit, pemanfaatan, arang aktif</i>	3.510
PubMed (2016-2021)	<i>Banana, peel, flour</i>	14
	<i>Banana, peel, pectin</i>	23

	<i>Banana, peel,utilization, biosorben</i>	8
Science Direct	<i>Banana, peel, utilization, flour</i>	580
(2016-2021)	<i>Banana, peel, pectin</i>	895
<i>Research & Review Article</i>	<i>Banana, peel,utilization, biosorbent</i>	239
Garuda	Pisang, kulit, pemanfaatan, tepung	5
(2016-2021)	Pisang, kulit, pektin	20
	Pisang, kulit, biosorben	7

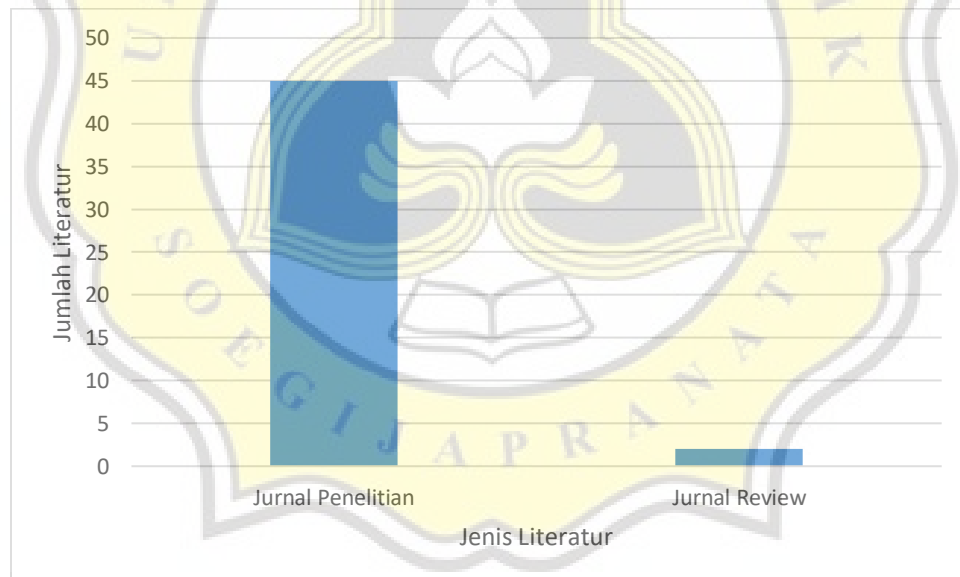
Berdasarkan Tabel 5., dapat dilihat bahwa hasil pencarian literatur terbanyak melalui *Google Scholar*, karena sudah mencakup semua literatur dari berbagai *website* baik berbahasa inggris maupun indonesia, dimana paling banyak ditemukan adalah literatur yang membahas pengolahan limbah kulit pisang menghasilkan tepung kulit pisang, sedangkan paling sedikit membahas produknya yaitu biosorben. Hasil paling sedikit apabila pencarian menggunakan *website PubMed*, karena hanya mencakup literatur yang memiliki bahasan terfokus pada potensi kimia pada kulit pisang dimanfaatkan dalam bidang kesehatan atau medis.

3.2.2. Hasil Penyaringan Literatur Utama

Penyaringan literatur yang digunakan pada studi utama menghasilkan 47 literatur yang mencakup bahasan keberadaan kehilangan dan limbah buah pisang serta status terkini pemanfaatan limbah kulit pisang disertai peluang dan tantangannya. Hasil penyaringan literatur awal dapat dilihat pada Tabel 6.

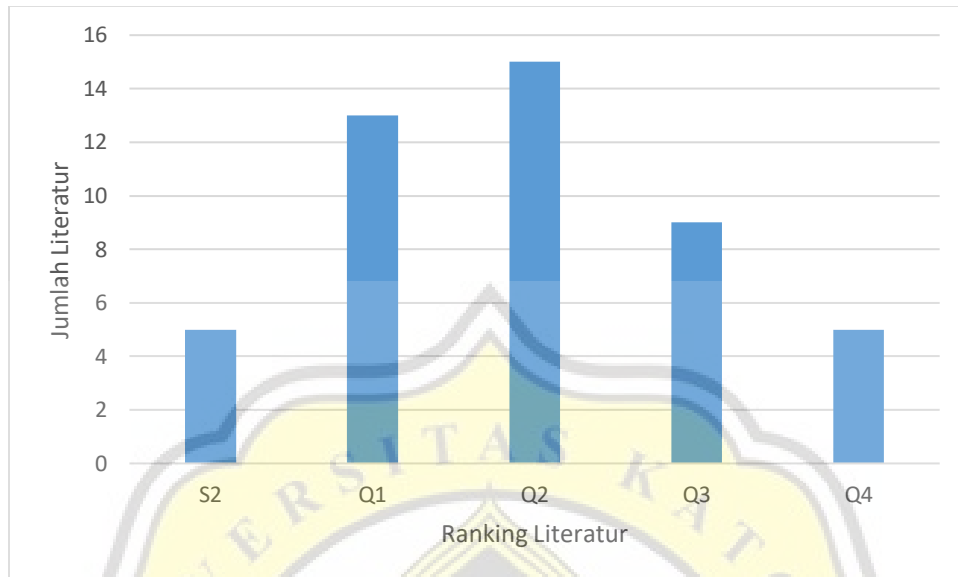
Tabel 7. Hasil Penyaringan Literatur Utama

		Jumlah
Jenis Literatur	Jurnal Penelitian	45
	Jurnal <i>Review</i>	2
Ranking Literatur	S1	-
	S2	5
	Q1	13
	Q2	15
	Q3	9
Tahun Terbit	Q4	5
	2016	9
	2017	4
	2018	9
	2019	3
	2020	14
	2021	6



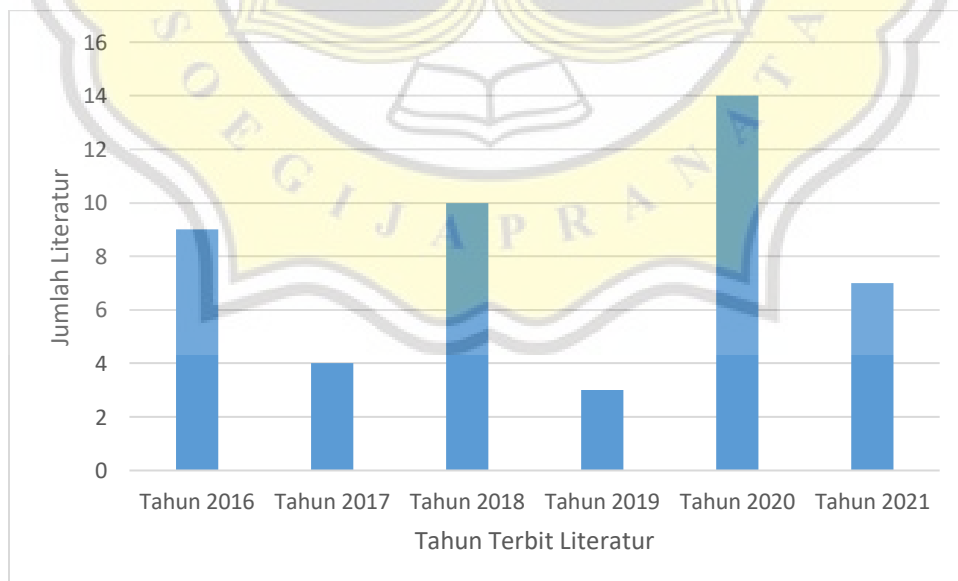
Gambar 15. Hasil Penyaringan Literatur Utama Berdasarkan Jenis Literatur

Berdasarkan grafik hasil penyaringan dari 47 literatur, paling banyak digunakan jurnal penelitian untuk menulis *literature review* ini yaitu sejumlah 45 artikel jurnal, dan sangat sedikit jurnal *review* yang digunakan yaitu berjumlah 2 artikel jurnal.



Gambar 16. Hasil Penyaringan Literatur Utama Berdasarkan Ranking Literatur

Dari grafik di atas, artikel jurnal yang digunakan paling banyak dengan ranking Q2 yaitu sejumlah 15 artikel jurnal, sedangkan paling sedikit adalah jurnal dengan ranking S2 dan Q4.



Gambar 17. Hasil Penyaringan Literatur Utama Berdasarkan Tahun Terbit Literatur

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh artikel jurnal dengan tahun terbit 2020 paling banyak digunakan yaitu dengan jumlah 14 artikel jurnal, dan ditemukan paling sedikit adalah artikel jurnal dengan tahun terbit 2019 yaitu 3 artikel jurnal.

3.2.3. Hasil Pemetaan Literatur Utama

Literatur yang memenuhi kriteria yaitu sebanyak 47 literatur, dibaca, dipahami, kemudian dirangkum dalam bentuk tabel pemetaan yang terbagi menjadi 2 tabel pemetaan yaitu tabel pemetaan yang membahas keberadaan kehilangan dan limbah buah pisang serta status valorisasi limbah kulit buah pisang. Tabel pemetaan keberadaan kehilangan dan limbah buah pisang berisikan tahapan terjadi kehilangan atau limbah di rantai pasok, penyebab kehilangan dan limbah, kuantitas limbah, karakteristik limbah, dan potensi kimia serta zat gizi dari limbah. Tabel status valorisasi kulit pisang berisi produk valorisasi, metode penepungan yang digunakan, teknologi yang diterapkan selama proses, serta karakteristik produk valorisasi yang dihasilkan. Peluang dan tantangan yang dijumpai selama valorisasi limbah kulit pisang dijabarkan dalam bentuk narasi, yang mencakup peluang dan tantangan dari segi potensi kimia dan zat gizi kulit pisang atau tepung kulit pisang, metode produksi produk valorisasi, dan juga karakteristik produk valorisasi. Tabel pemetaan dapat dilihat sebagai berikut.

3.2.3.1.Keberadaan Limbah Kulit Pisang

Berikut merupakan tabel yang menjelaskan terkait keberadaan dari kehilangan dan limbah buah pisang di sepanjang rantai pasok pangan.

Tabel 8. Hasil Pemetaan Keberadaan Kehilangan dan Limbah Buah Pisang

No.	Tahapan terjadi Kehilangan/Limbah di Rantai Pasok	Penyebab Kehilangan/Limbah	Kuantitas Limbah	Karakteristik Limbah	Potensi Kimia dan Zat Gizi	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
1.	<i>Retailers</i>	-	Massa limbah buah pisang 6,4 ton dari total 68 ton atau 9,4 % dari total berat limbah sayur dan buah	-	-	Mattsson <i>et al.</i> (2018)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q1
2.	Industri pengolahan pisang	Buah memenuhi standar penerimaan industri	tidak standar oleh 81% limbah buah pisang dari total buah pisang yang masuk ke industri	-	-	Rattanapan & Weerawat (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q4
3.	Panen Pasca panen Pengemasan Distribusi <i>Retailers</i>	Mengalami kerusakan	Kehilangan buah pisang di tahap panen yaitu 16,6% Limbah buah pisang di tahap <i>retailers</i> yaitu 56,2%	Buah pisang memiliki tekstur lunak dan kadar air tinggi	-	Kuyu & Yetenayet (2017)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q2

4.	<i>Retailers</i>	Mengalami kerusakan berupa memar disentuh konsumen	berupa akibat oleh	10,34% dari total limbah berbagai jenis buah	-	-	Ramirez <i>et al.</i> (2021)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q2</i>
5.	Produksi Kolektor Grosir Retail	Mengalami kerusakan berupa memar, pematangan, penyimpanan yang terlalu lama dan pencurian	berupa akibat oleh	Kehilangan pasca panen yaitu 14,9% dari total buah pisang yang diproduksi	-	-	Kikulwe <i>et al.</i> (2018)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q2</i>
6.	Panen Pasca Distribusi Industri pengolahan pisang	-	panen	Kulit pisang menyumbang 7,25 kg dari total 18,14 kg buah pisang	Kulit pisang dapat menghasilkan aroma busuk	Kulit pisang kaya senyawa karbon seperti selulosa (7,6-9,6%), hemiselulosa (6,4-9,4%), pektin (10-21%), lignin (6-12%), klorofil, pati (0,78 mg/100 g), serat (11,95 mg/100 g), protein (4,77 mg/100 g), kalsium (0,36 mg/100 g),	Acevedo <i>et al.</i> (2021)	Jurnal <i>Review</i> , <i>Scopus Q2</i>

fosfor (0,23 mg/100 g), lipid (1,15 mg/100 g), seng (0,17 mg/100 g), abu (1,71 mg/100 g)

7.	-	-	Limbah kulit buah pisang yaitu 35% dari total limbah buah pisang	Kulit buah pisang dapat menjadi substrat untuk menghasilkan enzim (amilase, selulase, invertase, lakase, xilanase, lipase, dan pektinase)	Kulit buah pisang mengandung 50 % total serat pangan (serat tidak larut : serat larut, 5,46 : 1), tinggi akan dopamin, l-dopa, dan katekolamin, senyawa fenolik karotenoid (xantofil, laurat, dan palmitat), protein, antosianin	Sagar <i>et al.</i> (2018)	Jurnal <i>Review, Scopus Q1</i>
----	---	---	--	---	--	----------------------------	---------------------------------

Berdasarkan Tabel 7., didapatkan bahwa kehilangan dan limbah buah pisang dapat terjadi pada saat tahapan produksi yang mencakup panen, pasca panen, tahapan kolektor, tahapan grosir, saat buah pisang didistribusikan atau transportasi, tahapan *retailers*, dan tahapan

konsumsi serta industri pengolahan pisang. Kehilangan dan limbah yang dihasilkan paling banyak berasal dari bagian buah pisang yang terjadi karena karakteristik buah pisang itu sendiri yaitu bertekstur lunak akibat kadar air yang tinggi sehingga mudah mengalami kerusakan baik secara mekanis maupun mikrobiologis, selain itu dapat disebabkan dari penanganan yang kurang baik terutama selama distribusi atau transportasi. Limbah kulit buah pisang memiliki berbagai kandungan gizi dan senyawa bioaktif, terutama kaya akan karbohidrat kompleks, serat, serta fenolik.



3.2.3.2. Status Valorisasi Limbah Kulit Pisang

Tabel berikut merangkum artikel-artikel terkait status valorisasi limbah kulit pisang yang dibedakan berdasarkan jenis aplikasinya yaitu aplikasi pangan dan non pangan. Aplikasi pangan memiliki artian yaitu produk valorisasi limbah kulit pisang bersifat dapat dikonsumsi, sedangkan aplikasi non pangan yaitu produk valorisasi tidak dapat dikonsumsi.

Tabel 9. Hasil Pemetaan Status Valorisasi Limbah Kulit Pisang Aplikasi Pangan

No.	Produk Valorisasi	Metode Penepungan	Teknologi Proses	Karakteristik Produk Valorisasi	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
1.	Pektin	-	Perendaman kulit pisang dalam 0,5 N HCl, 90°C selama 4 jam, filtrasi, penambahan ethanol pada filtrat, filtrasi, pengeringan (oven, 55°C, 2 hari) Ekstraksi: Pelarutan melalui <i>ultrasonication</i> (tekanan 60%, 2 menit dalam asam HCl), pengendapan kembali dengan etanol, pengeringan beku	Pektin kulit pisang sebesar 46.77%, yang meningkat 170% Kandungan metoksil pektin 0,5-7% yang tergolong rendah Pektin meningkatkan viskositas minuman sari buah jeruk	Rivadeneira <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q4</i>

2.	Pektin	-	<p>Pencucian dan pemotongan kulit pisang, pembekuan</p> <p>Ekstraksi: Penambahan HCl (pH 1,5) atau air (pH 6,0) selama 30-120 menit, $90 \pm 5^\circ\text{C}$, filtrasi dengan <i>double-layer nylon cloth</i>, filtrat ditambahkan ethanol, pektin terendapkan dicuci oleh 95% ethanol, dikeringkan (<i>hot air oven</i>, 50°C)</p>	<p>Pektin dengan ekstraksi menggunakan asam dihasilkan sebanyak 7–11%, dengan nilai <i>galacturonic acid content</i> (GalA) 42–47%, derajat metilasi (DM) 57–61%, dan berat molekul rata-rata viskositas (M_v) 17–29 kDa</p> <p>Pektin dengan ekstraksi menggunakan air memiliki derajat metilasi (DM) 40%, nilai GalA lebih tinggi dibandingkan menggunakan asam, berat molekul rata-rata viskositas (M_v) 21-40 kDa</p> <p>Viskositas larutan dari pektin kulit pisang adalah 2,5%</p>	Maneerat <i>et al.</i> (2016)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q2</i>
3.	Pektin	<p>Kulit pisang dikeringkan (sinar matahari), dipotong, dikeringkan, dihancurkan (blender), diayak mesh</p> <p>100</p>	<p>Ekstraksi: Konvensional (dipanaskan langsung dengan <i>hot plate stirrer</i>)</p> <p><i>Microwave Asisted Extraction</i> (daya 600 W, waktu 20 menit, pelarut HCl 0,25% sebanyak 300 mL)</p>	<p>Ekstrak pektin dengan MAE sebanyak 8,9 dan 16,53% w/w kering untuk masing-masing berat bahan 10 dan 15 gram</p> <p>Yield pektin dengan metode konvensional sebesar 12,8%</p>	Megawati & Elfi (2016)	Jurnal Penelitian, SINTA S2
			<p>Pembuatan <i>edible film</i>:</p>			

		Pektin dicampur dengan <i>plasticizer</i> , diaduk, dipanaskan 70°C, ditambahkan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dituang dalam teflon, dipanaskan (oven, 70 °C selama 15 jam)		
4. Pektin	Kulit pisang dipotong, digiling, diayak 60 mesh Tepung kulit pisang dicampur dengan akuades (perbandingan 1:54 untuk satu kali ekstraksi, 1:27 untuk dua kali ekstraksi, 1:18 untuk tiga kali ekstraksi)	Ekstraksi: Metode satu, dua, dan tiga kali ekstraksi, di dalam <i>shaker waterbath</i> , suhu 60 dan 80°C, disaring, diendapkan menggunakan ethanol 96%, disaring, pektin dikeringkan (<i>freeze-dried</i> , -86,2°C, 3 jam)	Ekstraksi pektin optimal pada suhu 80°C dengan metode dua kali tahapan Ekstrak pektin memiliki derajat putih 16,09-19,59, tingkat kemurnian 81-84%, gugus fungsi alkohol, amida, amina primer, dan karbonat kovalen	Nurhayati <i>et al.</i> (2016) Jurnal Penelitian, SINTA S2

5.	Pektin	Kulit pisang dipotong, dikeringkan 50°C, digiling, diayak	Ekstraksi pektin dengan <i>Microwave-Assisted Extraction</i> : Dicampur asam hidroklorat, dimasukkan di bagian tengah <i>microwave</i> , didinginkan pada suhu ruang 25°C, filtrasi, ditambahkan ethanol, inkubasi 4°C, 2 jam, dicuci dengan ethanol, dikeringkan 40°C	Yield pektin dengan MAE adalah 14,2% Yield pektin setelah pemurnian adalah 5%, tingkat kemurnian 36%	Rivadeneira <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q2
6.	Pektin	Pemotongan kulit pisang Perendaman dalam 0,1% asam sitrat selama 5 menit Pengeringan: 55°C selama 20 jam Penggilingan 60 mesh	Ekstraksi dengan 0,50 N asam hidroklorat, asam sitrat, asam malat (pH 1,5; 2,0; 2,5) Pemanasan 90°C selama 1 jam sambil diaduk Penyaringan <i>double layer cheesecloth</i> Penambahan ethanol pada filtrat,	Ekstrak pektin yang dihasilkan berkisar 5.28–12.98% Ekstraksi dengan asam sitrat pH 2,0 menghasilkan yield pektin paling tinggi, pada pH 1,5 diperoleh derajat esterifikasi (DE) dan derajat metilasi (DM) tertinggi yaitu masing-masing 50,27% dan 59,57%, kandungan asam galakturonat 53.08% - 85.99% Ekstraksi dengan asam HCl menghasilkan pektin dengan kandungan asam galakturonat 85.36%, pada pH 1,5 memberikan	Rungraeng & Supaluck (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q3

		penyaringan fraksi tidak larut ethanol	nilai kekerasan gel tertinggi (30,26 gram)		
		Pengeringan residu 55°C selama 12 jam			
7.	Pektin	-	Ekstraksi dengan 0,50 N asam sitrat pH 2,0 (rasio kulit pisang:pelarut 1:10, 1:30, 1:50) Pemanasan (80°C, 90°C, 100°C) selama 60, 90, 120 menit sambil diaduk Penyaringan <i>double layer cheesecloth</i> Penambahan ethanol pada filtrat, penyaringan fraksi tidak larut ethanol Pengeringan residu 55°C selama 12 jam	Ekstraksi pektin optimal pada perlakuan lama ekstraksi 88 menit, 95°C, dan rasio kulit pisang:pelarut 1:28, yang menghasilkan 13.25% pektin, 13% kandungan air, 8.25% abu, <i>equivalent weight</i> 930, 7.5% kandungan metoksil, 64% kandungan <i>anhydrouronic acid</i> dan 66% derajat esterifikasi	Tanaid (2018) Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q2
8.	Pektin	Perendaman kulit pisang dalam deterjen buah selama 5 menit	Ekstraksi <i>Hot Compressed Water</i> : Tepung kulit pisang ditambahkan pada pelarut air pada	Sifat fisikokimia pektin yaitu kelembapan (7,44-8,47%), abu (3,45-4,98%), protein (1,08-1,92%), lemak (0,04-3,42), karbohidrat (83-86%), gula total (1,77-3,41%), energi (353-	Rasidek <i>et al.</i> (2018) Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q3

Pengeringan: Oven 50°C selama 48 jam	reaktor, ekstraksi pada suhu 140°C, 150°C dan 160°C selama 5 menit	369 kkal/100g) dan kalor jenis (1,42- 1,62 kJ/kg°C) Suhu ekstraksi 140°C menghasilkan yield pektin $4,83 \pm 0.03$, suhu 150°C menghasilkan yield pektin $4,73 \pm$ 0.05 , dan suhu 160°C menghasilkan pektin dengan yield $4,44 \pm 0.14$
Penggilingan, diayak ukuran 1,18 mm	Pengendapan filtrat ekstrak kulit pisang dengan ethanol	Viskositas pektin dari suhu 140°C - 160°C adalah 4.65 - 13.64 Pa.s
	Sentrifugasi 7000 rpm selama 10 menit	Filtrasi residu pektin, dicuci dengan ethanol dan sedikit aseton, sentrifugasi 7000 rpm selama 10 menit, penyaringan residu pektin
	Pengeringan pektin dengan oven 50°C selama 3 jam	

9. Pektin	Kulit pisang direndam dalam air mendidih, dipotong, dikeringkan (<i>freeze-dried</i>), digiling – diayak 450 μm	Ekstraksi: Metode konvensional (<i>Infusion</i> (INF), <i>decoction</i> (DEC), <i>maceration</i> (MAC)), pelarut air suling	Ekstraksi <i>infusion</i> (INF) menghasilkan ekstrak total fenolik 25,59 mg GAE g^{-1} dmb, DPPH 0,156 mmol Trolox g^{-1} dmb, ABTS 0,160 mmol Trolox g^{-1} dmb, dopamin 10,29 mg g^{-1} dmb	Seremet <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q1
		Metode modern (<i>Ultrasound-Assisted Extraction</i> (UAE), <i>Subcritical Water Extraction</i> (SWE), <i>Microwave-Assisted Extraction</i> (MAE))	Ekstraksi <i>decoction</i> (DEC) menghasilkan ekstrak total fenolik 25,38 mg GAE g^{-1} dmb, DPPH 0,163 mmol Trolox g^{-1} dmb, ABTS 0,195 mmol Trolox g^{-1} dmb, dopamin 12,63 mg g^{-1} dmb		
			Ekstraksi <i>maceration</i> (MAC) menghasilkan ekstrak total fenolik 18,73 mg GAE g^{-1} dmb, DPPH 0,124 mmol Trolox g^{-1} dmb, ABTS 0,125 mmol Trolox g^{-1} dmb, dopamin 9,94 mg g^{-1} dmb		
			Ekstraksi <i>Ultrasound-Assisted Extraction</i> (UAE) 30 menit menghasilkan ekstrak total fenolik 18,26 mg GAE g^{-1} dmb, DPPH 0,117 mmol Trolox g^{-1} dmb, ABTS 0,123 mmol Trolox g^{-1} dmb, dopamin 10,33 mg g^{-1} dmb		
			Ekstraksi <i>Ultrasound-Assisted Extraction</i> (UAE) 60 menit menghasilkan ekstrak total fenolik 17,96 mg GAE g^{-1} dmb, DPPH 0,112		

mmol Trolox g⁻¹ dmb, ABTS 0,132 mmol Trolox g⁻¹ dmb, dopamin 11,31 mg g⁻¹ dmb

Ekstraksi *Subcritical Water Extraction* (SWE) menghasilkan ekstrak total fenolik 16,06 mg GAE g⁻¹ dmb, DPPH 0,110 mmol Trolox g⁻¹ dmb, ABTS 0,097 mmol Trolox g⁻¹ dmb, dopamin 10,21 mg g⁻¹ dmb

Ekstraksi *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) menghasilkan ekstrak total fenolik 3.46 mg GAE g⁻¹ dmb, DPPH 0.021 dan ABTS 0.020 mmol Trolox g⁻¹ dmb, dopamin 5,14 mg g⁻¹ dmb

10. Tepung pisang	kulit	-	<p>Pengeringan: <i>Microwave</i> (kulit pisang diletakkan dalam oven <i>microwave</i> dengan daya 120 W, 240 W, 280 W, 720 W dan 960 W selama 5 detik</p> <p><i>Vacuum drying</i> (kulit pisang diletakkan di nampan aluminium – dikeringkan dalam oven vakum dengan suhu 60°C, 80°C dan</p>	<p>Pengeringan terbaik adalah dengan <i>microwave irradiation</i> daya 960W, selama 6 menit</p> <p>Kulit pisang kering melalui <i>microwave irradiation</i> menghasilkan total fenolik 25.26 mg GAE/g DM, kapasitas antioksidan DPPH 37.70; ABTS 46.35; FRAP 45.94, dan CUPRAC 64.55 mg TE/g DM, kadar air 12-14%, aktivitas air 0.39-0.44</p>	Vu <i>et al.</i> (2016)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q1</i>
-------------------	-------	---	--	--	-------------------------	-------------------------------------

100°C dengan tekanan vakum 69 kPa)

Dehumidified air drying (kulit pisang diletakkan di nampan aluminium, dikeringkan menggunakan *dehumifier* dengan suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, RH 16%-21%)

Hot air drying (kulit pisang diletakkan di nampan aluminium, dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C, 100°C, 120°C)

Sun drying (kulit pisang diletakkan di nampan karton, dikeringkan di bawah sinar matahari selama 8 jam, suhu 34°C -45°C)

Freeze drying (kulit pisang direndam

			<p>dalam larutan nitrogen selama 48 jam menggunakan <i>freeze dryer</i>, tekanan 2×10^{-1} mbar dan <i>cryo-temperature</i> -45°C</p> <p>Kulit pisang kering digiling 1,4 mm, diayak</p>			
11.	Tepung pisang	kulit	-	<p><i>Shade drying</i>: Dilakukan selama 7 hari, menggunakan perlengkapan <i>shade</i> (tempat teduh) di laboratorium</p> <p><i>Microwave drying</i>: Menggunakan oven <i>microwave</i> (power 100W, 440W, 1000W)</p> <p>Kulit pisang kering digiling selama 30 detik, tepung kulit pisang disimpan beku (-2°C)</p>	<p>Tepung kulit pisang yang dihasilkan menggunakan <i>shade drying</i> mengalami penurunan kadar air 12,65% hingga hari ke-7, laju pengeringan menurun pada hari ke-6 dan 7</p> <p>Tepung kulit pisang menggunakan pengeringan <i>shade drying</i> memiliki kadar air tertinggi yaitu 12.65%. dengan oven <i>microwave</i> 1000W yaitu 11.92%</p> <p>Tepung kulit pisang dengan pengeringan menggunakan oven <i>microwave</i> memiliki nilai <i>angle of repose</i> 31°</p> <p>Tepung kulit pisang menggunakan pengeringan <i>shade drying</i> memiliki</p>	<p>Anuar <i>et al.</i> (2018)</p> <p>Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i>, Q3</p>

nilai *Carr index* yaitu 33.05%, dengan oven *microwave* 1000W yaitu 36.87%

12.	Tepung pisang	kulit	-	Kulit dikeringkan (oven) 40°C, 48 jam, digiling, diayak 100 mesh	Tepung kulit pisang memiliki kandungan total serat pangan yang tinggi (lebih tinggi serat pangan tidak larut dibandingkan serat pangan larut), dengan pektin sebagai komponen utama, memiliki kandungan polifenol lebih rendah dibandingkan tannin, antioksidan tinggi Tepung kulit pisang memiliki kapasitas retensi air dan minyak yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan pangan fungsional, semakin tinggi suhu pengujian maka nilai retensi semakin meningkat	Agama <i>et al.</i> (2016)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q2
13.	Tepung pisang	kulit	-	Kulit pisang direndam dalam 0,5% asam sitrat, dipotong, direndam dalam 0,5% asam sitrat, dikeringkan (oven 60°C), digiling, diayak	Tepung kulit pisang berukuran >250 μm cocok untuk produk bakeri dan daging beku, berukuran 125-250 μm cocok untuk produk dengan proses pengolahan menghilangkan kandungan air seperti <i>baking</i> dan <i>frying</i>	Dom <i>et al.</i> (2021)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q3
14.	Tepung pisang	kulit	-	Pemotongan, perendaman selama 1 jam dalam larutan natrium tiosulfat 5%	Analisa fitokimia tepung kulit pisang terdiri dari aktivitas antioksidan sebesar 61,26%, kadar antosianin 15,62 mg/100g, karoten 136,61 ppm	Aryani <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, SINTA S2

			serta garam NaCl 15%	Analisa proksimat tepung kulit pisang yaitu kadar air 6,92%, kadar protein 5,31%, kadar abu 1,89%, kadar karbohidrat 73,98%, kadar lemak 2,82%, kadar serat 40,58%, dan rendemen 40,05%.		
			Pengeringan: Oven 60°C selama 6 jam			
			Penggilingan, diayak	Analisa organoleptik tepung kulit pisang pada donat sebesar 25% pada skala 1-5, penilaian rasa memperoleh yaitu 4,37, aroma 3,68, tekstur 3,54, dan warna 3.36		
15.	Tepung pisang	kulit	-	Perendaman dalam larutan asam sitrat (0.5, 0.7, dan 1.0%), rasio kulit pisang:asam sitrat adalah 1:2 Pemotongan, perendaman kembali dalam larutan asam sitrat selama 1 menit, rasio 1:3 Pengeringan: Tray dryer, 40, 60, dan 80°C (kadar air kurang dari 14%)	Hasil terbaik pada perlakuan <i>pre-treatment</i> larutan 1% asam sitrat dan pengeringan suhu 60 °C Bunyameen <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q3

		Penggilingan, pengayakan 250 μ m mesh				
16.	Makanan (<i>Balady Flat Bread</i>)	Kulit pisang dicuci, dipotong, direndam dalam 0,5% asam sitrat selama 20 menit, dikeringkan pada suhu ruang selama 6 hari, digiling, diayak 0,50 mm	Tepung kulit pisang (5% dan 10%) dicampur dengan bahan lain, difermentasi, dipanggang	Tepung kulit pisang mengandung 11,20% serat kasar, 6.39% kadar air, 8.74% protein, 4.54% lemak, 22.2% abu and 82.41% total karbohidrat <i>Balady flat bread</i> dengan penambahan 5% tepung kulit pisang mengandung 2,18% protein, 1,97% serat, sedangkan dengan penambahan 10% tepung kulit pisang mengandung 12,52% protein, 11,79% serat	Eshak (2016)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q1</i>
17.	Makanan (<i>cookies</i>)	Kulit pisang dipotong, direndam dalam 0,5% asam sitrat, dikeringkan (oven 50°C selama 16-20 jam), dihancurkan dengan blender, diayak 60 mesh	Tepung kulit pisang dicampur dengan bahan lain, dicetak, dipanggang	Substitusi tepung kulit pisang menghasilkan <i>cookies</i> dengan kandungan abu meningkat 93,25% dan 197,56% serat pangan Energi <i>cookies</i> antara 480-513 kkal Formula substitusi 10% tepung kulit pisang memberikan kualitas <i>cookies</i> terbaik	Alam <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q4</i>
18.	Makanan (sosis ayam)	Kulit pisang dicuci, dipotong,	Tepung kulit pisang dicampur dengan tepung kulit pisang	Tepung kulit pisang 2% memberikan hasil terbaik	Zaini <i>et al.</i> (2021)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q2</i>

		direndam larutam asam sitrat (mencegah <i>browning</i>), dikeringkan (<i>drying cabinet</i> , 40°C selama 48 jam), digiling, diayak 60 mesh				
19.	Makanan (Rissoles bebas gluten)	Kulit pisang dicuci, direndam dalam air yang diklorinasi 200 ppm, 10 menit, dipotong, dikeringkan (oven 60°C, 7 jam), digiling, diayak	Tepung kulit pisang dicampur dengan bahan lain (substitusi 5% dan 10%), pencetakan adonan, pemberian filling, pemberian tepung roti, penggorengan 180°C selama 5 menit	Penambahan 10% tepung kulit pisang menghasilkan rissoles dengan nilai kekerasan, kandungan serat kasar, L*/b*, aktivitas air, kelengketan, dan kekenyalan paling tinggi, kandungan karbohidrat, lipid, serta nilai , L* paling rendah	Gomes <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q2</i>
20.	Makanan (Kefir susu kambing)	Bagian dalam kulit pisang direndam larutan 100% perasan jeruk nipis, 0,5% asam sitrat (mengurangi reaksi pencoklatan enzimatis), 15	Susu kambing ditambahkan tepung kulit pisang 0%, 1%, dan 2%, dipanaskan 80 - 85 °C, 30 menit, didinginkan, ditambahkan kefir <i>grain</i> 3%, inokulasi <i>Lactobacillus acidophilus</i> FNCC 0051, 0%, 1%, dan	Perlakuan terbaik adalah ditambahkan <i>Lactobacillus acidophilus</i> FNCC 0051 3% dan tepung kulit pisang 1% Tepung kulit pisang mengandung kadar air sebesar 13,63%, kadar protein tepung kulit pisang 8,39%, kadar lemak 15,13%, serat kasar berdasarkan 9,08%, karbohidrat sebesar 56,61%	Martharini (2017)	Jurnal Penelitian, SINTA S2

	menit, dicuci, 3% (v/v), inkubasi dipotong, suhu ruang ($\pm 28,5$ dioven 60°C , $^\circ\text{C}$), 10 jam, disaring 12 jam, dihancurkan (blender), 2 menit, diayak 70 mesh				
21. Makanan (biskuit)	Kulit pisang dicuci, diberi perlakuan asam sitrat 0,2% dan sodium metabisulfit 0,2%, dioven 60°C , 12 jam, dihancurkan, diayak 40 mesh	Pembuatan biskuit : Mencampur semua bahan dengan tepung kulit pisang, adonan dibentuk, dipanggang 160°C , 10-12 menit Hidrolisis pati secara in vitro	Tepung kulit pisang mengandung 41,4% total pati dan 37,6% total serat pangan (lebih tinggi serat pangan tidak larut dibandingkan serat pangan larut) Substitusi tepung kulit pisang pada pembuatan biskuit dapat meningkatkan total serat pangan biskuit, menurunkan laju pencernaan dan memperlambat peningkatan pelepasan glukosa, menurunkan nilai GI biskuit, sehingga biskuit termasuk dalam kategori makanan dengan indeks glikemik sedang	Bakar <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q3</i>
22. Makanan (Cake)	Kulit pisang dibersihkan, dipotong, dibekukan (- 18°C , 48 jam, <i>freeze drier</i>), digiling, diayak	Tepung kulit pisang (5%, 10%, 15% dan 20%) dicampur dengan bahan lain, dipanggang	Formulasi terbaik <i>cake</i> dengan penambahan tepung kulit pisang 5% dan 10%	Türker <i>et al.</i> (2016)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q3</i>

23. Makanan (<i>fish patty</i>)	Pemotongan kulit pisang Perendaman dalam larutan asam sitrat 0,5% selama 10 menit	Pencampuran tepung kulit pisang (0, 2, 4, dan 6%) dengan bahan lain	Penambahan tepung kulit pisang meningkatkan kekerasan, hasil pemasakan, kapasitas menahan air (WHC), nilai a*, serta kandungan serat pangan (DF), menurunkan nilai L*	Zaini <i>et al.</i> (2019)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q2</i>
	Pengeringan: <i>Drying cabinet</i> , 60°C semalaman		Penambahan tepung kulit pisang sebesar 2% memiliki evaluasi sensorik keseluruhan tertinggi, sedangkan tepung kulit pisang konsentrasi 6% tidak dapat diterima		
	Penggilingan, pengayakan 60 mesh				

Dapat dilihat pada Tabel 6., produk hasil pemanfaatan limbah kulit pisang yang dapat diaplikasikan di bidang pangan terdiri dari tepung kulit pisang dan ekstrak pektin kulit pisang. Ekstrak pektin dari kulit pisang diperoleh melalui metode ekstraksi secara konvensional seperti INF (*infusion*), DEC (*decoction*), dan MAC (*maceration*) atau pemanasan langsung menggunakan alat pemanas seperti *hot plate stirrer* dan *shaker waterbath*, metode ekstraksi lain yang digunakan adalah *hot compressed water*, UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*), SWE (*Subcritical Water Extraction*), dan MAE (*Microwave-Assisted Extraction*). Pektin yang diperoleh dari kulit pisang diaplikasikan pada beberapa produk makanan dan minuman, diantaranya sebagai pengemulsi pada *salad cream*, pengental minuman, serta pembuatan *edible film*. Ekstraksi menggunakan macam-macam jenis pelarut yaitu air, asam sitrat, asam hidroklorat (HCl), maupun asam malat, dengan bahan penggumpal yang digunakan yaitu alkohol.

Ekstraksi pektin kulit pisang menggunakan pelarut asam menghasilkan DM (Derajat Metilasi) lebih tinggi dibandingkan pelarut air, tetapi nilai GalA (*galacturonic acid content*) dan berat molekul rata-rata viskositas (M_v) lebih rendah (Maneerat *et al.*, 2016), dimana berdasarkan penelitian Rungraeng & Supaluck (2020) pelarut asam sitrat pada pH 1,5 memberikan hasil yaitu DE (Derajat Esterifikasi) dan DM (Derajat Metilasi) tertinggi, sedangkan kandungan asam galakturonat dan kekerasan gel lebih tinggi apabila menggunakan pelarut asam hidroklorat pada pH 1,5. Ekstraksi menggunakan pelarut asam sitrat pada pH 2,0 menghasilkan *yield* pektin paling tinggi (Rungraeng & Supaluck, 2020). Metode ekstraksi UAE meningkatkan hasil ekstraksi hingga 170% dibandingkan melalui ekstraksi dengan pemanasan langsung dalam pelarut (Rivadeneira *et al.*, 2020), selain UAE terdapat metode MAE yang juga menghasilkan ekstrak pektin lebih banyak dibandingkan dengan metode konvensional (Megawati & Elfi, 2016). Ekstraksi dengan metode *Hot Compressed Water* menghasilkan *yield* pektin yang semakin menurun dengan viskositas pektin yang semakin meningkat dari suhu 140-160°C (Rasidek *et al.*, 2018). Beberapa metode ekstraksi diujikan dan dibandingkan hasil ekstrak senyawa bioaktifnya pada kulit pisang, dimana metode INF dan DEC menghasilkan ekstrak total fenolik dan aktivitas antioksidan (DPPH dan ABTS) tertinggi, namun sebaliknya ekstraksi MAE menghasilkan ekstrak total fenolik dan aktivitas antioksidan terendah. Ekstrak dopamin paling tinggi diperoleh melalui ekstraksi DEC, dan paling rendah oleh ekstraksi MAE, hasil yang diperoleh melalui ekstraksi INF dan UAE selama 30 menit tidak berbeda jauh (Šeremet *et al.*, 2020).

Ekstraksi pektin kulit pisang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti waktu dan suhu ekstraksi, serta rasio antara kulit pisang dengan pelarut (Tanaid, 2018). Ekstraksi pektin semakin optimal apabila suhu ekstraksi semakin tinggi atau semakin banyak tahapan ekstraksi yaitu optimal pada suhu ekstraksi 80°C dengan dua tahap (Nurhayati *et al.*, 2016).

Tepung kulit pisang dibuat dengan metode secara umum terdiri dari pencucian kulit pisang, pemotongan kulit pisang, pengeringan kulit pisang, penghancuran kulit pisang, dan pengayakan kulit pisang yang sudah dalam bentuk tepung. Pengeringan kulit pisang dilakukan dengan berbagai macam metode, diantaranya menggunakan alat pengering sederhana yaitu oven (*hot air drying*) atau melalui pemanasan sinar matahari (*sun drying*) maupun didiamkan dalam suhu ruang, metode lainnya yaitu *vacuum drying* yaitu menggunakan oven vakum, *microwave drying* menggunakan oven *microwave*, *dehumidified air drying* menggunakan *dehumidifier*, *shade drying* yang dilakukan di

tempat teduh dan *freeze drying* yaitu pelarutan dengan nitrogen dan dikeringkan menggunakan *freeze dryer*. Beberapa perlakuan diterapkan sebelum dilakukan pengeringan terhadap kulit pisang, yaitu perendaman kulit pisang pada berbagai jenis larutan seperti larutan asam sitrat, perasan jeruk nipis, dan larutan natrium tiosulfat. Tepung kulit pisang diaplikasikan pada berbagai pembuatan makanan seperti *fish patty*, *cake*, biskuit, kefir susu kambing, sosis ayam, rissoles bebas gluten, *cookies*, dan *balady flat bread* yang dibuat dengan mencampurkan tepung kulit pisang dengan bahan-bahan lainnya dan dilanjut dengan metode pengolahan lanjutan seperti pemanggangan, selain dijadikan makanan pembuatan tepung kulit pisang juga dapat diterapkan sebagai metode pendahuluan pada ekstraksi kulit pisang karena mempermudah jalannya ekstraksi.

Tepung kulit pisang memiliki karakteristik yaitu mengandung kadar air sebesar 6,39% (Eshak, 2016), 6,92% (Aryani *et al.*, 2020), 13,63% (Martharini, 2017), kadar protein 5,31% (Aryani *et al.*, 2020), 8,74% (Eshak, 2016), 8,39% (Martharini, 2017), kadar karbohidrat 73,98% (Aryani *et al.*, 2020), 82,41% (Eshak, 2016), 56,61% (Martharini, 2017), kadar lemak 2,82% (Aryani *et al.*, 2020), 4,54% (Eshak, 2016), 15,13% (Martharini, 2017), kadar abu 1,89% (Aryani *et al.*, 2020), 22,2% (Eshak, 2016), kadar serat 40,58% (Aryani *et al.*, 2020) sedangkan 37,6% (Bakar *et al.*, 2020) dimana lebih tinggi serat pangan tidak larut dibandingkan serat pangan larut, 11,20% merupakan serat kasar (Eshak, 2016), 9,08% (Martharini, 2017), 41,4% total pati (Bakar *et al.*, 2020), memiliki aktivitas antioksidan sebesar 61,26%, kadar antosianin 15,62 mg/100 g, dan karoten 136,61 ppm (Aryani *et al.*, 2020).

Tabel 10. Hasil Pemetaan Status Valorisasi Limbah Kulit Pisang Aplikasi Non Pangan

No.	Produk Valorisasi	Metode Penepungan	Teknologi Proses	Karakteristik Produk	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
1.	Biosorben (Cd ²⁺)	Kulit pisang dipotong – diblender – dikeringkan (oven, 60 °C selama 5 hari) -	Karbonisasi hidrotermal Adsorpsi: Hydrochar dicampurkan dengan larutan kadmium – dianalisis dengan AAS (<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>)	Kulit pisang terkarbonisasi dapat menghilangkan ion Cd ²⁺ sebesar 99% atau 5-100 mg/L	Yusuf <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q1
2.	Biosorben (Mn dan Cr)	Kulit pisang dicuci – dikeringkan menggunakan oven 60°C, 3 hari – diayak 30 mesh – dicuci – dikeringkan 105°C, 1 jam	Penambahan epiklorohidrin dengan konsentrasi 7%; 10% dan 15% - diiradiasi Cobalt 60 dengan dosis radiasi 5 kGy; 10 kGy; 30 kGy dan 35 kGy – pengeringan oven 60°C, 5 jam	Dosis radiasi optimum pada bubuk kulit pisang hasil modifikasi (BKP-Epi) dicapai pada dosis 10 kGy dengan konsentrasi Epi 10% Kemampuan BKP-Epi dalam menyerap ion logam Mn(II) meningkat 160% dibandingkan sebelum dimodifikasi	Meri (2018)	Jurnal Penelitian, SINTA S2
3.	Biosorben (Sr(II))	-	Adsorpsi: Tepung kulit pisang (300-600 μm) dicampurkan dengan larutan strontium	Adsorpsi maksimum pada perlakuan biosorben 41,5 mg/g, kecepatan pencampuran 120 rpm, pH 7, suhu 323 K, biosorben ukuran 439 μm, waktu kontak 10 menit	Mahindrakar <i>et al.</i> (2018)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q1

			(konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 mg/L) – dianalisis dengan kromatografi pertukaran ion		
4.	Biosorben (Cu ²⁺ , Pb ²⁺ , Cd ²⁺ dan Cr ⁶⁺)	Pembuatan <i>carbon foam</i> : Kulit pisang dikeringkan secara alami – diautoklaf secara hidrotermal 120°C selama 5 jam – dibekukan -50°C selama 12 jam – kalsinasi 800°C selama 5 jam - <i>banana peel derived carbon foam</i> (BPCF) digiling menjadi bubuk	Adsorpsi	Mekanisme utama adsorpsi oleh BPCF adalah terjadinya pertukaran ion (hilangnya ion Mg, Ca, dan K yang terkandung secara alami pada BPCF) Adsorpsi oleh BPCF maksimal pada pH 2,0-7,0, kesetimbangan adsorpsi dapat diperoleh dalam waktu 5-10 menit	Li, Yinchun <i>et al.</i> (2016) Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q1
5.	Biosorben (Cd dan Pb)	Kulit pisang dicuci – direndam asam sitrat 1%, 10 menit (mencegah pencoklatan) – dikeringkan	Timbal dan kadmium direndam dalam air/ NaCl 2%, tepung kulit pisang / NaCl 2% - dimasak dengan <i>hot plate</i> – ditambahkan sampel beras, asam nitrat	Kulit pisang yang dimodifikasi asam sitrat 0.5% selama 1 jam memberikan hasil terbaik untuk mengurangi kadmium dan timbal masing-masing sebesar 93.2% dan 83.78%	Motaghi & Parisa (2016) Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q4

			dioven 100°C, pekat, asam 24 jam – hidroklorat dihancurkan ditambahkan dengan blender			
6.	Biosorben (Chromium (VI))	Penepungan	Adsorpsi isoterm	Hasil terbaik yaitu pada perlakuan dengan waktu 120 menit, dosis adsorben 20 g/L, dan pH 4. Semakin lama waktu, tinggi dosis, rendah pH maka semakin tinggi tingkat adsorpsi Cr(VI) pada limbah air	Badessa <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q3
7.	Biosorben (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, and Zn)	-	Karbonisasi: Kulit pisang dioven 140°C, 4 jam – pirolisis 2 tahap; tahap 1 (700°C, 1 jam, laju pemanasan 3°C/menit) – ditambahkan NaOH (menghilangkan residu) – dipanaskan 800°C selama 1 jam – dicuci – dikeringkan Adsorpsi : <i>Atomic Absorption Spectrometry</i> (AAS); kontak antara larutan yang mengandung berbagai ion logam	Nilai efektivitas adsorpsi adalah 100% dalam menghilangkan ion logam Cr, Fe, Pb dan Zn, sedangkan 90% untuk ion logam lain.	Negroiu <i>et al.</i> (2021)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q2

			(Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, and Zn) dengan abu kulit pisang selama 1 jam			
8.	Biosorben (Rhodamin-B)	Kulit pisang dipotong – dikeringkan (sinar matahari, 4 hari) – digiling	Adsorpsi: Biosorben dicampur dengan larutan pewarna – dianalisis dengan spektrofotometer UV-VIS	Adsorpsi terbaik pada perlakuan, konsentrasi larutan rhodamin-B 25mg/L, biosorben 0.04-0.5 g, waktu kontak 60 menit, kapasitas adsorpsi hingga 81.07%	Singh <i>et al.</i> (2018)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q1
9.	Biosorben (metilen biru)	Kulit pisang dicuci – dikeringkan (80°C, 24 jam) – digiling 500 µm	Karbonisasi: Tepung kulit pisang diresapi dengan NaOH – dikeringkan (100°C, 24 jam) menghasilkan kulit pisang teraktivasi – dikarbonisasi dalam <i>muffle furnace</i> (pirolisis 400°C, 3 jam) – dicuci – dikeringkan (80°C) Adsorpsi: Biosorben dicelupkan pada larutan metilen biru (konsentrasi 10, 25, 50, 100, 250, dan 500 mg/L) – agitasi	Diameter pori rata-rata untuk kulit pisang dengan karbon teraktivasi adalah 0,103 m, dan dapat ditemukan yang mengandung mesopori (0,02–0,050 m) dan pori makro (0,050–0,130 nm) Karbon aktif kulit pisang memiliki luas permukaan berdasarkan hasil BET yaitu 432 m ² /g Adsorpsi terbaik pada perlakuan konsentrasi metilen biru 25 mg/L, biosorben 0.03 g, waktu kontak 60 menit, kapasitas adsorpsi hingga 99.8%	Maia <i>et al.</i> (2021)	Jurnal Peneitian, <i>Scopus</i> Q3

			(400 rpm, 1 jam) – diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-VIS			
10.	Biosorben (minyak)	Kulit pisang dicuci – dikeringkan (sinar matahari, 5 hari) – dikeringkan (oven, 70°C, 1 jam) – dipotong – digiling – diayak	Biosorpsi : Mencampur limbah minyak sintesis dengan biosorben dalam <i>shaker</i> – inkubasi 150 rpm – biosorben dihilangkan – menggunakan kain penyaring kopi	Waktu kontak 10,29 jam, dosis biosorben 4,94 gram, konsentrasi minyak 8,74% Persentase adsorpsi 99,18%	Thani <i>et al.</i> (2017)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q4
11.	Biosorben (metilen biru)	Kulit pisang dipotong – dihancurkan dengan blender (1000 rpm, 3 menit) Bubur kulit pisang difermentasi (<i>Solid state fermentation/SS F, Rhizopus microsporus AH3</i>)	Adsorpsi: Sampel disentrifugasi pada 5000 rpm selama 15 menit – absorbansi diukur dengan spektrofotometer UV-V	Kapasitas adsorpsi dengan <i>pre- treatment</i> mekanis yaitu 31%, <i>pre- treatment</i> mekanis dan biologis yaitu 57% Waktu fermentasi pada <i>pre-treatment</i> serta mengaktifkan enzim lignoselulotik yang terbaik adalah 9 hari Luas permukaan kulit pisang teraktivasi biologis berdasarkan nilai BET yaitu 84 cm ³ /g	Hashem <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q2

12. Biosorben (RB5 (<i>reactive black 5</i>) dan CR (<i>congo red</i>))	Kulit pisang ducuci – dipotong – digiling – diayak 150 µm – dikeringkan (<i>air oven</i> 105 °C, 2 jam)	Adsorpsi: Mencampur 30 mL larutan oRB5 dan CR (300 mg/L) dan 0.03 g biosorben dalam 50 mL <i>falcon tubes</i> – pengadukan 180 rpm, 25°C selama 24 jam – sentrifugasi – analisis dengan spektrofotometer UV-VIS	Tepung kulit pisang mengandung gugus karboksil, hidroksil, dan amina Adsorpsi maksimum pada pH 3 selama 180 menit Kapasitas adsorpsi RB5 dan CR masing-masing adalah 49,2 dan 164,6 mg/g	Munagapati <i>et al.</i> (2018)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q1
13. Biochar	Pirolisis: Kulit pisang dilewatkan pada pemanas dengan oksigen sangat rendah (kompiler gas, 400°C selama 2 jam)	Biochar kulit pisang ditambahkan pada tanah (1, 2, 3%) - pot disimpan dalam kondisi lapangan selama 7 hari - benih <i>Ipomoea aquatica</i> disemai - tanaman dipanen setelah 42 hari - diukur tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar, dan berat kering Benih <i>Cucurbita moschata</i> disemai dan 40 hari setelah benih disemai - defisiensi K diamati	Produktivitas dan biomassa tanaman paling tinggi pada konsentrasi biochar 3%	Islam <i>et al.</i> (2019)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q2

		pada kontrol	perlakuan			
14.	Biosorben (Cu, Hg, Zn)	Pemotongan kulit pisang	Adsorpsi: Pencampuran larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, dan HgCl_2 (50–200 mg/L) dengan biosorben (0.2–1.0 g/L) dalam <i>conical flasks</i> , pengadukan 150 rpm (10–360 menit), analisis dengan spektrofotometer UV-VIS	Biochar mengandung gugus fungsi karboksil dan hidroksil	Oladipo <i>et al.</i> (2019)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q2</i>
		Pengeringan: Oven konveksi, 90°C selama 24 jam		Luas permukaan biochar terkalsinasi magnetik berdasarkan BET yaitu 323.2 m ² /g, sedangkan biochar terkalsinasi tanpa magnetik adalah 95.89 m ² /g		
		Penggilingan, pengayakan 60 mesh		Adsorpsi maksimal pada pH 6		
		Karbonisasi: <i>Muffle furnace</i> , 500 °C selama 2 jam		Kapasitas adsorpsi oleh biochar tepung kulit pisang adalah 72,8; 75,9; dan 83.4 mg/g untuk ion logam Zn^{2+} , Cu^{2+} , dan Hg^{2+} berturut-turut		
		Perendaman tepung kulit pisang terkarbonisasi dalam larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, pengadukan 50 °C selama 30 menit, penambahan NaOH,				

pengadukan 60
menit

Pemisahan
biomassa
magnetik
dengan medan
magnet
eksternal,
pencucian
dengan air
suling dan
ethanol

Pengeringan
50°C selama 36
jam, kalsinasi
800°C selama 1
jam

15. Biosorben (Pb ²⁺ dan tetrasiklin)	Pemotongan kulit pisang, pencucian	Adsorpsi: Pencampuran larutan Pb ²⁺ dengan biosorben (BC350, BC550 dan BC750)	BC350 memiliki ukuran pori dari ~ 3,8 nm dan ~ 50 nm, gugus fungsi (- COOH, -OH, -NH ₂) dan struktur cincin aromatik di permukaan	Hu <i>et al.</i> (2021)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q1</i>
	Pengeringan: Oven 105°C semalaman	dan NaNO ₃ , pengadukan 70 rpm selama 48 jam,	BC750 memiliki luar permukaan 335.6 m ² /g		
	Penggilingan 100 mesh, perendaman dalam air,	analisis dengan spektrofotometer AAS	Kapasitas adsorpsi maksimum BC350 pada Pb ²⁺ 459 mg/g pada kondisi beban biochar = 10 mg/L , [Pb ²⁺] = 0 ~ 400 Mg/L dan pH = 7,0,		

pengeringan
semalaman

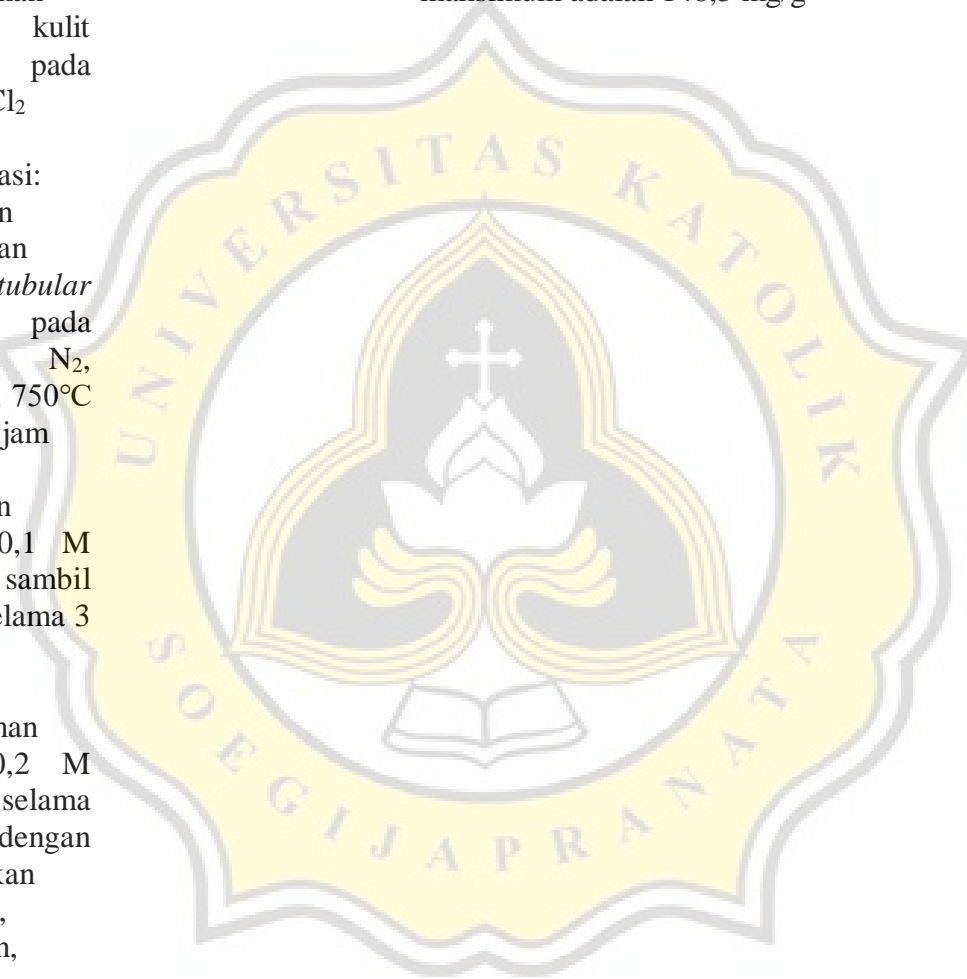
Sedangkan pada kondisi beban
biochar = 10 mg/L, [TC] = 0 ~ 200
mg/L dan pH = 3,0, kapasitas adsorpsi
maksimum adalah 148,3 mg/g

Penambahan
tepung kulit
pisang pada
LiCl-ZnCl₂

Karbonisasi:
Campuran
direaksikan
dalam *tubular*
furnace pada
atmosfer N₂,
350, 550, 750°C
selama 2 jam

Pencucian
dengan 0,1 M
HCl sambil
diaduk selama 3
jam

Perendaman
dalam 0,2 M
KMnO₄ selama
24 jam dengan
pengadukan
magnetik,
pencucian,
pembilasan
dengan aseton,



pengeringan 80
°C semalaman

16. Biosorben (Mn dan Fe)	<p>Pengeringan: Oven, 105°C selama 24 jam, pencucian dengan air deionisasi, pengeringan kembali dengan oven 105°C selama 12 jam</p> <p>Penggilingan, pengayakan</p> <p>Perendaman dalam larutan asam fosfat atau tanpa perendaman (murni), pengeringan 105°C selama 12 jam</p> <p>Karbonisasi: <i>Tubular furnace</i>, 600°C di bawah</p>	<p>Adsorpsi: Pencampuran larutan ion logam (konsentrasi 10 mg/L, pH 7,0) dengan biosorben (dosis 0,02-4 g/L), pengadukan 150 rpm, selama 48 jam, 25°C analisis dengan spektrofotometer UV-VIS</p>	<p>Biochar mengandung gugus fungsional hidroksil, karboksil, dan amina</p> <p>Biochar kulit pisang dengan <i>pre-treatment</i> asam fosfat memiliki rasio O/C, 0,45, luas permukaan 27,41 m²/g, dan volume pori 0,03 cm³/g.</p> <p>Biochar kulit pisang murni memiliki rasio O/C 0,01, luas permukaan 11,32 m²/g, dan volume pori 0,027 cm³/g</p>	Kim <i>et al.</i> (2020)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus Q1</i>
---------------------------	---	---	---	--------------------------	-------------------------------------

kondisi N_2
selama 2 jam

Pencucian
biochar dengan
air deionisasi,
pengeringan
 $105^\circ C$ selama
12 jam

17.	Biosorben (Pb)	<p>Perendaman kulit pisang segar atau kulit pisang kering (dikeringkan dengan oven vakum $105^\circ C$ selama 24 jam, digiling) dengan larutan H_3PO_4 selama 2 jam</p> <p>Karbonisasi Hidrotermal: Autoklaf <i>polytetrafluoroethylene</i> (PTFE), $230^\circ C$ selama 2 jam</p> <p>Pencucian dengan air distilasi,</p>	<p>Adsorpsi: Pencampuran larutan ion logam (konsentrasi 200 mg/L) dengan biosorben (dosis 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,1; 0,15; dan 0,2 g), pengadukan 150 rpm, selama 3 jam, analisis dengan spektrofotometer AAS</p>	<p>Adsorpsi maksimal pada pH 4, selama 30 menit</p> <p>Kapasitas adsorpsi logam Pb oleh kulit pisang kering adalah 359 mg/g, sedangkan kulit pisang segar adalah 193 mg/g</p>	Zhou <i>et al.</i> (2017)	Jurnal Penelitian, <i>Scopus</i> Q1
-----	----------------	--	---	---	---------------------------	-------------------------------------

pengeringan
dalam oven 80
°C semalaman

Dapat dilihat pada Tabel 7., produk hasil pemanfaatan limbah kulit pisang yang dapat diaplikasikan di bidang non pangan yaitu biosorben. Metode yang digunakan pada pengolahan kulit pisang menjadi biosorben sebagian besar diawali dengan transformasi kulit pisang ke dalam bentuk bubuk atau disebut dengan tepung kulit pisang, kemudian dilanjutkan dengan aktivasi kulit pisang menggunakan larutan seperti NaOH dan H₃PO₄ (asam fosfat), kemudian dilakukan pengujian adsorpsi melalui pencampuran tepung kulit pisang dengan larutan zat pencemar yang diujikan, pengadukan, sentrifugasi, dan analisis menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*), kromatografi pertukaran ion, atau spektrofotometer UV-VIS (*Ultra Violet-Visible*). Beberapa penelitian menerapkan metode pembakaran atau karbonisasi pirolisis maupun karbonisasi hidrotermal kulit pisang yang menghasilkan biochar, kemudian digunakan sebagai adsorben pada pengujian adsorpsi. Pirolisis dilakukan menggunakan *muffle furnace*, *tubular furnace*, atau autoklaf, selain karbonisasi terdapat metode kalsinasi yang dapat dilakukan secara magnetik atau non magnetik. *Pre-treatment* lain yang diberikan pada kulit pisang yaitu secara biologis melalui fermentasi kulit pisang dengan metode SSF (*solid state fermentation*) menggunakan mikroorganisme *Rhizopus microsporus* AH3. Didapatkan juga dari penelitian yang ada, modifikasi dan perlakuan pada kulit pisang untuk dijadikan adsorben yaitu dengan menambahkan larutan epiklorohidrin kemudian diiradiasi Cobalt 60, dan juga perendaman kulit pisang pada asam sitrat dalam proses menjadikan bubuk kulit pisang. Biosorben dari kulit pisang sudah diujikan untuk mengadsorpsi banyak cemaran ion logam seperti Cd, Mn, Cr, Sr, Pb, Co, Cu, Fe, Zn, Hg, Fe, selain itu agen antibakteri tetrasiklin, zat pewarna seperti rhodamin B, metilen biru, RB5 (*reactive black 5*) dan CR (*congo red*), maupun minyak pada lingkungan perairan. Adsorpsi oleh biosorben kulit pisang dipengaruhi oleh faktor-faktor diantaranya waktu adsorpsi, ukuran biosorben, kecepatan agitasi, konsentrasi zat pencemar, pH, dan juga suhu.

3.2.3.3. Peluang Valorisasi Limbah Kulit Pisang

3.2.3.3.1. Peluang Valorisasi Limbah Kulit Pisang pada Aplikasi Pangan

Dari pengolahan terkini limbah kulit pisang menjadi produk bernilai tinggi pada Tabel. 6, didapatkan peluang valorisasi limbah kulit pisang pada aplikasi pangan yaitu dapat menghasilkan ekstrak pektin dalam jumlah tinggi sekitar 22,4% (Megawati & Elfi, 2016), serta kemurnian yang tinggi (Nurhayati *et al.*, 2016). Ekstraksi dengan metode UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*) (Rivadeneira *et al.*, 2020) dan MAE (*Microwave Asisted Extraction*) dapat meningkatkan produksi pektin kulit pisang serta kualitas lebih tinggi dibandingkan metode konvensional, melalui metode pendahuluan berupa penepungan kulit pisang dapat mempercepat proses ekstraksi (Megawati & Elfi, 2016). Peningkatan produksi pektin dapat dilakukan dengan meningkatkan waktu ekstraksi (Maneerat *et al.*, 2016), suhu ekstraksi (Nurhayati *et al.*, 2016), jumlah tahapan ekstraksi (Nurhayati *et al.*, 2016). Peningkatan waktu dan rasio kulit pisang:pelarut akan meningkatkan *equivalent weight* serta DE (Derajat Esterifikasi yang menandakan pembentukan gel semakin baik (Tanaid, 2018). Ekstrak pektin kulit pisang memiliki karakteristik yaitu menghasilkan tetesan emulsi lebih kecil sehingga memiliki sifat pengemulsi yang stabil, meningkatkan kekentalan pangan yang dapat meningkatkan efek kekenyangan saat dikonsumsi (Rivadeneira *et al.*, 2020), *salad cream* dari ekstrak pektin kulit pisang memiliki pemisahan krim yang stabil, sensori (kelembutan, ketebalan) dapat diterima konsumen (Maneerat *et al.*, 2016), pektin dapat mengurangi tingkat kekerasan produk makanan (Rungraeng & Supaluck, 2020), memiliki komposisi fisikokimia hampir menyerupai pektin apel komersial, serta memiliki *shear thinning* yang kuat (Rasidek *et al.*, 2018).

Tepung kulit pisang mengandung total serat pangan dengan serat kasar lebih tinggi dibandingkan tepung terigu, kaya akan kalsium, potasium, sodium, besi, dan mangan (Toh *et al.* (2016), vitamin, dan mineral yang baik untuk menambah kandungan gizi makanan (Alam *et al.*, 2020), total pati yang tinggi (Bakar *et al.* (2020), pektin sebagai komponen utama (Agama *et al.*, (2016), total fenolik yang tinggi, mengandung antosianin serta beta karoten yang dapat berperan sebagai antioksidan (Aryani *et al.*, 2020), sebagai sumber FOS (*fructo-oligosaccharides*) (Martharini, 2017). Pengeringan dengan metode *microwave*

irradiation menghasilkan kulit pisang kering dengan sifat fisik yang baik, meminimalkan hilangnya senyawa bioaktif dan sifat antioksidan dengan menghasilkan kadar air dan aktivitas air rendah sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan mencegah oksidasi senyawa bioaktif, hemat waktu dan konsumsi energi (Vu *et al.*, 2016), tepung kulit pisang yang dihasilkan memiliki *bulk density* dan *tapped density* rendah serta kemampuan mengalir baik (Anuar *et al.*, 2018) dimana memudahkan mekanisme terfluidisasi untuk transportasi di industri pengolahan pangan, memiliki kekompakan yang rendah, kapasitas menahan air tinggi (Dom *et al.*, 2021), memiliki kapasitas retensi air dan minyak yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan pangan fungsional (Agama *et al.*, (2016). Makanan yang terbuat dengan substitusi tepung kulit pisang memiliki kandungan serat, abu, protein, antioksidan yang dapat memperlambat oksidasi lipid, dan daya ikat air tinggi dapat mengurangi kehilangan saat proses memasak.

3.2.3.3.2. Peluang Valorisasi Limbah Kulit Pisang pada Aplikasi Non Pangan

Dari pengolahan terkini limbah kulit pisang menjadi produk bernilai tinggi pada Tabel 7., didapatkan peluang valorisasi limbah kulit pisang pada aplikasi non pangan yaitu kulit pisang tersusun dari polisakarida berupa serat (lignin, selulosa, hemiselulosa) (Hashem *et al.*, 2020) yang mengandung gugus hidroksil, gugus amino, karbonil, dan karboksil (Mahindrakar *et al.*, 2018) yang mampu membentuk kompleks kelat yang stabil dengan ion logam berat maupun zat pewarna (Meri, 2018), selain itu memiliki afinitas untuk kompleksasi logam (Motaghi & Parisa, 2016), kulit pisang memiliki permukaan tidak beraturan dan berpori yang baik untuk adsorpsi (Munagapati *et al.*, 2018).

Pre-treatment secara mekanis dan biologis melalui fermentasi kulit pisang dengan *Rhizopus microsporus* bersifat ramah lingkungan sehingga aman serta murah, dapat menghasilkan enzim lignoselulosa, meningkatkan luas permukaan setelah fermentasi sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi dari limbah kulit pisang (Hashem *et al.*, 2020). Modifikasi berupa penambahan epiklorohidrin pada kulit pisang dapat meningkatkan ketahanan asam pada adsorben kulit pisang sehingga meminimalkan terjadinya kerusakan (Meri, 2018), penambahan matriks alginat (ALG) pada abu kulit pisang lebih efisien dalam mengadsorpsi ion logam pada air limbah (Negroiu *et al.*, 2021).

Mengubah kulit pisang ke dalam bentuk karbon aktif nya terlebih dahulu atau yang disebut biochar melalui pirolisis dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi (Maia *et al.*, 2021), dimana adsorpsi ion logam lebih tinggi dalam bentuk bubuk kulit pisang terkarbonisasi yaitu mencapai 99% (Yusuf *et al.*, 2020). Karbonisasi melalui metode HTC (*hydrothermal carbonisation*) dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi, luas permukaan kulit pisang meningkat dari $1,10 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ menjadi $1,601 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ setelah karbonisasi hidrotermal pada 200°C , dan mencapai $9,194 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ pada suhu 300°C , menghasilkan cairan kaya akan karbon yang dapat digunakan sebagai sistem bioelektrokimia yang mengurangi COD dan menghasilkan listrik untuk menyalakan perlengkapan listrik kecil (Yusuf *et al.*, 2020). Metode kalsinasi secara magnetik meningkatkan luas permukaan biochar yang mengandung gugus fungsi asam ($-\text{OH}$ dan COO^-) serta struktur lebih berpori dibandingkan biochar non-magnetik (Oladipo *et al.*, 2019).

Biochar dengan perlakuan asam fosfat memiliki gugus fungsional alkohol lebih tinggi dikarenakan penambahan asam fosfat membentuk gugus fungsional yang mengandung oksigen, memiliki rasio H/C, O/C, dan N/C, luas permukaan dan total volume pori lebih tinggi dibandingkan biochar murni (Kim *et al.*, 2020). Biochar dari kulit pisang yang dikeringkan memiliki rasio O/C lebih serta gugus fungsi hidroksil dan karboksil lebih tinggi dibandingkan dari kulit pisang segar (Zhou *et al.*, 2017). Penggunaan agen pengaktivasi NaOH meningkatkan ukuran pori-pori permukaan kulit pisang (Maia *et al.*, 2021). Metode aktivasi kulit pisang menggunakan gelombang mikro, dapat menghilangkan asam sitrat serta memiliki stabilitas termal lebih baik, sifat amorf pada karbon aktif kulit pisang berkontribusi pada adsorpsi zat pewarna metilen biru, memiliki permukaan yang berpori dan heterogen (ukuran berbeda-beda dan bentuk tidak beraturan) (Maia *et al.*, 2021).

Memperbesar ukuran partikel tepung kulit pisang, meningkatkan kecepatan pengadukan, menaikkan nilai pH (Mahindrakar *et al.*, 2018), meningkatkan waktu kontak, dosis biosorben (Badessa *et al.*, 2020), penurunan suhu (Singh *et al.*, 2018) dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi oleh kulit pisang. Kapasitas adsorpsi meningkat apabila waktu adsorpsi meningkat hingga 30 menit, dan menjadi konstan setelah 30 menit (Yusuf *et al.*, 2020), meningkat dari 10-70 menit (Singh *et al.*, 2018), meningkat cepat pada 60 menit pertama, dan sedikit

meningkat hingga menit ke 180 (Munagapati *et al.*, 2018). Tingkat keasaman meningkatkan kapasitas adsorpsi apabila pH meningkat dari 5-8 namun konstan di atas pH 6 (Yusuf *et al.*, 2020), meningkat dari pH 2-4 namun konstan di atas 4 (Singh *et al.*, 2018) dan (Zhou *et al.*, 2017), meningkat dari pH 2-6 (Oladipo *et al.*, 2019), meningkat dari pH 3-7 untuk adsorpsi ion logam Pb^{2+} sedangkan adsorpsi tetrasiklin maksimum pada pH 3 (Hu *et al.*, 2021). Peningkatan kapasitas adsorpsi juga dapat disebabkan oleh peningkatan dosis adsorben dari 0.125 g hingga 0.75 g (Yusuf *et al.*, 2020), dari 0,04-0,5 gram (Singh *et al.*, 2018), serta peningkatan dosis hingga 0,2 g (Oladipo *et al.*, 2019). Peningkatan suhu meningkatkan adsorpsi ion logam Mn dan Fe yaitu dari 15-45°C (Kim *et al.*, 2020). Luas permukaan semakin meningkat seiring peningkatan suhu karbonisasi dari 350°C, 550°C, dan 750°C, dimana ukuran pori-pori terbesar dan gugus fungsi paling banyak dijumpai pada biochar hasil karbonisasi pada suhu 350°C (Hu *et al.*, 2021).

3.2.3.4. Tantangan Valorisasi Limbah Kulit Pisang

3.2.3.4.1. Tantangan Valorisasi Limbah Kulit Pisang pada Aplikasi Pangan

Dari pengolahan terkini limbah kulit pisang menjadi produk bernilai tinggi pada Tabel. 6, didapatkan tantangan valorisasi limbah kulit pisang pada aplikasi pangan yaitu ekstraksi pektin dengan metode *Subcritical Water Extraction* (SWE) memiliki efisiensi ekstrak tingkat sedang (Šeremet *et al.*, 2020), *Microwave Extracted Pectin* (MEP) menghasilkan pektin dalam jumlah sedikit (Rivadeneira *et al.*, 2020). Peningkatan waktu ekstraksi dapat menurunkan nilai M_v dan viskositas larutan (Maneerat *et al.*, 2016), peningkatan suhu, waktu ekstraksi, dan rasio kulit pisang:pelarut akan meningkatkan kandungan air sehingga umur simpan pektin menurun, selain itu peningkatan suhu juga dapat menurunkan derajat esterifikasi (DE) (Tanaid, 2018). Penambahan pektin kulit pisang pada produk makanan dapat mengurangi tingkat kecerahan produk makanan sehingga memengaruhi penerimaan konsumen (Rungraeng & Supaluck, 2020).

Tepung kulit pisang memiliki karakteristik berupa diameter lebih kecil, kapasitas menahan air yang tinggi sehingga dapat menurunkan kekuatan tarik suatu produk pangan seperti mie (Dom *et al.*, 2021), memiliki warna coklat dan rasa gentir (Aryani *et al.*, 2020), kurang baik

dalam menahan panas dan *shear stress* selama pemasakan, rendah untuk membentuk retrogradasi yang menyebabkan berkurangnya sineresis produk (Bunyameen *et al.*, 2020). Pengeringan kulit pisang di ruang terbuka pada pembuatan tepung kulit pisang menghasilkan tepung dengan derajat keputihan yang rendah atau coklat, sedangkan dengan *microwave irradiation* dapat menyebabkan bahan hangus, degradasi senyawa bioaktif, dan distribusi panas yang tidak merata, produk berwarna coklat (Vu *et al.* (2016), dengan *shade drying* memerlukan waktu pengeringan yang lama dengan karakteristik tepung memiliki *bulk density*, *tapped density*, dan kadar air tinggi, kemampuan mengalir kurang baik (Anuar *et al.*, 2018). Produk pangan yang dibuat dengan substitusi tepung kulit pisang memiliki warna lebih gelap dan tekstur lebih keras.

3.2.3.4.2. Tantangan Valorisasi Limbah Kulit Pisang pada Aplikasi Non Pangan

Dari pengolahan terkini limbah kulit pisang menjadi produk bernilai tinggi pada Tabel. 7, didapatkan tantangan valorisasi limbah kulit pisang pada aplikasi non pangan yaitu biosorben kulit pisang yang dimodifikasi oleh penambahan epiklorohidrin (BKP-Epi) dapat menyebabkan penurunan adsorpsi logam, sedangkan diperlukan penambahan matriks biopolimer pada produksi biosorben kulit pisang melalui pengabuan (Negroiu *et al.*, 2021). Metode karbonisasi hidrotermal dalam mengubah kulit pisang ke dalam bentuk karbon aktif justru dapat merusak pori-pori permukaan biosorben sehingga dapat menghambat terjadinya adsorpsi (Zhou *et al.*, 2017). Abu kulit pisang yang dihasilkan dari karbonisasi memiliki ukuran partikel yang sangat kecil sehingga sulit untuk *recover* dan digunakan kembali (Negroiu *et al.*, 2021). *Pre-treatment* kulit pisang secara biologis melalui fermentasi, apabila waktu fermentasi melebihi 9 hari menunjukkan persentase adsorpsi yang semakin menurun (Hashem *et al.*, 2020). Gugus fungsi karboksil dan hidroksil pada biochar kulit pisang terkalsinasi secara magnetik lebih lemah dibandingkan tanpa magnetik (Oladipo *et al.*, 2019). Semakin tinggi konsentrasi zat pencemar dapat menurunkan efisiensi adsorpsi (Thani *et al.*, 2017). Semakin tinggi suhu yaitu dari 30-60°C menurunkan adsorpsi zat pewarna berkaitan dengan adsorpsi bersifat eksotermis (Singh *et al.*, 2018). Efisiensi adsorpsi metilen biru semakin menurun apabila konsentrasi metilen biru semakin meningkat dari 10-500 mg/L

(Maia *et al.*, 2021) maupun konsentrasi ion logam terlalu tinggi (Oladipo *et al.*, 2019). Adsorpsi zat pewarna RB5 dan CR menurun seiring peningkatan pH dari 3-10 (Munagapati *et al.*, 2018), dan menurun apabila pH lebih dari 6 (Oladipo *et al.*, 2019), sedangkan adsorpsi pada tetrasiklin menurun seiring naiknya pH (Hu *et al.*, 2021). Peningkatan dosis biochar terkalsinasi magnetik dari 0,05-1 gram dapat menurunkan persentase adsorpsi (Oladipo *et al.*, 2019).



3.3.Sintesis Hasil

Hasil dari pemetaan pustaka terkait status valorisasi limbah kulit buah pisang dirangkum dalam Tabel 11.

Tabel 11. Sintesis Hasil Pemetaan Status Valorisasi Limbah Kulit Buah Pisang

Jenis Aplikasi	Produk Valorisasi	Metode Valorisasi		Pelarut	Parameter
		Terkini	Peluang Perbaikan		
Pangan	Tepung Kulit Pisang	<i>Hot air drying</i>	<i>Vacuum drying</i>	Larutan asam sitrat	-
		<i>Sun drying</i>	<i>Microwave drying</i>	Larutan natrium tiosulfat	-
		-	<i>Freeze drying</i>	-	-
Ekstrak Pektin	Ekstraksi INF (<i>infusion</i>)	Ekstraksi UAE (<i>Ultrasound-Assisted Extraction</i>)	Air	Waktu ekstraksi	
		Ekstraksi MAE (<i>Microwave-Assisted Extraction</i>)	Larutan HCl (asam hidroklorat)	Suhu ekstraksi	
		-	Larutan asam sitrat	Rasio antara kulit pisang dengan pelarut	
		Ekstraksi dengan pemanasan langsung	-	Jumlah tahapan ekstraksi	
		Ekstraksi <i>hot compressed water</i>	-	-	
Non Pangan	Biosorben	Aktivasi kulit pisang	Karbonisasi pirolisis	Larutan NaOH	Waktu adsorpsi
		-	Karbonisasi hidrotermal	Larutan H ₃ PO ₄ (asam fosfat)	Ukuran biosorben

-	-	-	Kecepatan agitasi
-	-	-	Konsentrasi zat pencemar
-	-	-	Tingkat keasaman (pH)
-	-	-	Suhu adsorpsi

Pada Tabel 11., dapat dilihat bahwa produk valorisasi untuk aplikasi pangan terbagi menjadi tepung kulit pisang dan ekstrak pektin, sedangkan untuk aplikasi non pangan yaitu biosorben. Dapat dilihat juga metode untuk masing-masing produk yang hingga kini banyak digunakan pada penelitian-penelitian yang ada dan juga metode yang dapat dikembangkan sebagai peluang valorisasi produk. Ketiga produk memiliki jenis pelarut yang digunakan dalam perlakuan masing-masing metode, dimana pelarut sebagai *pre-treatment* melalui perendaman kulit buah pisang pada produksi tepung kulit pisang, sebagai pelarut ekstraksi pektin kulit buah pisang, serta pelarut aktivasi kulit buah pisang untuk menghasilkan biosorben. Masing-masing metode untuk setiap jenis produk valorisasi memiliki parameter perlakuan yang perlu diperhatikan selama proses pengolahan menjadi produk valorisasi.