

3. HASIL

3.1. Perumusan Topik dan Penetapan Tujuan Review

3.1.1. Perumusan Topik

Proses perumusan topik dilakukan melalui serangkaian tahapan yang meliputi pengumpulan literatur awal, penyaringan literatur awal, analisis kesenjangan, penyusunan desain konseptual, dan hasil perumusan topik.

3.1.1.1. Pengumpulan Literatur Awal

Pengumpulan literatur awal diperlukan sebagai dasar informasi untuk memperkuat rumusan topik mengenai kehilangan dan limbah, khususnya pada produk buah jeruk. Dari berbagai situs web dan kata kunci diperoleh berbagai macam literatur yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Literatur yang Terkumpul pada Pencarian Awal

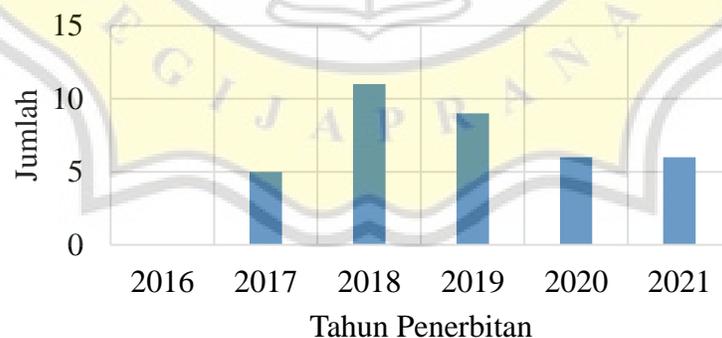
Situs Web	Kata Kunci Pencarian	Jumlah
Science direct	<i>Citrus loss</i>	30.070
	<i>Citrus waste</i>	11.281
	<i>Loss, waste, citrus, supply chain</i>	2.266
	<i>Citrus, food waste, food loss, supply chain</i>	2.114
	<i>Loss, citrus, supply chain</i>	5.245
	<i>Citrus post harvest loss</i>	4.289
	<i>Valorization citrus</i>	315
Google scholar	<i>Citrus loss, citrus waste (2017-2021)</i>	17.100
	<i>Limbah jeruk (2017-2021)</i>	3.820
	<i>Post harvest loss, citrus (2017-2021)</i>	17.100
	<i>Citrus waste, loss, supply chain</i>	26.500
	<i>“citrus waste”, supply chain</i>	2.180
	<i>Rantai pasok, limbah jeruk (2017-2021)</i>	219
Research gate	<i>“citrus loss”, supply chain</i>	6
	<i>Citrus loss</i>	756
	<i>Citrus waste</i>	498
SINTA	<i>Food loss, citrus</i>	371
	<i>Jeruk (jurnal penelitian pasca panen pertanian)</i>	7
Biomed	<i>Citrus (jurnal ilmu pertanian indonesia)</i>	4
	<i>Citrus waste, citrus loss</i>	10.000
Pubmed	<i>Citrus, waste, loss, supply chain</i>	10.000
	<i>Citrus waste, citrus loss</i>	13

	"citrus waste"	55
	Citrus waste OR citrus loss	13
	Citrus waste, citrus loss	52
Mendeley	"citrus waste"	299
	"citrus loss"	4
	Citrus waste OR citrus loss	81
	Citrus waste AND citrus loss	81
Garuda	Limbah jeruk	29

Dapat dilihat pada Tabel 1. jumlah literatur terbanyak didapatkan dari *Science direct*, sedangkan yang paling sedikit didapatkan pada pencarian dengan menggunakan situs web SINTA.

Setelah dilakukan pengumpulan, didapatkan 37 literatur melalui berbagai situs web tersebut. Hasil penyaringan yang relatif sedikit ini dikarenakan tidak semua literatur yang ditemukan sesuai dengan berbagai kriteria inklusi dan eksklusi yang sudah ditetapkan sebelumnya, selain itu tidak semua garis besar dari literatur yang ditemukan spesifik dengan informasi seputar topik yang dihendaki. Dari 37 artikel tersebut, 36 literatur berbahasa Inggris dan 1 literatur berbahasa Indonesia.

Sebaran literatur berdasarkan tahun penerbitan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tahun Penerbitan Literatur Awal

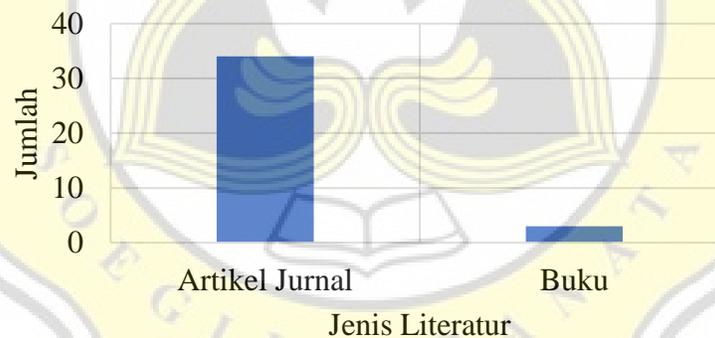
Gambar 5. menunjukkan berbagai literatur awal yang terkumpul terdiri atas literatur dengan rentang tahun penerbitan 2017 hingga 2021. Pada tahun 2016 tidak ditemukan adanya

literatur. Puncak tahun penerbitan literatur awal terjadi di tahun 2018 kemudian ada kecenderungan penurunan *trend* di tahun 2019-2021. Literatur dengan tahun penerbitan 2018 memiliki jumlah terbanyak dengan jumlah 11 literatur, sebaliknya literatur dengan tahun penerbitan 2017 memiliki jumlah terkecil sebanyak 5 literatur. Melalui kriteria bahasa dan tahun penerbitan diketahui bahwa berbagai literatur yang terkumpul sudah sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi.

3.1.1.2. Penyaringan Literatur Awal

Sebanyak 37 literatur yang berhasil dikumpulkan selanjutnya disaring, dipilih, dikelompokkan, dan ditelaah. Proses penyaringan dan pemilihan literatur dilakukan dengan melakukan pembacaan, khususnya pada bagian pendahuluan dan abstrak. Kemudian ke-37 literatur tersebut dikelompokkan berdasarkan jenis literatur, jenis jurnal, dan ranking jurnal.

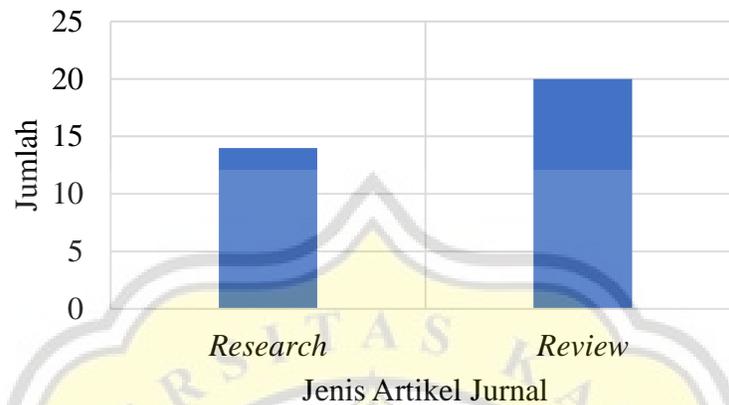
Pengelompokan berdasarkan jenis literatur diperlihatkan melalui Gambar 6.



Gambar 6. Jenis Literatur Awal

Gambar 6. memperlihatkan sebanyak 37 literatur terbagi atas 2 jenis, yaitu artikel jurnal sejumlah 34 buah dan buku sejumlah 3 buah.

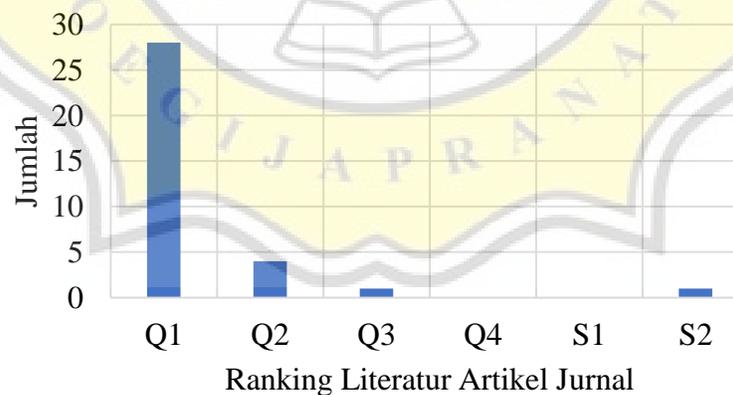
Gambar 7. menunjukkan pengelompokan literatur berdasarkan jenis artikel jurnal yang terkumpul.



Gambar 7. Jenis Artikel Jurnal Literatur Awal

Melalui Gambar 7. diperoleh bahwa dari 34 artikel jurnal literatur awal yang terkumpul terbagi atas 2 jenis artikel jurnal dengan 14 artikel jurnal *research* dan 20 artikel jurnal *review*.

Sebaran literatur berdasarkan ranking jurnal, Scopus dan SINTA, disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Ranking Literatur Artikel Jurnal Awal

Pada Gambar 8. diketahui ranking literatur awal dalam bentuk artikel jurnal didominasi oleh artikel jurnal berbahasa Inggris dengan ranking Scopus Q1 (28 artikel jurnal), yang kemudian

diikuti Scopus Q2 (4 artikel jurnal), dan Scopus Q3 (1 artikel jurnal). Sedangkan pada jurnal berbahasa Indonesia, ranking jurnal hanya terdiri SINTA S2 sebanyak 1 artikel jurnal.

Setelah semua literatur disaring, dipilih, dan dikelompokkan, selanjutnya dilakukan proses telaah isi. Melalui proses ini diketahui terdapat 3 artikel jurnal *research* dan 6 artikel jurnal *review* tidak lolos dalam penyaringan, hal ini disebabkan kurangnya informasi yang mendukung pemilihan topik berkaitan dengan kehilangan dan limbah pada produk buah jeruk sehingga hanya tersisa 11 artikel jurnal *research*, 3 buku, dan 14 artikel jurnal *review* yang dianggap sesuai. Sebanyak 14 artikel jurnal *review* selanjutnya digunakan dalam tahap penentuan kesenjangan.

3.1.1.3. Analisis Kesenjangan

Berdasarkan literatur-literatur yang sudah terkumpul, permasalahan berkaitan dengan kehilangan dan limbah khususnya pada buah jeruk tidak tergolong sebagai permasalahan yang baru, hal ini didasarkan pada 14 literatur artikel jurnal berbentuk *review* yang sudah terkumpul. Daftar berbagai artikel jurnal *review* yang sudah terkumpul dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Artikel Jurnal *Review* Sebagai Acuan Penentuan Analisis Kesenjangan

No	Penulis dan Identitas Jurnal	Judul	Fokus <i>Review</i>	Temuan	Jenis dan Peringkat Publikasi
1	Al-Dalali, S. (2019) - <i>Annals of Agricultural & Crop Sciences</i> , 4(1), 1-6	<i>Prolonged the Shelf Life of Different Foods using the Citrus By-Products as Antimicrobials: A Review Article.</i>	Solusi alternatif penambahan senyawa antimikroba yang terdapat pada limbah jeruk untuk memperpanjang umur simpan produk pangan.	Ekstrak limbah jeruk (kulit, biji, ampas, dan minyak esensial) mampu memperpanjang umur simpan produk pangan melalui penambahan langsung, dalam bentuk uap, pelapis, maupun	<i>Review</i> , Scopus Q1

			sebagai salah satu bahan dalam pembuatan <i>biofilm</i> dan kemasan antimikroba		
2	Bora, H., Kamle, M., Mahato, D. K., Tiwari, P., & Kumar, P. (2020) - <i>Plants</i> , 9(3), 1-25	<i>Citrus essential oils (CEOs) and their applications in food: An overview</i>	Penggunaan berbagai metode ekstraksi, purifikasi, dan deteksi minyak esensial dari bermacam-macam jenis jeruk, komposisinya, dan peluang penggunaannya dibidang pengawet, pengemas, dan keamanan pangan.	Melalui metode ekstraksi, putrifikasi, dan deteksi dari buah jeruk, khususnya bagian kulit dapat dihasilkan minyak esensial yang tersusun atas grup fungsional. Minyak esensial tersebut dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal berkaitan dengan keamanan pangan (insektisida, antifungal, dan antibakteri), pengawet, hingga pengemas.	<i>Review</i> , Scopus Q1
3	Chavan, P., Singh, A. K., & Kaur, G. (2018) - <i>Journal of Food Process Engineering</i> , 41(8)	<i>Recent progress in the utilization of industrial waste and by-products of citrus fruits: A review</i>	Berbagai limbah buah jeruk dan pemanfaatannya sehingga menjadi produk dengan nilai guna dengan fungsi untuk menjaga stabilitas lingkungan serta	Pemanfaatan limbah jeruk, umumnya kulit jeruk, menjadi suatu produk seperti pakan hewan, ekstraksi minyak esensial, pektin, <i>biofuel</i> , <i>food grade kraft paper</i> , agen enkapsulasi, film pengemas dari	<i>Review</i> , Scopus Q2

		perkembang sosial-ekonomi yang berkelanjutan.	kulit jeruk, adsorben, pengemas yang bisa dibiodegradasi, karbon aktif, serta suplemen protein untuk ternak dan <i>biodiesel</i> yang terbuat dari biji jeruk.	
4	Dosoky, N. S., & Setzer, W. N. (2018) - <i>Biological activities and safety of citrus spp. Essential oils</i> International Journal of Molecular Sciences, 19(7), 1–25	Pentingnya aktivitas biologi dan pertimbangan keamanan dari berbagai jenis buah jeruk.	Minyak esensial yang didapatkan dari berbagai jenis varietas jeruk memiliki aktivitas biologi yang dapat berbeda tergantung dari varietas jeruk tersebut. Dari sisi keamanan, minyak esensial limbah buah jeruk bersifat non toksik, non mutagenik, non karsinogenik, dan sudah memiliki status GRAS. Hanya saja pada beberapa orang dapat menyebabkan reaksi pada kulit seperti alergi.	<i>Review</i> , Scopus Q1
5	Nieto, G., Fernández-lópez, J., Pérez-álvarez, J. A., <i>Valorization of citrus co-products: Recovery of bioactive</i>	Pemafaatan produk samping buah jeruk sebagai sumber senyawa	Produk samping jeruk mengandung berbagai senyawa	<i>Review</i> , Scopus Q1

	Peñalver, R., Ros, G., & Viuda-martos, M. (2021) - <i>Plants</i> , 10(6), 1–22.	bioaktif dan aplikasinya dalam mengembangkan produk daging yang sehat.	bioaktif, aktivitas antioksidan, dan antimikroba yang dapat ditambahkan pada daging dan produknya olahannya untuk memperpanjang umur simpan dan mengurangi kadar nitrit.
6	Mahato, N., Sharma, K., Sinha, M., & Cho, M. H. (2018) - <i>Journal of Functional Foods</i> , 40(December 2017), 307–316	Perkembangan terbaru <i>nutraceuticals</i> yang berasal dari turunan limbah jeruk dan peranannya sebagai sumber aktivitas biologi dan fisiologis.	Berbagai limbah jeruk (biji, kulit, ampas) melalui proses ekstraksi, <i>recovery</i> , dan purifikasi didapatkan berbagai senyawa bioaktif yang memiliki manfaat kesehatan dan dapat digunakan kembali pada produk pangan dan pakan hewan.
7	Mahato, N., Sinha, M., Sharma, K., Koteswararao, R., & Cho, M. H. (2019) - <i>Foods</i> (Vol. 8)	Berbagai metode ekstraksi baik konvensional dan modern, serta separasi dan isolasi dari berbagai komponen bioaktif dari hasil ekstraksi tersebut.	Berbagai komponen senyawa bioaktif dari limbah jeruk (kulit, biji, ampas, dan residu segmen) yang didapatkan melalui berbagai macam teknik ekstraksi dan purifikasi modern yang kemudian bisa

			dimanfaatkan pada produk pangan, nutrisi, kesehatan, dan ekonomi.
8	Mahawar, M. K., Jalgaonkar, K., Bibwe, B., Bhushan, B., Meena, V. S., & Sonkar, R. K. (2020) - <i>Journal of Food Science and Technology</i> , 57(3), 799–815	<i>Post-harvest processing and valorization of Kinnow mandarin (Citrus reticulate L.): A review</i>	Berbagai upaya yang dilakukan untuk mengurangi limbah hasil pemrosesan dan perkembangan lanjutan dalam pemanfaatan kinnow sehingga menghasilkan produk dengan nilai guna. Kehilangan dan limbah pada jeruk kinnow tidak hanya terjadi selama pemrosesan buah, namun juga selama masa penanganan pasca panen. Untuk mengurangi dan menjaga kualitas jeruk yang ada maka dilakukan proses pengepakan. Semua bagian dari jeruk ini dapat dimanfaatkan, namun bagian segmen merupakan bagian yang sering digunakan. Sedangkan kulit, <i>pomace</i> , dan biji cenderung terbuang dan diolah kembali menjadi produk samping, seperti pektin, bubuk dan permen kulit, minyak esensial, minyak biji, dan pakan hewan.

9	Panwar, D., Panesar, P. S., & Chopra, H. K. (2021) - <i>Recent Trends on the Valorization Strategies for the Management of Citrus By-products</i> Food Reviews International, 37(1), 91–120	Potensi produk samping buah jeruk melalui berbagai strategi pengolahan dan daur ulang yang efektif.	Pemanfaatan limbah jeruk dapat dilakukan secara langsung atau diproses menjadi berbagai produk <i>biorefinery</i> . Melalui bermacam metode ekstraksi didapatkan banyak komponen bioaktif yang terdapat pada limbah (pektin, serat pangan, polifenol, karotenoid, limonoid, dan minyak esensial). Komponen-komponen bioaktif tersebut selanjutnya dapat ditransformasi menjadi beraneka ragam produk bernilai guna (enzim, biopolimer, <i>biofuel</i> , bioetanol, <i>biodiesel</i> , biogas, dan <i>pectic oligosaccharide</i>)	<i>Review</i> , Scopus Q1
10	Putnik, P., Bursac Kovačević, D., Režek Jambrak, A., Barba, F. J., <i>Innovative “green” and novel strategies for the extraction of bioactive added</i>	Status terkini metode pemanfaatan limbah jeruk yang dianggap	Di dalam limbah jeruk terkandung banyak komponen, diantaranya pektin,	<i>Review</i> , Scopus Q1

	Cravotto, G., Binello, A., Lorenzo, J. M., & Shpigelman, A. (2017) - A review. <i>Molecules</i> , 22(5).	value compounds from citruswastes	ramah lingkungan.	antioksidan dan senyawa bioaktif, serta minyak esensial. Berbagai komponen ini didapatkan melalui berbagai metode ekstraksi terbaru dan ramah lingkungan, seperti <i>ultrasound assisted extraction</i> , <i>microwave assisted extraction</i> , <i>pressured fluid extraction</i> , <i>high pressure assisted extraction</i> , <i>supercritical fluid extraction</i> , dan <i>enzyme assisted extraction</i> .
11	RedCorn, R., Fatemi, S., & Engelberth, A. S. (2018) - <i>Engineering</i> , 4 (3), 371-380	<i>Comparing end-use potential for industrial food-waste sources</i>	Membandingkan metode peningkatan nilai guna limbah pangan hasil industri, baik dalam bentuk <i>specialty product</i> maupun metana.	Salah satu limbah pangan berupa kulit jeruk dapat diolah lanjut untuk menghasilkan D-limonen, pektin, fenolik, dan senyawa antioksidan (ekstraksi), dan etanol (fermentasi). Hasil lain dari pemanfaatan

				limbah jeruk adalah metana (biogas) yang didapat melalui proses digesti anaerob. Dilihat dari potensi pendapatan, pemanfaatan limbah kulit jeruk sebagai <i>specialty product</i> memiliki potensi pendapatan yang lebih tinggi dibandingkan pemanfaatan sebagai metana (biogas).	
12	Satari, B., & Karimi, K. (2018). Resources, Conservation and Recycling, 129(September 2017), 153–167	<i>Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization</i>	Pentingnya pemanfaatan limbah hasil pemrosesan buah jeruk untuk mengembangkan bio ekonomi (pemanfaatan langsung, proses biokimia, dan teknik <i>green extraction</i>) dan mengurangi dampak negatif lingkungan.	Pemanfaatan limbah pemrosesan buah jeruk menjadi produk nano emulsi, adsorben, pupuk, berbagai senyawa hasil ekstraksi (flavonoid, karotenoid, minyak esensial, dan pektin), serta produk hasil proses fermentasi termasuk dengan efek dari penggunaan berbagai metode valorisasi terhadap lingkungan.	<i>Review, Scopus Q1</i>
13	Zema, D. A., Calabrò, P. S., Folino, A.,	<i>Valorisation of citrus</i>	Pemanfaatan dan sistem manajemen	Limbah buah jeruk, khususnya kulit memiliki	<i>Review, Scopus Q1</i>

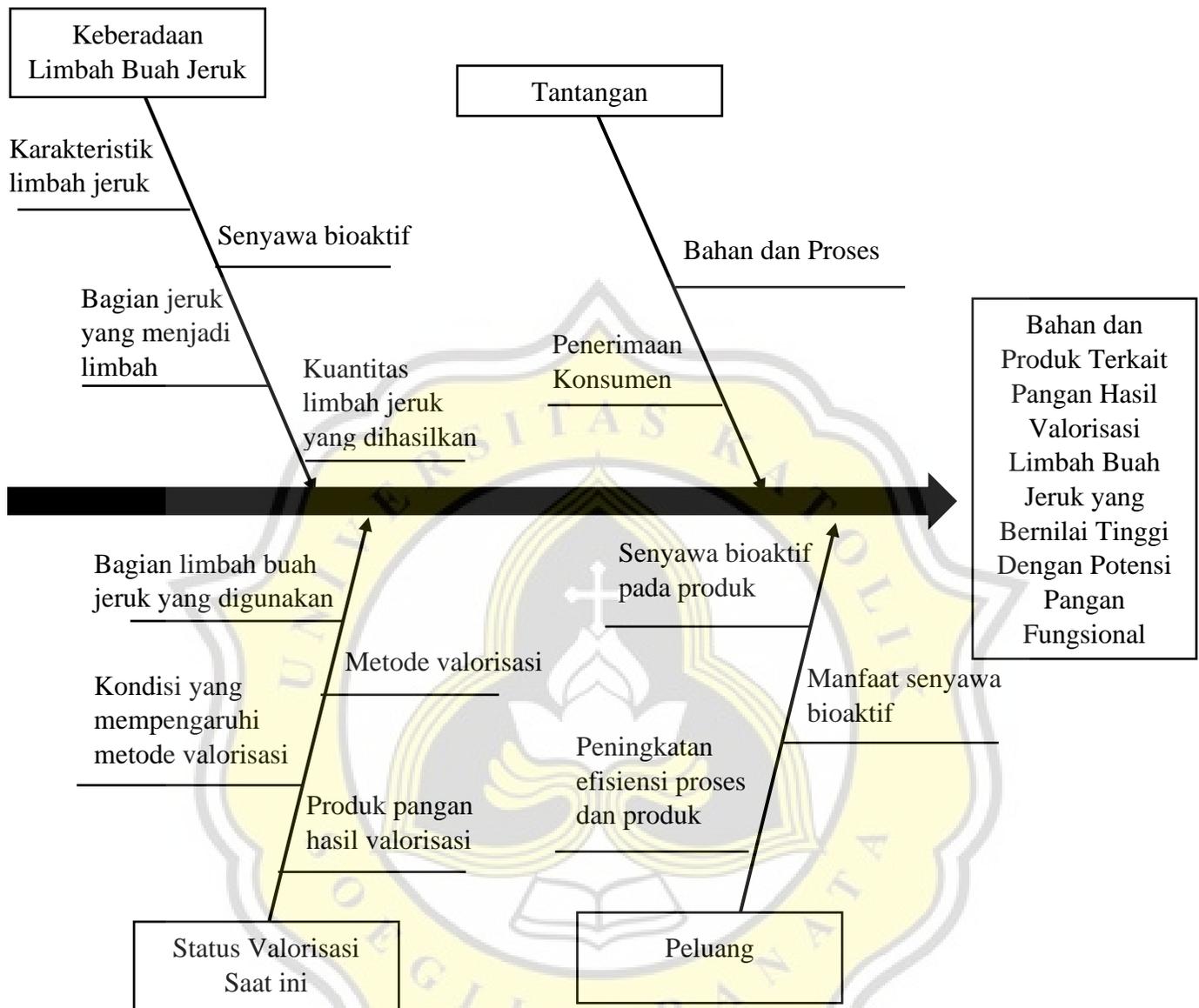
	Tamburino, V., Zappia, G., & Zimbone, S. M. (2018) - <i>Waste Management</i> , 80, 252–273	<i>processing waste: A review</i>	limbah buah jeruk serta faktor yang mempengaruhi pemanfaatan limbah jeruk tersebut.	berbagai potensi kimia dan karakteristik yang mengharuskannya melalui proses pemanfaatan lebih lanjut. Pemanfaatan tersebut terbagi atas pemanfaatan langsung (pakan ternak dan kompos) dan <i>biorefinery</i> (produksi bahan bakar dan ekstraksi berbagai senyawa).	
14	Zema, Demetrio Antonio, Calabro, P. S., Folino, A., Tamburino, V., Zappia, G., & Zimbone, S. M. (2019) - <i>Water</i> (Switzerland), 11(12), 1–23	<i>Wastewater management in citrus processing industries: An overview of advantages and limits</i>	Pemanfaatan limbah cair hasil pemrosesan buah jeruk.	Limbah cair hasil dari industri pemrosesan buah jeruk dihasilkan melalui proses pencucian buah, evaporasi cairan buah jeruk, pembersihan alat, pencucian <i>pulp</i> hasil dari ekstraktor jus, pengeringan kulit, dan sentrifugasi bubur air atau minyak. Limbah cair ini dapat dimanfaatkan melalui perlakuan intensif konvensional, <i>lagooning</i> , produksi metana	<i>Review</i> , Scopus Q1

atau hidrogen,
pemanfaatan
dibidang
pertanian, dan
biorefinery.

Pada Tabel 2. disajikan sejumlah *review* tentang limbah buah jeruk dan valorisasinya. Secara umum, bahan yang banyak dijadikan fokus *review* adalah kulit jeruk, sedangkan untuk metode ekstraksi dan purifikasi merupakan proses yang dominan. Hasil valorisasi pada *review* terdahulu didominasi oleh produk *biorefinery* (bahan bakar dan ekstrak). Produk valorisasi konvensional, seperti pupuk, kompos, maupun pakan ternak, juga masih ditemukan. Selain itu, meskipun dalam *review* terdahulu sudah terfokus pada produk pangan dan non pangan, tetapi masih sangat sedikit yang difokuskan pada bahan atau produk pangan bernilai tinggi. Oleh karena itu *review* ini difokuskan pada bahan dan produk terkait pangan yang bernilai tinggi dengan potensi fungsional.

3.1.1.4. Penyusunan Desain Konseptual

Desain konseptual disajikan dalam bentuk diagram tulang ikan (Gambar 9.) yang menggambarkan potensi valorisasi berbasis kehilangan dan limbah buah jeruk pada rantai pasok pangan. Diagram tulang ikan tersebut tersusun atas kepala sebagai efek yang berupa bahan dan produk terkait pangan yang bernilai dengan potensi sebagai pangan fungsional, sedangkan tulang ikan sebagai penyebab berisikan parameter yang mendukung efek berupa keberadaan limbah buah jeruk, status valorisasi saat ini, tantangan, dan peluang.



Gambar 9. Desain Konseptual Valorisasi Limbah Buah Jeruk

Gambar 9. menunjukkan berbagai parameter yang mendukung penelitian terkait produk pangan hasil valorisasi limbah buah jeruk dengan potensi fungsional. Parameter tersebut meliputi keberadaan limbah buah jeruk, status valorisasi saat ini, tantangan, dan peluang. Parameter terkait keberadaan limbah buah jeruk dapat dijelaskan melalui poin kuantitas, bagian buah jeruk yang menjadi limbah, karakteristik, dan senyawa bioaktif. Poin bagian limbah yang digunakan, metode valorisasi, kondisi yang mempengaruhi, serta produk

membantu dalam menjelaskan parameter status valorisasi saat ini. Sementara itu parameter tantangan dapat terbagi atas tantangan pada penerimaan konsumen serta bahan dan proses. Sedangkan parameter peluang didapatkan melalui penjelasan poin senyawa bioaktif pada produk dan manfaatnya serta peningkatan efisiensi proses dan produk.

3.1.1.5. Hasil Perumusan Topik

Rumusan topik penelitian yang diperoleh berisikan mengenai kehilangan dan limbah pangan yang menitikberatkan pada status valorisasi limbah buah jeruk dalam bentuk bahan maupun produk terkait pangan bernilai tinggi dengan potensinya sebagai pangan fungsional, dimana topik tersebut belum banyak digunakan dalam penelitian. Pada rumusan topik tersebut dilakukan pula penyesuaian dengan status terkini dikarenakan adanya perkembangan jaman sehingga memungkinkan berkembangnya ilmu terkait proses, produk, tantangan, serta peluang terbaru. Oleh karena itulah rumusan topik inilah yang pada akhirnya digunakan sebagai topik dalam penelitian ini.

3.1.2. Penetapan Tujuan *Review*

Tujuan *review* ditetapkan melalui tahap membaca, memahami, menganalisis, serta memberikan wawasan baru dari berbagai literatur yang digunakan dimana tahapan tersebut sudah dilakukan selama proses pengumpulan dan penyaringan literatur, analisis kesenjangan hingga penyusunan desain konseptual.

Pada tahap analisis kesenjangan dihasilkan topik yang berfokus pada bahan dan produk terkait pangan bernilai tinggi yang merupakan hasil valorisasi limbah buah jeruk dengan potensinya sebagai pangan fungsional. Dari topik tersebut didapatkan suatu rumusan masalah yang menjadi dasar penetapan tujuan *review* berupa sejauh mana kehilangan dan limbah buah jeruk di sepanjang rantai pasok pangan, sejauh mana keberadaan serta kelayakan teknologi valorisasi dari kehilangan dan limbah buah jeruk untuk menghasilkan produk yang potensial, dan sejauh mana peluang maupun tantangan pengaplikasian teknologi valorisasi.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka ditetapkan tujuan dari *review* yang dilakukan, yaitu mengetahui dan mendeskripsikan kehilangan dan limbah buah jeruk, menghimpun dan mengevaluasi kelayakan teknologi valorisasi dari kehilangan dan limbah buah jeruk dalam menghasilkan produk yang potensial, serta mengevaluasi peluang dan tantangan dalam pengaplikasian teknologi valorisasi.

3.2. Studi Literatur Utama

3.2.1. Hasil Pengumpulan Literatur

Sebanyak 14 literatur awal yang terkumpul didominasi oleh keberadaan kehilangan dan limbah buah jeruk serta status valorisasinya, hanya saja hasil valorisasi berupa bahan dan produk terkait pangan bernilai tinggi dan memiliki potensi sebagai pangan fungsional dianggap masih kurang. Pada parameter tantangan dan peluang melalui ke-14 literatur pembahasan mengenai kedua parameter tersebut jauh lebih sedikit dibandingkan parameter lainnya, hal ini menyebabkan perbandingan jumlah literatur antara satu parameter dengan lainnya menjadi tidak sebanding. Oleh sebab itu masih diperlukan literatur lain untuk menambah maupun memperdalam informasi terkait parameter. Hasil pengumpulan literatur tambahan tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Literatur yang Terkumpul pada Pengumpulan Literatur Tambahan

Situs Web	Kata Kunci Pencarian	Jumlah
Garuda	Jeruk	1.467
	Limbah jeruk	31
	Kulit jeruk	317
	Biji jeruk	30
Biomed	<i>Utilization, citrus waste</i>	10.000+
	<i>Valorization, citrus waste</i>	9.126
	<i>Waste, citrus</i>	5.290
Science direct	<i>Wastewater, citrus</i>	3.595
	<i>Characteristic, citrus, waste</i>	8.415
	<i>Citrus, waste, toxic</i>	6.440
Directory of Open Access Journal (DOAJ)	<i>Waste, citrus</i>	157
	<i>Wastewater, citrus</i>	21
Google Scholar	<i>Citrus, waste</i>	219.000
	<i>Citrus waste, recovery</i>	41.700
	<i>Citrus waste, safety</i>	68.500

	<i>Citrus waste, limonene</i>	9.390
	<i>Citrus waste, consumer acceptability</i>	7.490
<i>Springer link</i>	<i>Citrus, loss, waste</i>	6.226
	<i>Recovery, citrus waste</i>	3.981
	<i>Valorization, citrus waste</i>	576

Pada Tabel 3. didapatkan jumlah literatur terbesar dengan menggunakan kata kunci “*citrus*” dan “*waste*” yang terdapat pada situs web *Google scholar*, sedangkan jumlah literatur terkecil didapatkan melalui situs web Garuda dengan kata kunci “biji jeruk”.

Melalui proses pengumpulan literatur tambahan, sebanyak 58 literatur berhasil dikumpulkan. Jumlah ini tidak sebanding dengan jumlah literatur yang ditemukan dikarenakan sebagian besar literatur tidak sesuai dengan kriteria inklusi maupun eksklusi yang sudah ditentukan serta kurang berfokus pada data dan informasi lengkap dari topik yang ditetapkan sehingga 58 literatur yang terkumpul merupakan literatur yang sudah disesuaikan dengan berbagai kriteria tersebut. Sebanyak 58 literatur tersebut selanjutnya digabungkan dengan 14 literatur yang sudah diperoleh sebelumnya sehingga hasil dari pengumpulan literatur pada studi literatur utama berjumlah 72 literatur. Sebanyak 72 literatur tersebut terbagi atas 67 literatur berbahasa Inggris dan 5 literatur berbahasa Indonesia.

Distribusi literatur berdasarkan tahun penerbitan tersaji pada Gambar 10.



Gambar 10. Tahun Penerbitan Literatur Utama

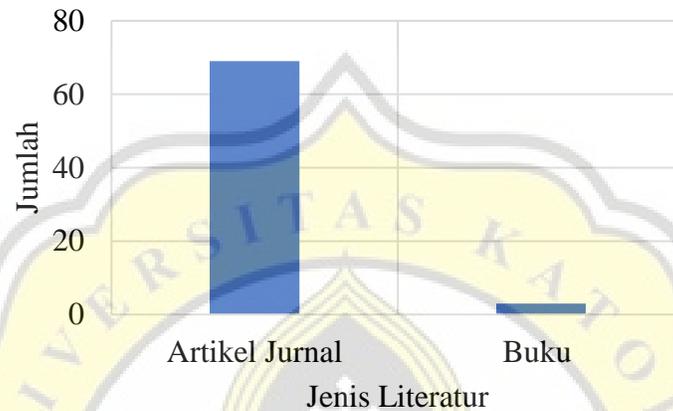
Gambar 10. menunjukkan bahwa literatur utama yang terkumpul berada pada rentang tahun penerbitan 2016 hingga 2021. Puncak tahun penerbitan pada pengumpulan literatur utama terjadi berada pada tahun 2019. Pada tahun 2016 hingga 2017 dan 2018 hingga 2019 terjadi kecenderungan peningkatan *trend*, sebaliknya di tahun 2019 hingga 2021 kecenderungan *trend* justru mengalami penurunan. Jumlah literatur terbesar berada pada tahun penerbitan 2019 sebanyak 18 literatur, sementara itu jumlah literatur terkecil berada pada tahun penerbitan 2016 sebanyak 6 literatur. Berdasarkan kriteria bahasa dan tahun penerbitan yang sudah ditetapkan diketahui bahwa sebanyak 72 literatur utama yang terkumpul sudah sesuai dengan kriteria tersebut.

3.2.2. Hasil Penyaringan Literatur

Total 72 literatur yang terkumpul selanjutnya disaring, dikelompokkan, ditelaah bagian isi. Sebanyak 14 dari 72 literatur yang sebelumnya sudah diperoleh pada studi literatur awal perlu dilakukan penyaringan literatur kembali, khususnya pada bagian telaah isi, bersama dengan 58 literatur tambahan dikarenakan tujuan dari proses perumusan topik adalah memperoleh topik, sedangkan tujuan dari studi literatur utama untuk mendapatkan informasi yang lengkap

mengenai topik yang telah ditetapkan sehingga informasi yang disajikan merupakan informasi yang lebih lengkap dan sesuai.

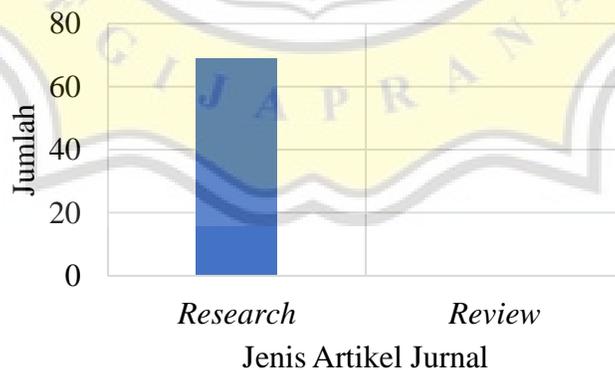
Pengelompokan berdasarkan jenis literatur tersaji pada Gambar 11.



Gambar 11. Jenis Literatur Utama

Pada Gambar 11. diperoleh jumlah literatur yang cenderung ekstrim, yaitu 69 literatur dalam bentuk artikel jurnal dan 3 literatur dalam bentuk buku.

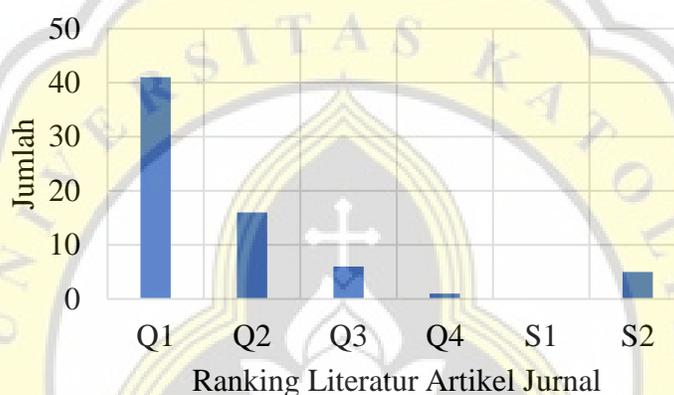
Pengelompokan literatur dalam bentuk jenis artikel jurnal tersaji pada Gambar 12.



Gambar 12. Jenis Artikel Jurnal Literatur Utama

Gambar 12. menunjukkan jenis artikel jurnal dari literatur yang digunakan, dimana pada studi ini artikel jurnal *review* tidak dapat digunakan yang mengakibatkan terjadi perbedaan jumlah yang ekstrim dengan artikel jurnal *research* sebesar 0 literatur untuk artikel jurnal *review* dan 69 literatur untuk artikel jurnal *research*.

Artikel jurnal yang sudah terkumpul kemudian ditinjau dan dikelompokan berdasarkan ranking, SCOPUS dan SINTA, yang tersaji pada Gambar 13.



Gambar 13. Ranking Literatur Artikel Jurnal Utama

Ranking artikel jurnal hasil penyaringan studi literatur utama ditunjukkan pada Gambar 13. Mayoritas artikel jurnal yang didapatkan terdiri atas ranking Scopus Q1 (41 artikel jurnal), diikuti dengan Scopus Q2 (16 artikel jurnal), Scopus Q3 (6 artikel jurnal), dan terakhir adalah artikel jurnal dengan Scopus Q4 (1 artikel jurnal). Di sisi lain pada artikel jurnal berbahasa Indonesia, tidak ditemukan artikel jurnal dengan ranking SINTA S1 sehingga artikel jurnal berbahasa Indonesia hanya terdiri atas SINTA S2 (5 artikel jurnal).

Berbagai literatur tersebut selanjutnya melalui proses penelaahan lebih lanjut, dari proses tersebut didapatkan 3 literatur berbentuk artikel jurnal *research* berbahasa Inggris dengan ranking Scopus Q1 tidak dapat digunakan khususnya sebagai data pemetaan sebagai akibat tidak adanya informasi lengkap dan data yang mampu mendukung topik penelitian.

3.2.3. Hasil Pemetaan

3.2.3.1. Keberadaan Limbah Buah Jeruk

Hasil pemetaan tentang keberadaan limbah dengan produk buah jeruk disajikan melalui Tabel 4.

Tabel 4. Keberadaan Limbah Buah Jeruk

No	Kuantitas Limbah Jeruk	Bagian Buah Jeruk	Senyawa Bioaktif	Karakteristik Limbah	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
1	Kehilangan dari buah jeruk selama pasca panen mencapai 30-35%	-	-	-	(Ahmad <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q3
2	20-30% dari total massa buah yang dihasilkan merupakan kulit jeruk	Kulit	Minyak esensial karotenoid, pektin, dan senyawa fenolik	Mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin	(Baaka <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q4
3	Industri pengolahan jus jeruk menghasilkan 50-60% limbah dari total massa buah.	-	Gula larut, flavonoid, protein, pektin, abu dan lemak	pH rendah (3-4) serta tinggi kadar air (80-90%) dan senyawa organik (95% dari total padatan)	(Bátori <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q3
				Mengandung hemiselulosa,		

				selulosa, pati, dan lignin		
4	1000 ton jeruk yang diproses menghasilkan 500 ton kulit jeruk	Kulit	-	Mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin	(Camargo <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1
5	Sebanyak 31,2 juta metrik ton buah jeruk yang diproses, dihasilkan limbah sebanyak 15,6 juta metrik ton per tahunnya	Kulit	Gula, pektin, dan D-limonen	Mengandung 80% air, selulosa dan hemiselulosa	(Cecilia <i>et al.</i> , 2019)	Buku <i>Biorefinary</i>
6	Untuk setiap 25 ton buah yang diproses per jamnya, diperoleh sebanyak 10 juta liter limbah cair per harinya	Limbah pencucian buah dan peralatan serta ekstraksi <i>juice</i> dan minyak esensial.	Minyak esensial	Tinggi senyawa organik dan padatan tersuspensi, serta pH kurang dari 3.	(Corsino <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q1
7	-	Limbah pencucian buah dan mesin, ekstraksi jus dan minyak esensial	-	Tinggi senyawa organik (protein, karbohidrat, maupun lemak) dan padatan tersuspensi, pH rendah (kurang dari 3), dan nilai COD (<i>chemical oxygen demand</i>) pada rentang	(Corsino <i>et al.</i> , 2021)	<i>Research</i> , Scopus Q1

			1.000-10.000 mg/L		
8	Sebanyak kurang lebih 50% bagian limbah jeruk yang tidak dapat disantap secara umum dihasilkan selama konsumsi dan pemrosesan yang 60% didominasi oleh kulit.	Kulit	Brutieridin dan melitidin	Tinggi nilai BOD (<i>biological oxygen demand</i>)	(Di Donna <i>et al.</i> , 2020) <i>Research, Scopus Q1</i>
9	Proses produksi jus jeruk menghasilkan sebanyak 50-60% limbah dari massa buah jeruk.	-	Minyak esensial	pH rendah serta kadar air senyawa organik, dan kemampuan biodegradasi yang tinggi,	(Eryildiz <i>et al.</i> , 2020) <i>Research, Scopus Q1</i>
10	Pengolahan buah jeruk menghasilkan limbah sejumlah 50% dari total massa buah jeruk yang terdiri atas kulit (17% albedo dan 10% flavedo), 26% ampas dan rag, serta 2% biji	Kulit (<i>albedo</i> , dan <i>flavedo</i>), <i>rag</i> , ampas, dan biji	Asam organik, asam amino, protein, mineral, lemak, flavonoid, gula, serat pangan, dan vitamin	-	(Fernández-Fernández <i>et al.</i> , 2020) Buku <i>Food Wastes and By-Products, Nutraceutical, and Health Potential</i>
11	-	Biji	Asam lemak jenuh, minyak esensial, tokoferol, dan senyawa fenolik	-	(Garrido <i>et al.</i> , 2019) <i>Research, Scopus Q3</i>

12	Dari 47,984,672 kg buah jeruk yang dibeli perusahaan Chingford, dihasilkan limbah sebanyak 5,795,541 kg yang merupakan 12% dari jumlah buah jeruk yang dibeli..	-	-	-	(Garcia-Garcia <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research, Scopus Q1</i>
13	Selama proses pengolahan dalam industri dihasilkan limbah organik sebesar 50-60% dengan persentase kulit jeruk sebanyak 65% dan ampas serta biji sebanyak 30-35%.	Kulit, ampas, biji	Asam fenolik, flavonoid, karotenoid, pektin, gula fermentasi, dan serat pangan	pH 3-4, tinggi senyawa organik (95% dari total padatan), dan tinggi kadar air (mencapai 90%).	(González-Miquel & Díaz, 2020)	Buku <i>Food Industry Waste</i>
14	50% dari massa buah jeruk terbuang menjadi limbah dalam proses pengolahan.	-	Gula (polisakarida dan monosakarida), minyak esensial, dan pektin	pH rendah dan tinggi kadar air	(Gurram <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research, Scopus Q2</i>
15	-	Limbah produksi jus jeruk, ekstraksi minyak esensial sebagai produk samping, dan proses pembersihan peralatan yang digunakan	Flavonoid, heteropolisakarida, minyak esensial	Kemampuan biodegradasi dan pH asam	(Guzmán <i>et al.</i> , 2016)	<i>Research, Scopus Q1</i>

16	Lebih dari 121 juta ton jeruk dihasilkan di seluruh dunia dengan limbah kulit yang dihasilkan sewaktu pemrosesan dalam industri mencapai 25 juta ton.	Kulit dan ampas (biji dan segmen membran)	Pektin dan gula larut	Senyawa organik sekitar 95% dari total padatan dan kandungan air sebesar 80-90%. Mengandung selulosa dan hemiselulosa	(Patsalou <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1
17	Proses pengalengan buah jeruk menghasilkan lebih dari 25 juta ton limbah yang merupakan 50% dari total massa buah	Kulit, biji, dan segmen membran	Minyak esensial	-	(Patsalou <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
18	Dalam industri jus digunakan sebanyak 34% buah jeruk yang akan menghasilkan limbah kulit sebesar 44%..	Kulit	Flavonoid, flavonol, flavanon, polimetoksiflavanon, dan polifenol	-	(Reynoso-camacho <i>et al.</i> , 2021)	<i>Research</i> , Scopus Q1
19	Limbah buah jeruk yang dihasilkan per tahunnya mampu mencapai 8 hingga 20 ton. Dimana setiap 1 tonnya terdiri atas 0,5-0,6 ton limbah padat (0,9% biji, 60-75% kulit, dan 23-33% residu membran) dan 0,79-1,25 m ³ limbah	Kulit, biji, dan membran hasil pemrosesan jeruk dalam industri dan pengepresan kulit jeruk	Asam organik, limonen	kadar air mencapai 80% dan pH pada rentang 3-5. pH dengan rentang 3,78-3,98 serta kandungan senyawa organik yang tinggi	(Rosas-Mendoza <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1

	cair (90-95% dari pemrosesan buah jeruk 5-10% dari proses pengepresan kulit jeruk).					
20	-	Kulit	Vitamin C, serat, pektin, minyak esensial, dan polifenol	-	(Šafranko <i>et al.</i> , 2021)	<i>Research</i> , Scopus Q1
21	Proses pengolahan buah jeruk pada divisi selai, jeli, dan minyak mampu menghasilkan limbah organik sebanyak 24 juta ton di tahun 2016	Kulit (flavedo dan albedo), ampas (<i>juice sack residue</i>), rag (<i>membrane</i> dan <i>cores</i>), serta biji	Flavonoid, karotenoid, dan limonen	pH asam serta tinggi kandungan air dan senyawa organik.	(Santiago <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
22	Sebanyak 50% dari berat total buah jeruk merupakan limbah	Biji, ampas, dan kulit	Serat kasar	6,82 ml g ⁻¹ <i>oil holding capacity</i> , dan 2,28 ml g ⁻¹ <i>water holding capacity</i>	(Sharma <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q3
23	Limbah biji jeruk bergamot menyumbang sebanyak 3-5% dari total berat buah.	Biji	Minyak	-	(Sicari & Poiana, 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q2
24	-	Kulit, ampas, biji	Fenolik, flavonoid, dan vitamin C	-	(Sir Elkhatim <i>et al.</i> , 2018)f	<i>Research</i> , Scopus Q2
25	Pada 2014 di Brazil dihasilkan buah jeruk sebanyak 16,9 juta ton	Kulit, segmen membran, dan biji	-	Mengandung karbohidrat	(Torquato <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q1

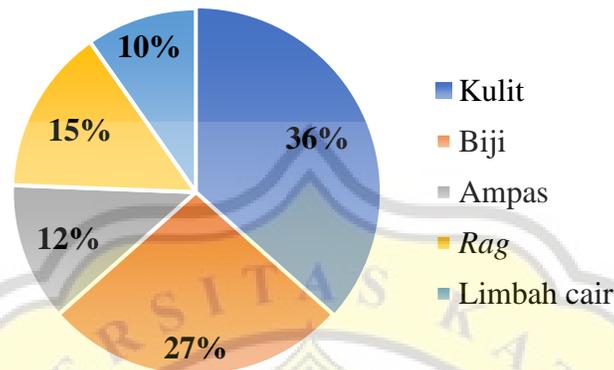
dengan limbah yang dihasilkan sebanyak 8,4 juta ton. Limbah jeruk terdiri atas kulit (60-75%), membran segmen (30-35%), biji (10%), dan limbah cair	-	-	yang mudah difermentasi pH asam
---	---	---	------------------------------------

Keterangan

- = tidak disebutkan

Keberadaan dari limbah buah jeruk diperlihatkan melalui Tabel 4. Berdasarkan kuantitasnya persentase limbah yang diperoleh mampu mencapai 50-60% dari total buah jeruk yang dihasilkan maupun diproses, yang tersusun atas 60-65% bagian merupakan kulit dan 30-35% sisanya terdiri atas biji dan ampas. Sementara itu untuk limbah cair buah jeruk diperoleh persentase sebesar 90-95% untuk limbah cair yang dihasil melalui tahap pengolahan pada industri dan 5-10% yang didapatkan melalui proses pengepresan buah jeruk.

Gambar 14. menunjukkan distribusi berbagai jenis limbah buah jeruk yang ditemukan dalam literatur.



Gambar 14. Distribusi Berbagai jenis Limbah Buah Jeruk

Berdasarkan literatur yang sudah terkumpul ditemukan 5 jenis bagian buah jeruk yang tergolong sebagai limbah (Gambar 14.). Distribusi diagram *pie* terbesar diperoleh bagian kulit dengan persentase 36% yang kemudian diikuti dengan bagian biji sebesar 27%, sedangkan distribusi diagram *pie* terkecil dimiliki oleh limbah cair dengan persentase 10%.

Secara garis besar senyawa bioaktif yang terdapat pada limbah buah jeruk, meliputi minyak dan minyak esensial, pektin, karotenoid, senyawa fenolik, gula, abu, lemak, flavonoid, asam organik, asam amino, vitamin, tokoferol, dan serat pangan. Karakteristik, seperti kemampuan biodegrasi, pengikat air maupun lemak sebesar $2,28 \text{ ml g}^{-1}$ dan $6,82 \text{ ml g}^{-1}$, pH asam, kadar air sebesar 80-90%, senyawa organik mencapai 95% dari total padatan, dan nilai *biological oxygen demand* (BOD) serta *chemical oxygen demand* (COD) yang tinggi merupakan karakteristik menyeluruh pada limbah buah jeruk. Sementara itu ditemukannya selulosa, hemiselulosa, dan lignin merupakan salah satu karakteristik limbah buah jeruk yang spesifik untuk bagian kulit.

3.2.3.2. Status Valorisasi Saat Ini

Tabel 5. berikut ini memuat status valorisasi limbah buah jeruk dari perspektif metode, kondisi proses, dan produk yang ditemukan dalam literatur terkini.

Tabel 5. Valorisasi Limbah Buah Jeruk

No	Bagian Limbah Buah Jeruk	Metode valorisasi	Kondisi Proses Valorisasi				Produk	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
			Pelarut	Suhu	Waktu	Kondisi Lain			
1	Kulit	Ekstraksi menggunakan distilasi uap (hidrodistilasi)	Air distilasi	-	2 jam	Tekanan atmosfer	Minyak esensial	(Hou <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1
2	Kulit	Ekstraksi padat cair menggunakan pelarut	Heksana dan <i>green pelarut</i>	30°C (ekstraksi dan separasi)	120 menit (ekstraksi) 10 menit (separasi)	900 rpm (ekstraksi) 5000 rpm (separasi)	Minyak esensial	(Ozturk <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1
3	Kulit	Hidrolisis asam encer	H ₂ SO ₄	116°C	10 menit	-	Minyak esensial	(Patsalu <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
4	Kulit	Hidrolisis asam encer	H ₂ SO ₄	116°C	10 menit	-	Pektin	(Patsalu <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1

5	Kulit	Ekstraksi menggunakan pelarut	HCl	80°C	120 menit	-	Pektin	(Rosalina <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research</i> , SINTA S2
6	Kulit	Ekstraksi menggunakan pelarut ammonium dan asam oksalat	I= ammonium oksalat + asam oksalat, asam sitrat II= ammonium oksalat + asam oksalat, asam sitrat III= ammonium oksalat + asam oksalat, asam klorida	-	45 menit (ammonium oksalat dan asam oksalat) 10 menit (asam klorida, asam sitrat)	I = pH 1 II = pH 2 III = pH 1 IV = pH 2	Pektin	(Usmiati <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , SINTA S2

			IV= ammonium oksalat + asam oksalat, asam klorida						
7	Kulit	Thermopressing	Asam sitrat, polyvinyl alcohol (PVA), pati singkong, dan glutaraldehyde	100°C	24 jam	-	Biofoam	(Marlina <i>et al.</i> , 2021)	<i>Research</i> , SINTA S2
8	Kulit	Pencampuran Pengeringan	-	140 °C Suhu ruang	3 menit 15 menit	30 rpm -	LLDPE/O PP composite sheet	(Fehlberg <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
9	Kulit	<i>Molding</i>	-	120 °C	10 menit	1.33 MPa	Film bioplastik	(Gurram <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q2

10	Kulit	Ekstraksi	Heksana atau kloroform	25°C	3 jam (ekstraksi) 20 menit (filtrasi dan sentrifugasi)	Rasio 1:4 (kulit:pelarut) 4000 rpm (filtrasi dan sentrifugasi)	<i>Food grade kraft paper</i> dengan <i>treatment</i> menggunakan limbah buah jeruk	(Kasaai & Moosavi, 2017)	<i>Research</i> , Scopus Qi
		<i>Treatment kraft paper</i>	-	25°C	24 jam	5,2 kulit jeruk mg mL ⁻¹ 60 rpm			
11	Kulit	Hidrolisis enzimatis menggunakan <i>Viscozyme</i> dan <i>Glucanex</i>	-	50°C	30 menit – 24 jam	750 rpm	<i>Pectic oligosaccharide</i>	(Sabater <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1
12	Kulit	Degradasi kimia terkontrol	TFA	85°C	2,5 jam	-	<i>Pectic oligosaccharide</i>	(S. Zhang <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q1
13	Kulit	Ekstraksi menggunakan metode maserasi	Etanol anhidrat	28±2°C	2 jam (agitasi) 24 jam (ekstraksi)	500 rpm (agitasi)	Pengawet pangan	(Dewi, 2019)	<i>Research</i> , SINTA S2
14	Kulit	Ekstraksi menggunakan <i>cold percolation</i>	Etanol (100 mL)	<i>Incubator shaker</i> = suhu ruang	<i>Incubator shaker</i> = 24 jam	<i>Incubator shaker</i> = 120 rpm	Antioksidan	(S. Kumar <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q3

				Evaporasi = 40°C	Sentrifugasi = 20 menit	Sentrifugasi = 3000 rpm			
				Peyimpanan ekstrak kering = 4°C	Evaporasi = 4-5 hari				
15	Kulit	Ekstraksi menggunakan pelarut	Metanol, etil asetat, etanol, dan air distilasi	-	2 jam	-	Agen antimikroba alami	(Saleem & Saeed, 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
16	Kulit	Ekstraksi menggunakan pelarut organik	Campuran heksana, aseton, dan etanol	50 °C	60 menit	-	Pewarna alami	(Baaka <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q4
17	Kulit	Ekstraksi padat cair sederhana menggunakan etanol cair maupun kavitasi hidrodinamik	Etanol dan air	Suhu ruang	-	-	Pewarna alami yellow #15	(Cirimina <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q2

18	Kulit	Pengeringan <i>fluid bed dryer</i>	-	-	-	Diayak menggunakan mesh ukuran 50 µm	<i>Debittered Food Grade Orange Fiber (DOF)</i>	(Caggia <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
19	Kulit	Fermentasi	-	37°C	-	100 rpm	Asam suksinat	(Patsalu <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
20	Kulit	<i>Solid state fermentation (SSF)</i>	Air distilasi	121°C (SSF)	30 menit (SSF)	pH 4-10 (SSF)	Enzim pektinolitik	(Mehmood <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q2
				-	30 menit (ekstraksi)	120 rpm (ekstraksi)			
21	Kulit dan membran	<i>spray drying</i>	-	125 °C (inlet) 55°C (outlet)	-	-	Enkapsulat produk samping buah jeruk	(Papoutsis <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q1
		<i>Freeze drying</i>	-	-	48 jam				
22	Kulit	Ekstraksi selulosa	I = H ₂ O ₂ II = 6% NaOH III (treatment ulang)	I = 80°C II = suhu ruang	I = sampai produk <i>whitish</i> didapatkan III (treatment ulang) = 2 jam	-	Nanoselulosa	(Naz <i>et al.</i> , 2016)	<i>Research</i> , Scopus Q2

		= NaOH	IV (sonikasi) = 45-50 menit						
		Hidrolisis asam	Air distilasi	80°C	15-20 menit	-			
			Campuran HCl dan H ₂ SO ₄	60°C	30-32 jam	0,1:1 dan 0,25:1 (HCl:H ₂ SO ₄)			
			Sentrifugasi	-	15 menit	8000 rpm			
23	Kulit	Ekstraksi menggunakan maserasi	Etanol, metanol	40°C (ekstraksi)	20 jam (ekstraksi)	50,80, dan 100% (konsentrasi)	Polifenol	(Safdar <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q1
			, aseton, dan etil asetat	45°C (evaporasi)	10 menit (sentrifugasi)	1:15 (rasio sample:pelarut)			
						5000 rpm (sentrifugasi)			
		Ekstraksi menggunakan <i>Ultrasound Assisted Extraction</i> (UAE)	Etanol dan metanol	45°C	60 menit	50,80, dan 100% (konsentrasi)			
						1:20 (rasio sampel:pelarut)			

35 kHz									
24	Biji	Ekstraksi dengan menggunakan <i>oil extractor</i>	-	Suhu ruang	-	25 Hz (awal) 60 Hz (akhir)	Minyak biji jeruk	(Jorge <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q1
25	Biji	Ekstraksi menggunakan SC-CO ₂	-	I = 30°C II = 40°C III = 50°C IV = 30°C	I = 4 jam II = 4 jam III = 6 jam IV = 4 jam	I = 150 bar dan 831 kg/m ³ II = 150 bar dan 731 kg/m ³ III = 150 bar dan 587 kg/m ³ 27IV = 150 bar dan 919 kg/m ³	Minyak biji jeruk	(Sicari & Poiana, 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q2
		Separasi	-	-	10 menit	4000 rpm			
26	Biji	Ekstraksi menggunakan <i>Cold pressing</i>	-	Maksimal 40°C	-	30 rpm kecepatan rotasi 10 mm exit die Kadar air 8%	Minyak biji jeruk	(Yilmaz <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q2
27	Biji	<i>Casting</i>	-	23±2°C	24 jam	98:2 (PLA:PBAT) 10 gram grapefruit seed oil yang	PLA/PBAT composite film dengan	(Shankar & Rhim, 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q1

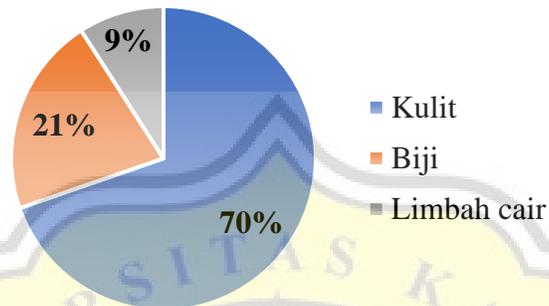
						dilarutkan pada 100 mL etanol 100 mL kloroform	penambahan <i>grapefruit seed extract</i>		
28	Biji	Pencampuran	-	-	2 menit	1% koloid kitosan 0,5%, 0,7%, 1% dan 1,2% <i>grapefruit seed oil</i> 1000 rpm	<i>Edible coating</i> dengan penambahan <i>grapefruit seed extract</i>	(Won <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q1
29	Biji	<i>Deffating</i>	Heksana	45°C	12 jam	1:2,5 (biji:heksana) 140 rpm (3 kali pengulangan)	Serat biji jeruk	(Yilmaz & Karaman, 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q2
		<i>Ultrasound assisted extraction</i>	-	40°C (ekstraksi) 50°C (pengeringan vakum)	5 menit (pembentukan campuran) 5 menit aplikasi dan 5 menit istirahat (ekstraksi)	1:20 (<i>deffated meal dan ultrapure water</i>) (pembentukan campuran) 13.500 rpm (pembentukan campuran)			

					3 hari (pengeringan vakum)	70% amplitude ultrasound (ekstraksi)			
30	Biji	Hidrolisis enzimatis (orange seed protein hydrolysate)	I = 5% buffer fosfat II = alkalase III = pepsin	II = 50°C III = 37°C Inaktivasi enzim = 90°C	I = 30 menit (pencampuran buffer fosfat) 3 jam (hidrolisis enzimatis) 10 menit (inaktivasi enzim)	2% rasio substrat II = pH 8 III = pH 2	Nanoliposom	(Mazloomi <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
		<i>Thin film hydration</i> (nanoliposom)	-	60°C	2 menit vortex 2 menit pengadukan	10 mL larutan orange seed proteinhydrolysate			
31	Limbah cair hasil pengalengan buah jeruk	Degradasi menggunakan sistem fenton	H ₂ O ₂ dan Cu ²⁺	Suhu ruang	72 jam	500 Da	<i>Pectic oligosaccharide</i>	(J. Li <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1
32	Limbah cair pengalengan buah jeruk	Ekstraksi dengan menggunakan pelarut (perlakuan asam)	HCl 0,4%	28°C	40 menit	pH 3-4	Pektin	(H. Zhang <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q1

		Ekstraksi dengan menggunakan pelarut (perlakuan basa)	NaoH 0,6%	32°C	10 menit			
		Presipitasi dan Pencucian	Etanol 95%	-	2 jam (presipitasi) 2-3 menit (pencucian)	-		
		Pengeringan (oven)	-	55°C	24 jam	-		
33	Limbah cair buah jeruk (<i>percolate</i> dan <i>juice</i>)	Fermentasi alkohol menggunakan bakteri asam asetat	-	25 °C	1 bulan	-	Cuka	(Di Donna <i>et al.</i> , 2020) <i>Research</i> , Scopus Q1

Keterangan
- = tidak disebutkan

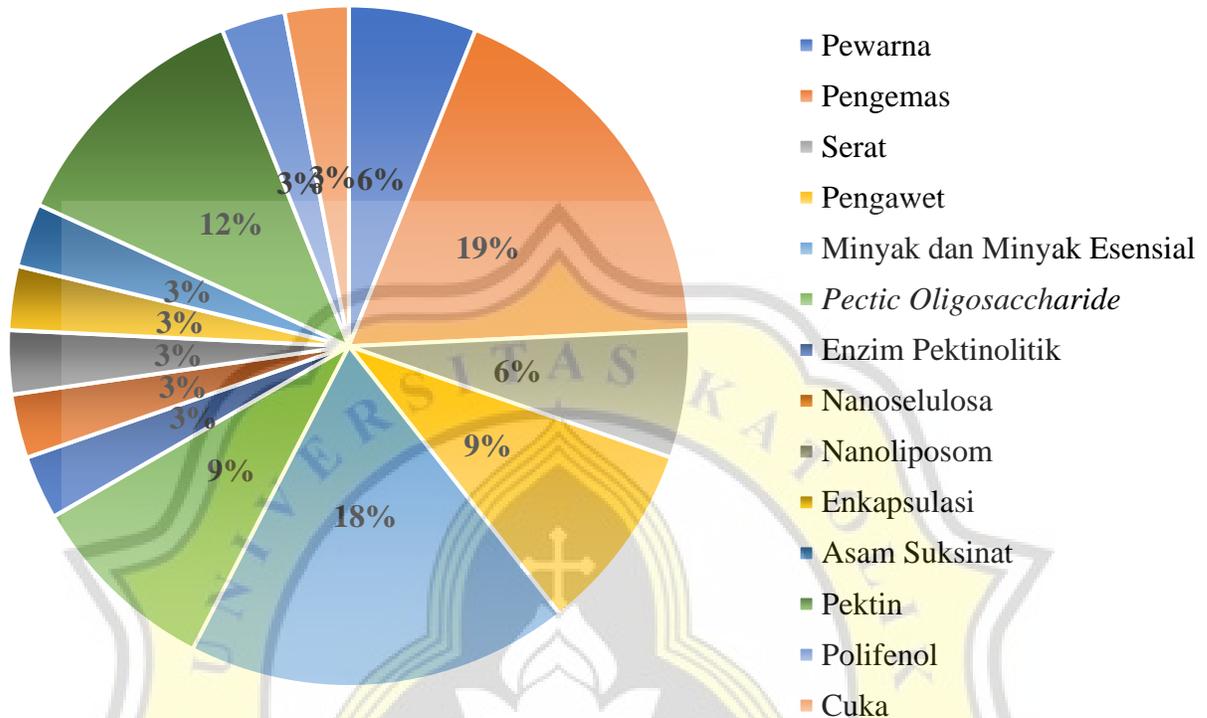
Status valorisasi berbagai bagian limbah buah jeruk yang didapatkan dari literatur tersaji melalui Tabel 5. Berdasarkan tabel tersebut ditemukan bagian limbah buah jeruk yang cenderung dimanfaatkan (Gambar 15.)



Gambar 15. Bagian Limbah Buah Jeruk yang Divalorisasikan

Gambar 15. menyajikan sebaran pemanfaatan bagian limbah buah jeruk yang terbagi atas 3 bagian. Melalui diagram *pie* tersebut diketahui sebaran terbesar dimiliki oleh bagian kulit sebesar 70%. Di sisi lain bagian limbah cair memiliki sebaran terkecil dengan persentase sebesar 9%.

Sementara itu produk hasil valorisasi dari limbah buah jeruk tersebut dapat diketahui melalui Gambar 16.



Gambar 16. Hasil Valorisasi Berupa Bahan dan Produk Terkait Pangan

Dari berbagai literatur ditemukan 14 jenis bahan maupun produk terkait pangan yang merupakan hasil valorisasi dari limbah buah jeruk yang tersaji dalam bentuk diagram *pie* (Gambar 16.). Persentase 19% sebagai potongan diagram terbesar dimiliki oleh produk pengemas yang disusul produk minyak biji jeruk dan esensial serta pektin dengan persentase masing-masing sebesar 18% dan 12%. Pada potongan diagram terkecil ditemukan adanya *overlapping* hasil, dimana persentase 3% dimiliki oleh beberapa produk, seperti cuka, polifenol, asam suksinat, enkapsulasi, nanoliposom, nanoselulosa, dan enzim pektinolitik.

Atas dasar berbagai literatur yang diperoleh, pada Tabel 5. tersaji berbagai metode yang digunakan untuk menghasilkan produk valorisasi limbah buah jeruk. Melalui tabel tersebut didapatkan bahwa metode ekstraksi merupakan metode yang mendominasi, baik dalam proses utama maupun pendahuluan, khususnya ekstraksi dengan pelarut etanol sebagai salah satu jenis pelarut yang paling banyak digunakan. Dalam prosesnya, terdapat potensi perbedaan penggunaan metode dan kondisi proses yang bergantung pada bahan maupun produk yang dihasilkan.



3.2.3.3. Tantangan

Tabel 6. memuat tantangan yang dijumpai pada valorisasi berbagai bagian limbah jeruk untuk menghasilkan produk bernilai tinggi.

Tabel 6. Tantangan Valorisasi Limbah Buah Jeruk

No	Bagian Limbah Buah Jeruk yang Divalorisasikan	Produk	Tantangan (Bahan, Metode, dan Produk)	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi
1	Kulit	Minyak esensial	Hidroperoksida pada limonen dan linalool sebagai alergen	(Dittmar & Schuttelaar, 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q2
2	Kulit	Minyak esensial	Limonen sebagai alergen	(Binder <i>et al.</i> , 2016)	<i>Research</i> , Scopus Q3
3	Kulit	Minyak esensial	Sensitivitas limonen terhadap paparan cahaya dan panas yang dapat menyebabkan degradasi pada senyawa tertentu	(Ozturk <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1
			Metode ekstraksi distilasi uap (hidrodistilasi) membutuhkan waktu ekstraksi yang lama	(Bustamante <i>et al.</i> , 2016)	<i>Research</i> , Scopus Q1
			Penggunaan energi yang tinggi pada metode hidrodistilasi menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan	(Santiago <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
4	Kulit	Pektin	Penurunan struktur dan kehilangan sifat kualitas pektin yang signifikan sebagai akibat suhu ekstraksi yang tinggi dan lamanya proses pengolahan	(Sabanci <i>et al.</i> , 2021)	<i>Research</i> , Scopus Q2
5	Kulit	Antioksidan	Rasa pahit dan <i>astringent</i> akibat kandungan tannin	(Czech <i>et al.</i> , 2021)	<i>Research</i> , Scopus Q2
6	Kulit	Pewarna alami	Sensitivitas karotenoid terhadap cahaya	(Baaka <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q4

7	Kulit	Pewarna alami <i>yellow #15</i>	Ketidakstabilan karotenoid terhadap cahaya, panas, dan oksigen yang mengakibatkan terjadinya degradasi	(Ndayishimiye & Chun, 2017)	<i>Research, Scopus Q1</i>
8	Kulit	<i>Debittered food grade orange fiber (DOF)</i>	Tidak adanya kontrol suhu selama proses pengeringan akhir dengan menggunakan <i>spray dryer</i>	(Caggia <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research, Scopus Q1</i>
9	Kulit	Asam suksinat	Pembentukan produk samping dapat menurunkan kadar suksinat yang dihasilkan	(Patsalou <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research, Scopus Q1</i>
10	Kulit dan membran	Enkapsulat produk samping buah jeruk	Metode <i>spray drying</i> memicu proses degradasi pada polifenol sebagai reaksi penggunaan temperatur tinggi	(Papoutsis <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research, Scopus Q1</i>
11	Kulit	Nanoselulosa	Karakteristik lignin dan hemiselulosa menyebabkan selulosa sukar terisolasi	(Naz <i>et al.</i> , 2016)	<i>Research, Scopus Q2</i>
12	Kulit	Polifenol	Penggunaan metode maserasi memiliki banyak kelemahan akibat penggunaan suhu tinggi, efisiensi dan kadar polifenol yang dihasilkan rendah, penggunaan pelarut dengan konsentrasi tinggi, dan masalah kesehatan	(Safdar <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research, Scopus Q1</i>
			Sensitivitas polifenol terhadap cahaya, panas, dan oksigen yang dapat memicu terjadinya degradasi	(Papoutsis <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research, Scopus Q1</i>
13	Biji	Minyak biji jeruk	Rasa pahit akibat kandungan komponen flavonoid	(Yilmaz <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research, Scopus Q2</i>
14	Biji	PLA/PBAT <i>composite film</i> dengan penambahan <i>grapefruit seed extract</i>	PLA dan PBAT tidak kompatibel mengakibatkan permukaan film menjadi kasar Tidak terdapat aktivitas antimikroba pada <i>film</i> hasil pencampuran PLA dan PBAT	(Shankar & Rhim, 2018)	<i>Research, Scopus Q1</i>

15	Biji	<i>Edible coating</i> dengan penambahan <i>grapefruit seed extract</i>	<i>Edible coating</i> kitosan tidak memiliki aktivitas sebagai antimikroba	(Won <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research, Scopus Q1</i>
16	Biji	Serat biji jeruk	Rasa pahit akibat adanya kandungan flavonoid	(Yilmaz & Karaman, 2017)	<i>Research, Scopus Q2</i>
17	Biji	Nanoliposom	Ketidakstabilan sistem akibat adanya <i>freeze thaw stress</i> yang menurunkan nilai efisiensi enkapsulasi (EE) secara drastis	(Mazloomi <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research, Scopus Q1</i>

Tabel 6. menunjukkan sejumlah tantangan dalam transformasi produk hasil pengolahan limbah buah jeruk. Pada tabel tersebut ditemukan adanya *trend* yang mengarah pada penerimaan konsumen dan bahan maupun proses. Tantangan berkaitan dengan penerimaan konsumen, terdiri atas potensi sensitivitas dan alergen pada limonen yang terdapat pada produk minyak esensial kulit jeruk, rasa pahit pada produk antioksidan kulit jeruk, minyak, dan serat biji jeruk, serta tidak terdapatnya kemampuan sebagai antimikroba pada produk pengemas PLA/PBAT *composite film* dan *edible coating*. Tantangan lain berkaitan dengan proses pengolahan, meliputi campuran PLA/PBAT dalam proses pembuatan pengemas merupakan campuran yang tidak kompatibel, penggunaan metode konvensional dalam proses produksi minyak esensial, pektin, dan polifenol dengan bahan kulit jeruk yang memiliki sejumlah kelemahan, ketidakstabilan dan sensitivitas karotenoid pada pewarna alami dan polifenol berbahan dasar kulit jeruk, tidak adanya kontrol suhu selama proses produksi *debittered food grade orange fiber* kulit jeruk, pengaplikasian metode *spray drying* selama proses pembentukan enkapsulat limbah kulit jeruk dapat memicu terjadinya degradasi senyawa polifenol, pembentukan produk samping menyebabkan penurunan jumlah asam suksinat kulit jeruk, adanya karakteristik lignin dan hemiselulosa pada pembuatan nanoselulosa mengakibatkan selulosa yang berasal dari kulit jeruk sukar terisolasi, serta *freeze thaw stress* selama proses pembuatan nanoliposom mengakibatkan penurunan efisiensi proses enkapsulasi dengan bahan baku limbah biji jeruk.

3.2.3.4. Peluang

Peluang proses valorisasi limbah buah jeruk untuk menghasilkan produk bernilai tinggi dengan potensi sebagai pangan fungsional disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Peluang Valorisasi Limbah Buah Jeruk

No	Bagian Limbah Buah Jeruk yang Divalorisasikan	Produk	Senyawa Bioaktif	Manfaat	Efisiensi Metode dan Produk	Sumber	Jenis dan Peringkat Publikasi	
1	Kulit	Minyak esensial	limonen	Penekan nafsu makan dan flavor	-	(Miya <i>et al.</i> , 2021)	<i>Research</i> , Scopus Q1	
2	Kulit	Minyak esensial	D-limonen	Penguat antimikroba, dan insektisida	flavor, dan	Penetapan batas kontak kulit Konsentrasi kombinasi bahan yang mengandung efek fototoksik tidak melebihi 100%	(Binder <i>et al.</i> , 2016)	<i>Research</i> , Scopus Q3
3	Kulit	Minyak esensial	Limonen	Flavor	Pemanfaatan energi dari <i>microwave</i> dalam hidrodistilasi dapat mengurangi penggunaan energi sehingga lebih efisien dalam hal waktu dan tenaga	(Bustamante <i>et al.</i> , 2016)	<i>Research</i> , Scopus Q1	
			-	-	Pemanfaatan energi matahari dalam hidrodistilasi dapat mempercepat proses dan	(Hilali <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1	

					menurunkan kebutuhan energi selama proses			
4	Kulit	Pektin	Pektin	Menunda pengosongan lambung, mengurangi laju absorpsi di usus kecil, serta menurunkan kadar kolesterol darah dan LDL (<i>low density lipoprotein</i>)	-	(Fayek <i>et al.</i> , 2017)	Research, Scopus Q2	
5	Kulit	Pektin	Pektin	Penstabil pada berbagai pangan	Pengaplikasian <i>ohmic heating assisted extraction process</i> dalam proses produksi pektin tidak memberikan pengaruh perubahan sifat termal dan mampu meningkatkan jumlah pektin yang dihasilkan	(W. Putri <i>et al.</i> , 2021; Sabanci <i>et al.</i> , 2021)	Research, SINTA S2 dan Scopus Q2	
6	Kulit	<i>Pectic oligosaccharide</i>	-	Prebiotik	-	(S. Zhang <i>et al.</i> , 2018)	Research, Scopus Q1	
7	Kulit	Antioksidan	Tanin	Penangkal radikal bebas dan mencegah terjadinya kanker maupun penyakit kardiovaskular	Aplikasi enzim naringinase dalam proses <i>debittering</i>	(Czech <i>et al.</i> , 2021; Singla <i>et al.</i> , 2020)	Research, Scopus Q2	

			Senyawa fenolik	Terminator radikal bebas		(Ji Hye Kim & Kim, 2016)	<i>Research, Scopus Q2</i>
8	Kulit	Pewarna alami	Karotenoid	Mengurangi kemungkinan terjadinya kanker, inflamasi, degenerasi makular, <i>alzheimair</i> , dan penyakit jantung.	Penggunaan <i>ionic liquid</i> sebagai pengganti pelarut konvensional untuk menghasilkan karotenoid dengan kestabilan tinggi	(Murador <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research, Q1</i>
9	Kulit	Pewarna alami <i>yellow #15</i>	β -karoten	Mencegah penyakit kardiovaskular dan berbagai jenis kanker	Pengembangan nanoemulsi β -karoten sebagai pewarna alami yang dapat meningkatkan bioavailabilitas β -karoten dan RAE	(Barman <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research, Q2</i>
			Karotenoid	Antioksidan dan provitamin A	Pengurangan rasio padatan-cairan sehingga dapat meningkatkan hasil ekstrak karotenoid	(Ordóñez-Santos <i>et al.</i> , 2021)	<i>Research, Q1</i>
10	Kulit	<i>Debittere d food grade orange fiber</i> (DOF)	Serat tidak larut	Mencegah dan menangani sejumlah penyakit (obsesitas, <i>atherosclerosis</i> , diabetes, hiperkolesterolemia, dan jantung koroner) serta mendukung	Kontrol suhu pengeringan pada rentang 50-60°C dan konsentrasi kelembaban 10%	(Caggia <i>et al.</i> , 2020; Marey & Shoughy, 2016)	<i>Research, Scopus Q1 dan Q2</i>

					pertumbuhan mikrobiota yang menguntungkan pada saluran pencernaan		
11	Kulit	Asam suksinat	-	-	<i>Corn steep liquor</i> (CSL) dan vitamin merupakan suplementasi terbaik bersama dengan pengaplikasian metode <i>fed-batch fermentation</i> yang mampu meningkatkan konsentrasi asam suksinat yang dihasilkan	(Patsalou <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1
12	Kulit dan membran	Enkapsulat produk samping buah jeruk	Fenolik Flavonoid	Antioksidan Antioksidan, anti inflamatori, neuroprotektif, dan anti tumor	Penggunaan teknologi <i>freeze drying</i> menggunakan campuran maltodextrin dengan protein kedelai mampu menghasilkan enkapsulat dengan TFC, TPC, dan aktivitas antioksidan yang lebih besar	(Miya <i>et al.</i> , 2021; Papoutsis <i>et al.</i> , 2018; Šafranko <i>et al.</i> , 2021)	<i>Research</i> , Scopus Q1
13	Kulit	Nanoselulosa	-	-	Perlakuan menggunakan rasio HCl dan H ₂ SO ₄ yang berbeda mampu mengubah rantai panjang selulosa menjadi lebih kecil	(Naz <i>et al.</i> , 2016)	<i>Research</i> , Scopus Q2

14	Kulit	Polifenol	Polifenol	Memiliki kemampuan menangkal radikal bebas dan kofaktor enzim antioksidan	Penggunaan energi non konvensional, seperti <i>Ultrasound Assisted Extraction</i> (UAE) yang melibatkan proses pencampuran pada suhu dan waktu yang telah ditetapkan	(Safdar <i>et al.</i> , 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q1
15	Biji	Minyak biji jeruk	Asam lemak tidak jenuh	-	Pengurangan rasa pahit dapat dilakukan dengan perlakuan menggunakan enzim naringinase dan hesperinidase	(Rosa <i>et al.</i> , 2019; Yilmaz <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1 dan Q2
16	Biji	PLA/PBAT <i>composited film</i> dengan penambahan <i>grapefruit seed extract</i>	Senyawa polifenol. Flavonoid (naringin), asam sitrat dan askorbat, tokoferol, serta limonoid	-	Aplikasi <i>grapefruit seed extract</i> memberikan hasil permukaan <i>film</i> yang homogen dan halus yang dilengkapi dengan kemampuannya sebagai antimikroba	(Shankar & Rhim, 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q1
17	Biji	<i>Edible coating</i> dengan penambahan <i>grapefruit seed extract</i>	Flavonoid	Antimikroba alami	Penambahan <i>grapefruit seed extract</i> menyebabkan <i>edible coating</i> kitosan memiliki kemampuan antimikroba tanpa mengubah sensori dan warna <i>coating</i> yang dihasilkan	(Won <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q1

18	Biji	Serat biji jeruk	Serat pangan	Menstimulasi fermentasi kolon, mengurangi postprandial glukosa darah dan kadar kolesterol, mengurangi risiko penyakit kardiovaskular, kanker, diabetes, hingga penyakit pernafasan	<i>Debittering</i> untuk mengurangi rasa pahit akibat flavonoid dengan metode terbaik, yaitu pelaruttogenesis yang mampu memberikan hasil maksimal tanpa ada efek samping.	(Singla <i>et al.</i> , 2021; Yilmaz & Karaman, 2017)	<i>Research</i> , Scopus Q1 dan Q2
			Flavonoid (Senyawa fenolik)	Antiinflamasi, antioksidan, antikanker, menjaga sistem kardiovaskular, antidiabetes, dan menjaga ginjal.			
19	Biji	Nanoliposom	Fitoaktif dan <i>nutraceutical</i>	Mampu menargetkan pemuatan senyawa hidrofilik dan hidrofobik secara simultan	Aplikasi <i>coating</i> kitosan pada nanoliposom untuk meningkatkan stabilitas efisiensi enkapsulat.	(Mazloomi <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1
20	Limbah cair industri pengalengan buah jeruk	<i>Pectic oligosaccharide</i>	-	Agen terapi kanker	-	(J. Li <i>et al.</i> , 2019)	<i>Research</i> , Scopus Q1

21	Limbah cair industri pengalengan buah jeruk	Pektin	Pektin	Pembentuk tekstur dan pengganti lemak pada produk pangan	-	(H. Zhang <i>et al.</i> , 2018)	<i>Research</i> , Scopus Q1
22	Limbah cair buah jeruk (<i>juice</i> dan <i>percolate</i>)	Cuka	Brutieridin dan melitidin	<i>Anticholesteromic</i>	-	(Di Donna <i>et al.</i> , 2020)	<i>Research</i> , Scopus Q1

Keterangan

- = tidak disebutkan

Pada Tabel 7. merujuk pada berbagai tantangan selama proses transformasi limbah buah jeruk, tersaji beberapa peluang perbaikan untuk mengatasi hal tersebut. Untuk meningkatkan peluang penerimaan konsumen maka pada produk minyak esensial kulit jeruk yang berfungsi sebagai flavor, antimikroba, dan insektisida dilakukan penetapan batas kontak kulit dan konsentrasi maksimal 100% untuk kombinasi bahan yang memiliki efek fototoksik. Pengaplikasian metode *debittering* digunakan untuk mengatasi rasa pahit pada produk antioksidan kulit jeruk, minyak, dan serat biji jeruk, meskipun begitu pada produk antioksidan terkandung tanin dan senyawa fenolik yang berfungsi sebagai terminator radikal bebas, sedangkan pada minyak biji jeruk terdapat asam lemak tidak jenuh, serta serat biji jeruk mengandung serat pangan dan senyawa fenolik yang memiliki berbagai manfaat kesehatan. Kemampuan antimikroba dan homogenitas permukaan *film* pada pengemas PLA/PBAT *composite film* dan *edible coating* diperoleh dengan penambahan *grapefruit seed extract*.

Tantangan selama proses pengolahan diatasi melalui berbagai peluang peningkatan efisiensi. Untuk produk minyak esensial kulit jeruk penggunaan energi *microwave* dan matahari digunakan untuk menggantikan energi pada metode konvensional hidrodistilasi. Pektin kulit jeruk yang memiliki manfaat dalam sistem pencernaan dan berfungsi sebagai penstabil dapat ditingkatkan efisiensinya melalui pengaplikasian *ohmic heating assisted extraction process*, sama seperti pektin, polifenol berbahan dasar kulit jeruk dengan

fungsi sebagai antioksidan memiliki peluang perbaikan dengan pengaplikasian *ultrasound assisted extraction*. Senyawa karotenoid dan β -karoten pada pewarna alami berbahan kulit jeruk serta memiliki potensi mencegah terjadinya berbagai penyakit, antioksidan, dan provitamin A, namun senyawa ini dikenal tidak stabil dan sensitif sehingga untuk mengatasinya dilakukan pengaplikasian *ionic liquid* untuk mengganti pelarut konvensional, penggunaan β -karoten sebagai pewarna, dan pengurangan rasio padatan dan cairan selama proses ekstraksi.

Guna mempertahankan berbagai manfaat kesehatan pada produk *debittered food grade orange fiber* berbahan dasar kulit jeruk maka dilakukan kontrol pada suhu dan kelembaban. Produk enkapsulat limbah kulit jeruk dapat ditingkatkan efisiensinya melalui penggunaan metode alternatif *freeze drying* dimana enkapsulat ini dapat berfungsi sebagai antioksidan. Konsentrasi asam suksinat berbahan baku kulit jeruk dapat ditingkatkan dengan penambahan suplemen dan pengaplikasian metode *fed-batch fermentation*. Di sisi lain perlakuan menggunakan asam dapat dimanfaatkan untuk mempermudah isolasi selulosa pada produk nanoselulosa kulit jeruk. Nanoliposom yang diproduksi dengan bahan biji jeruk memiliki kegunaan dalam menargetkan pemuatan senyawa hidrofilik dan hidrofobik dengan adanya kandungan fitoaktif dan nutrasetikal dimana stabilitas produk ini dapat ditingkatkan melalui pengaplikasian kitosan. Sementara itu peluang lain pada bahan dan produk terkait pangan hasil valorisasi limbah buah jeruk yang tidak kalah penting adalah peluang penggunaan produk *pectic oligosaccharide* dari kulit jeruk sebagai prebiotik serta ditemukannya senyawa brutieridin dan melitidin dengan potensi sebagai *anticholesterolemic* pada produk cuka yang berasal dari limbah cair buah jeruk.

3.3. Status, Tantangan, dan Peluang Valorisasi Limbah Kulit Buah Jeruk

Rangkuman mengenai parameter status, tantangan, dan peluang selama proses valorisasi pada limbah kulit buah jeruk dapat dilihat melalui Tabel 8. berikut.

Tabel 8. Status, Tantangan, dan Peluang pada Valorisasi Limbah Kulit Buah Jeruk

Metode	Produk Valorisasi	Tantangan	Peluang
Ekstraksi distilasi uap (hidrodistilasi)	Minyak esensial	Alergen yang disebabkan oleh hidroperoksida pada limonen dan linalool	Penetapan batas kontak kulit
		Limonen sebagai alergen	Konsentrasi tidak melebihi 100% untuk kombinasi bahan dengan sifat fototoksik
Ekstraksi padat cair menggunakan pelarut		Sensitivitas limonen terhadap paparan cahaya dan panas	Pemanfaatan energi <i>microwave</i> selama proses hidrodistilasi efisien dari segi waktu dan tenaga
Hidrolisis asam encer		Lamanya waktu ekstraksi pada metode hidrodistilasi	Pemanfaatan energi matahari selama proses hidrodistilasi mampu mempercepat proses dan memperkecil kebutuhan energi
		Metode hidrodistilasi mengakibatkan dampak buruk bagi lingkungan	
Hidrolisis asam encer	Pektin	-	-
Ekstraksi pelarut		Tingginya suhu dan lamanya waktu ekstraksi menyebabkan penurunan struktur dan kualitas pektin	Pengaplikasian <i>ohmic heating assisted extraction process</i> mampu mengubah sifat termal dan meningkatkan jumlah pektin yang dihasilkan
<i>Thermopressing</i>	Biofoam	-	-
Pencampuran dan pengeringan	LLDPE/OPP <i>composite film</i>	-	-
<i>Molding</i>	Film bioplastik	-	-

Ekstraksi dan <i>treatment kraft paper</i>	<i>Food grade kraft paper</i> dengan <i>treatment</i> limbah buah jeruk	-	-
Hidrolisis enzimatik	<i>Pectic oligosaccharide</i>	-	-
Degradasi kimia terkontrol		-	-
Ekstraksi maserasi	Pengawet pangan	-	-
Ekstraksi <i>cold percolation</i>	Antioksidan	Rasa pahit dan <i>astringent</i> yang disebabkan senyawa tanin	<i>Debittering</i> dengan enzim naringinase
Ekstraksi pelarut	Agen antimikroba alami	-	-
Ekstraksi pelarut	Pewarna alami	Sensitivitas senyawa karotenoid terhadap cahaya	Pengaplikasian <i>ionic liquid</i> sebagai pengganti pelarut konvensional yang mampu menghasilkan karotenoid dengan kestabilan yang tinggi
Ekstraksi padat cair sederhana menggunakan etanol cair		Ketidakstabilan karotenoid terhadap cahaya, panas, dan oksigen	Pengembangan nanoemulsi β -karoten sebagai pewarna alami yang dapat meningkatkan bioavailabilitas β -karoten dan RAE
Pengeringan <i>fluid bed dryer</i>	<i>Debittered food grade orange fiber</i>	Tidak adanya kontrol suhu pada tahap pengeringan akhir	Kontrol suhu pengeringan pada rentang 50-60°C dan konsentrasi kelembaban 10%
Fermentasi	Asam suksinat	Pembentukan produk samping menyebabkan penurunan jumlah asam suksinat yang dihasilkan	Suplementasi dengan <i>corn steep liquor</i> dan vitamin serta pengaplikasian metode fermentation <i>fed-batch</i> mampu meningkatkan konsentrasi asam suksinat
<i>Solid state fermentation</i>	Enzim pektinolitik	-	-
<i>Spray dan freeze drying</i>	Enkapsulat	Penggunaan suhu tinggi pada penggunaan metode <i>spray drying</i>	Penggunaan <i>freeze drying</i> bersama dengan campuran malrodextrin dan protein kedelai mampu menghasilkan

			enkapsulat dengan kualitas yang lebih baik
Ekstraksi dan hidrolisis asam	nanoselulosa	Lignin dan hemiselulosa menyebabkan selulosa sukar terisolasi	Perlakuan asam (HCl dan H ₂ SO ₄) dengan rasio berbeda mampu mengubah rantai panjang selulosa
Ekstraksi maserasi dan <i>ultrasound assisted extraction</i>	Polifenol	Sensitivitas senyawa polifenol terhadap cahaya, panas, dan oksigen Terdapat banyak kelemahan dalam pengaplikasian metode maserasi	Pengaplikasian energi alterantif, seperti <i>ultrasound assisted extraction</i>

Keterangan

- = tidak disebutkan

Berdasarkan rangkuman literatur yang terkumpul, pada Tabel 8. diketahui apabila kulit jeruk merupakan limbah buah jeruk yang mayoritas digunakan selama proses valorisasi. Pada limbah tersebut, ekstraksi menggunakan pelarut merupakan proses yang umumnya digunakan. Produk hasil valorisasi didominasi dengan pengemas, minyak esensial, pektin, dan pengawet alami. Selama proses valorisasi ditemukan pula adanya tantangan yang menyertai beserta peluang perbaikannya. Pemanfaatan limbah kulit jeruk menjadi berbagai bentuk pengemas tidak ditemukan adanya tantangan dan peluang perbaikannya. Untuk produk minyak esensial, diperoleh tantangan berupa sensitivitas dan potensi alergen dari limonen serta penggunaan metode konvensional dengan beberapa kelemahannya, peluang perbaikan untuk mengatasi hal tersebut dilakukan dengan penetapan batas kontak kulit dan konsentrasi serta penggunaan metode alternatif. Tantangan yang ditemukan pada produk pektin berupa penurunan kualitas pektin sebagai akibat penggunaan suhu tinggi dan lamanya waktu ekstraksi, tantangan ini diatasi melalui pengaplikasian metode alternatif berupa *ohmic heating assisted extraction*. Sementara itu produk pengawet memiliki tantangan berupa rasa pahit yang memiliki peluang perbaikan dengan pengaplikasian metode *debittering*.