

4. PEMBAHASAN

4.1. Keberadaan Pustaka

Literatur yang banyak digunakan pada *review* ini adalah jurnal penelitian dengan tahun terbit paling banyak pada tahun 2020. Sedangkan untuk ranking kualitas literaturnya didominasi oleh literatur dengan ranking Scopus Q1. Literatur Indonesia tidak ditemukan karena tidak memenuhi kriteria ranking. Dari literatur yang diperoleh, sebagian besar literatur membahas mengenai pemanfaatan limbah kentang untuk berbagai produk pangan. Banyaknya literatur yang membahas pemanfaatan limbah kentang ini dikarenakan limbah kentang yang dihasilkan di sepanjang rantai pasok masih memiliki berbagai kandungan gizi dan senyawa bioaktif yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut.

4.2. Keberadaan Limbah Kentang

Berdasarkan data Statista (2021), pada tahun 2019, pasar pengolahan kentang global bernilai sekitar 25,7 miliar dolar AS dan diperkirakan akan mencapai 38 miliar dolar AS pada tahun 2026. Pemenuhan akan permintaan kentang untuk 5 tahun ke depan akan semakin meningkat, dibuktikan dengan informasi yang ditulis di situs *Mordor Intelligence* (2021) bahwa pasar kentang diperkirakan akan memiliki *compounded annual growth rate* (CAGR) sebesar 1% dari tahun 2021 hingga 2026. Dengan diketahuinya prospek permintaan kentang untuk 5 tahun ke depan, persediaan akan kentang yang harus dikumpulkan juga semakin banyak. Hal ini menjadi salah satu faktor yang akan meningkatkan jumlah kehilangan dan limbah kentang yang tentunya akan menjadi prospek valorisasi.

Secara umum, limbah yang dihasilkan sepanjang rantai pasok kentang terdiri dari kulit kentang, potongan kentang cacat, dan air limbah kentang. Kehilangan dan limbah yang diperoleh dari rantai pasok kentang cukup banyak jumlahnya. Setiap harinya, terdapat 5,8 juta kentang terbuang pada tahap panen, *grading*, penyimpanan, pengemasan dan konsumsi (Jagtap *et al.*, 2019). Pada penelitian lain, dijelaskan bahwa 53–55% dari produksi kentang segar awal hilang selama panen, distribusi, penjualan, dan konsumsi. Kosseva (2020), menambahkan bahwa sebanyak 45% dari produksi umbi global hilang pada tahap pertanian akibat kualitas hasil panen yang tidak sesuai standar. Lebih

spesifiknya, untuk mengolah 100 kg kentang diperkirakan menghasilkan 42-45 kg pulp kentang, sedangkan pengolahan 1 ton kentang menghasilkan 50 kg limbah kulit kentang dan 7000 liter air limbah yang digunakan dalam proses pencucian, pengupasan, sorting (Kot *et al.*, 2020). Sekitar 50% dari total kerugian kentang terjadi karena kentang tidak memenuhi standar kualitas, 25–34% dari kehilangan yang didorong oleh kualitas ini disebabkan oleh alasan keamanan pangan, dan sisanya disebabkan oleh preferensi konsumen atau kesesuaian untuk penyimpanan (Willersinn *et al.*, 2015).

Jenis limbah yang paling banyak dihasilkan adalah kulit kentang. Menurut Javed *et al.* (2019), di dalam 100 gram kulit kentang, terdapat kandungan air (83,3-85,1 g), karbohidrat (8,7-12,4 g), pati (7,8 g), serat pangan (2,5 g), protein (1,2-2,3 g), lemak (0,1-0,4 g), abu (0,9-1,6 g), senyawa fenolik (1,02-2,92 g), dan flavonoid (0,51-0,96 g). Kulit kentang ini mengandung senyawa fenolik yang jumlahnya sepuluh kali lebih tinggi dibandingkan kandungan senyawa fenolik pada daging kentang (Sepelev & Galoburda, 2015). Senyawa fenolik pada kulit kentang, antara lain asam klorogenat, kafeat, asam galat, ferulat, *p-hydroxybenzoic*, *p-coumaric* dan *trans-o-hydroxycinnamic*. Asam klorogenat merupakan senyawa fenolik utama pada kentang yang kandungannya mencapai 90% dari senyawa fenolik kulit kentang. Kandungan asam kafeat pada kulit kentang sekitar 25-72 mg/100 g berat kering, sedangkan asam galat, ferulat, *p-coumaric* kandungannya sekitar 0-5 mg/100 g berat kering (Akyol *et al.*, 2016). Asam klorogenat memiliki manfaat sebagai antioksidan, anti-diabetes, anti-hipertensi, dan antivirus hepatitis B (Lu *et al.*, 2020). Asam kafeat memiliki potensi antioksidan, anti-inflamasi, anti-mutagenik, anti-tumor dan anti-obesitas sehingga banyak dijadikan suplemen (Touaibia *et al.*, 2011). Sedangkan asam galat memiliki efek antioksidan, antimikroba, anti-inflamasi, antikanker, kardioprotektif, gastroprotektif, dan neuroprotektif (Kahkeshani *et al.*, 2019). Sementara itu, limbah kentang lainnya adalah pulp kentang yang kandungannya terdiri dari 37% pati, 17% selulosa, 17% pektin, 14% hemiselulosa, 7% serat, 4% protein, dan 4% abu (Kot *et al.*, 2020).

Selama ini, pemanfaatan limbah kentang lebih banyak digunakan sebagai pupuk tanaman, bahan biogas, pakan ternak, atau hanya dibuang, dibakar dan ditimbun sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan (Wu, 2016). Willersinn *et al.*, (2015)

menambahkan bahwa pada limbah kentang segar, 67-68% dari total limbah digunakan sebagai pakan ternak, 28-29% dibuang sebagai sampah, dan 3-5% digunakan untuk biogas. Sedangkan untuk limbah kentang yang diproses, jumlah limbah yang digunakan sebagai pakan ternak sebesar 87-90%, 6-8% digunakan untuk biogas, dan 4-5% dibuang. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin dini kehilangan terjadi maka semakin tinggi kemungkinan limbah tersebut akan digunakan sebagai pakan ternak.

4.3. Status Valorisasi Limbah Kentang di Bidang Pangan

Kemajuan teknologi dan pengetahuan saat ini memberikan dampak positif pada pengolahan limbah kentang. Limbah kentang yang sebelumnya dimanfaatkan sebagai produk bernilai rendah seperti pupuk dan pakan ternak, sekarang dapat diolah lebih lanjut untuk menjadi produk pangan dan non-pangan sehingga dapat meningkatkan nilai guna limbah yang dihasilkan. Menurut Robles-Ramírez *et al.* (2016), limbah dari industri kentang merupakan sumber serat, protein dan antioksidan yang baik yang dapat digunakan sebagai bahan pangan fungsional. Limbah kentang seperti kulit kentang dan pulp kentang tersebut dapat dimanfaatkan dalam berbagai macam produk, contohnya sebagai zat aditif fungsional, antioksidan alami, pengemulsi alami, substitusi tepung, bahan pengental dan penstabil saus, serta bahan biopolimer film. Dari berbagai jurnal yang membahas mengenai valorisasi limbah kentang, sebagian besar dimanfaatkan sebagai substitusi tepung, diikuti dengan pemanfaatan sebagai antioksidan alami, serta yang paling sedikit dimanfaatkan sebagai *thickener* dan *stabilizer*, dan bahan biopolimer film.

Perkembangan dalam teknologi pangan telah mendorong permintaan bubuk kulit kentang di seluruh dunia. Bubuk kulit kentang tidak hanya digunakan dalam industri pengolahan makanan, tetapi juga memiliki aplikasi dalam pengobatan herbal dan suplemen makanan. Selain itu, dengan adanya berbagai manfaat kesehatan pada bubuk kulit kentang, diestimasi akan meningkatkan perminataannya dari industri pengolahan makanan dan jamu dalam waktu dekat. Produsen dan para industrialis telah menunjukkan minat yang besar pada bubuk kulit kentang, yang diproyeksikan akan meningkatkan permintaan mereka di antara konsumen selama periode perkiraan (*Transparency Market Research*, 2021). Contoh dari beberapa produsen yang beroperasi di pasar bubuk kulit kentang,

antara lain *Shaanxi Fuheng (FH) Biotechnology Co., Ltd*, *Wonderful Herb, Nutraonly(Xi'an) Nutritions Inc.*, *Insta Food Industries (PVT) Ltd*.

4.3.1. Antioksidan Alami pada Produk Pangan

Oksidasi lipid merupakan salah satu penyebab utama penurunan kualitas makanan karena menyebabkan kerusakan bau dan *flavor*, mengubah tekstur dan warna, menurunkan umur simpan dan kandungan nutrisi makanan (Ahmed *et al.*, 2016). Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat atau memperlambat proses oksidasi, perubahan rasa, warna dan nilai nutrisi dalam pangan. Antioksidan menjadi bahan tambahan pangan yang penting karena kemampuannya untuk memperpanjang umur simpan makanan tanpa menimbulkan efek negatif pada kualitas sensori atau nutrisinya. Umumnya antioksidan sintetis seperti *butylated hydroxytoluene* (BHT) dan *butylated hydroxyanisole* (BHA) digunakan untuk mengendalikan oksidasi, namun antioksidan sintetis ini diketahui memiliki efek karsinogenik dan toksik pada manusia (Akyol *et al.*, 2016). Sementara itu, limbah dari pengolahan pangan merupakan bahan baku murah yang dapat menjadi antioksidan alami yang lebih aman. Limbah tersebut salah satunya kulit kentang yang mengandung senyawa bioaktif yang dapat menghambat oksidasi lemak dan minyak.

Pengaplikasian ekstrak kulit kentang sebagai antioksidan alami pada minyak dilakukan dengan mengekstrak senyawa fenolik pada kulit kentang menggunakan metode ekstraksi konvensional dengan cara limbah kulit kentang dikeringkan, digiling dan diekstraksi 3 kali dengan etanol selama 1 malam pada suhu 5 °C lalu ekstrak di-*freeze dried* dan dilarutkan kembali dengan etanol kemudian diaplikasikan pada sampel minyak dan disimpan pada suhu dan waktu tertentu untuk pengamatan. Sampel minyak seperti minyak kedelai disimpan pada suhu 60 °C selama 15 hari (Franco *et al.*, 2016; Amado *et al.*, 2014) dan sampel minyak disimpan pada suhu 50 °C selama 9 hari untuk minyak bunga matahari dan 21 hari untuk minyak *rapeseed* (Samotyja, 2019). Pengamatan yang dilakukan setelah sampel melalui penyimpanan mendapatkan hasil bahwa penambahan ekstrak kulit kentang pada berbagai minyak sebagai antioksidan alami dapat menjaga kestabilan dan menghambat oksidasi pada berbagai jenis minyak dengan meminimalkan indeks peroksida, totok dan p-anisidin, serta menghambat pembentukan diena terkonjugasi dan senyawa volatil pada minyak. Aplikasi ekstrak kulit kentang juga dapat

dilakukan pada buah dengan mencelupkan apel potong pada larutan ekstrak selama 2 menit lalu dikeringkan dan disimpan pada suhu 4 °C selama 3 hari (Venturi *et al.*, 2019). Ekstrak kulit kentang yang digunakan sebagai antioksidan pada buah dapat menjaga kualitas buah potong dengan memberikan efek *anti-browning* dan memperlambat pelunakan buah.

Hal serupa juga dilakukan oleh Farvin *et al.* (2012), yang meneliti mengenai aplikasi ekstrak kulit kentang pada daging. Kulit kentang diekstrak dengan ekstraksi konvensional melalui metode yang sudah dijelaskan sebelumnya, untuk menghasilkan ekstrak senyawa fenolik kulit kentang, lalu ekstrak diaplikasikan pada daging dengan melarutkan ekstrak terlebih dahulu dengan air distilasi lalu sampel daging disimpan pada suhu 5 °C selama 96 jam. Sedangkan pada penelitian Albishi *et al.* (2013), dilakukan metode ekstraksi yang sedikit berbeda dengan cara bubuk kulit kentang diberi perlakuan ultrasonik selama 20 menit pada suhu 30 °C dengan larutan metanol-aseton-air lalu disentrifugasi selama 5 menit dan supernatan dikumpulkan sementara residu diekstrak kembali lalu supernatan yang terkumpul dievaporasi pada kondisi vakum, suhu 40 °C untuk menghilangkan pelarut organik dan diatur pHnya 2, lalu diekstrak dengan dietil eter-etil asetat 4 kali, dikeringkan dengan *rotaty evaporator* dan ekstrak dilarutkan dalam metanol. Ester yang tersisa dalam fase air dihidrolisis dengan NaOH dan asam fenolik yang dibebaskan diekstraksi dengan dietil eter-etil asetat, dikeringkan dan dilarutkan dalam metanol. Residu awalnya didispersikan dalam NaOH dan diaduk selama 4 jam di bawah nitrogen. Larutan kemudian diasamkan sampai pH 2, disentrifugasi dan fenolat terikat diekstraksi dengan dietil eter-etil asetat. Ekstrak diaplikasikan pada sampel daging ikan lalu dimasak dalam *waterbath* pada suhu 80 °C selama 40 menit, didinginkan hingga suhu ruang, dihomogenisasi selama 30 detik dan disimpan pada suhu 4 °C selama 7 hari. Efek yang sama ditemukan pada daging dengan penambahan antioksidan ekstrak kulit kentang yaitu terjadi penghambatan oksidasi lipid dan protein yang ditunjukkan dengan penurunan nilai TBARS pada akhir penyimpanan.

Menurut Samarina *et al.* (2012), ekstraksi senyawa fenolik pada kulit kentang dengan pelarut metanol menghasilkan ekstrak dengan jumlah senyawa fenolik paling tinggi, kemudian diikuti oleh air, etanol, aseton dan heksana. Selain digunakan untuk mengekstrak

senyawa fenolik, pelarut aseton juga dapat mengekstrak lemak karena aseton termasuk pelarut non polar sehingga dapat melarutkan molekul non-polar seperti lemak. Pada penelitian lain ditemukan bahwa ekstrak etanol mengandung jumlah senyawa fenolik yang lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak air (Farvin *et al.*, 2012). Kandungan senyawa fenolik yang lebih tinggi dalam ekstrak etanol dapat disebabkan oleh kemampuan etanol untuk melepaskan senyawa fenolik yang menempel pada protein dan karena kelarutan fenolik tertentu dalam etanol lebih tinggi daripada dalam air. Tingginya jumlah senyawa fenolik pada ekstrak etanol akan berdampak pada aktivitas antioksidan yang lebih tinggi pada ekstrak etanol jika dibandingkan dengan ekstrak air. Oleh karena itu, ekstrak etanol lebih baik dalam menghambat oksidasi lipid dan protein pada daging, yang ditunjukkan oleh nilai peroksida dan kandungan karbonil terendah pada sampel daging dengan ekstrak etanol (Farvin *et al.*, 2012)

Berdasarkan data Google Patent (2018), sudah terdapat orang yang memiliki hak paten mengenai komposisi antioksidan pada limbah kentang dan aplikasi ekstraknya pada minyak yaitu Straetkvern Knut Olav. Ekstrak kulit kentang digunakan dalam percobaan yang menguji potensinya dalam menghambat oksidasi dalam produk berminyak. Sebagai referensi digunakan BHA sebagai antioksidan sintetis, dan sediaan komersial ekstrak *rosemary* sebagai antioksidan alami. Aktivitas antioksidan pada ekstrak kulit kentang yang yang ditambahkan pada minyak akan menunda peningkatan nilai totok seiring dengan peningkatan dosis ekstrak. Efek yang diperoleh dari ekstrak limbah kentang ini yaitu dapat menghambat ketengikan dalam minyak bunga matahari dan efeknya sebanding dengan antioksidan alami sintetis dan komersial.

4.3.2. Substitusi Tepung pada Produk Bakery

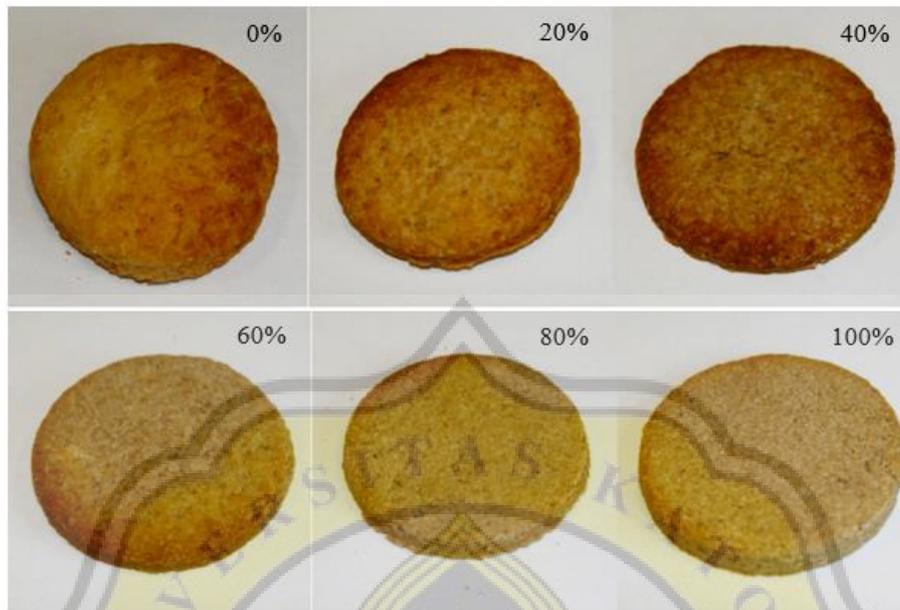
Menurut Cao *et al.* (2019), roti yang hanya dibuat dari tepung terigu tidak memiliki gizi yang seimbang karena sedikitnya kandungan mineral dan vitaminnya, serta memiliki indeks glikemik yang tinggi sehingga membatasi konsumsi penderita diabetes. Oleh karena itu perlu dilakukan substitusi tepung terigu dengan tepung lain untuk meningkatkan kualitas gizi roti. Bahan untuk substitusi salah satunya adalah limbah kentang seperti kulit kentang dan pulp kentang. Limbah kentang mengandung serat yang tinggi melebihi kandungan serat dedak gandum. Selain itu, limbah kentang memiliki

kandungan pati, polisakarida non-pati, vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif yang baik bagi kesehatan.

Substitusi tepung dengan limbah kulit dan pulp kentang dapat dilakukan pada berbagai macam produk seperti biskuit, roti, dan mie. Pada penelitian Dhingra *et al.* (2012), pembuatan biskuit dengan serat kulit kentang dilakukan dengan isolasi serat dari kulit kentang menggunakan metode *enzymic-chemical* lalu diberi perlakuan *heat stable α -amilase* dalam buffer fosfat selama 15 menit untuk menghilangkan pati, lalu dipanaskan dalam larutan asam sulfat pada suhu 60 °C selama 30 menit untuk menghilangkan protein kemudian larutan dinetralisasi sampai pH 7 dengan sodium hidroksida. Fraksi serat dicuci dengan air dan dikeringkan dalam *tray dryer* pada suhu 60 °C selama 7 jam lalu digiling dan disimpan pada suhu ruang (28-30°C). Biskuit dibuat dengan mencampurkan kulit kentang dengan bahan lain seperti tepung, gula, *shortening*, natrium klorida, matrium bikarbonat, *baking powder*, *dextrose* dan air. Gula dan lemak di-*mixer* selama 3 menit, lalu sodium bikarbonat dan sodium klorida dilarutkan dalam air suhu 30 °C dan ditambahkan pada krim dan di-*mixer* selama 5-6 menit. Tepung dan *baking powder* diayak dan ditambahkan pada krim dan di-*mixer* selama 3 menit. Adonan biskuit dipotong dan dipanggang pada suhu 180 °C selama 11-12 menit lalu didinginkan hingga suhu ruang dan disimpan. Pada penelitian ini, skor penampilan, flavor, tekstur dan rasa biskuit menurun seiring meningkatnya substitusi tepung dengan serat kulit kentang. Konsentrasi substitusi yang digunakan adalah 5-15%, yang mana skor keseluruhan sensori biskuit kontrol adalah 7,6 sedangkan biskuit dengan substitusi kulit kentang 15% memiliki skor sensori 6,4. Substitusi tepung terigu dengan serat kulit kentang melebihi 5% dalam pembuatan biskuit mengakibatkan perubahan karakteristik fisik dan sensori biskuit, sehingga kualitas biskuit dapat diterima hingga 5% pengganti tepung terigu dengan serat kulit kentang (Dhingra *et al.*, 2012).

Sedangkan pada penelitian Boruczowska *et al.* (2020), limbah kentang yang digunakan adalah pulp kentang, dimana pulp kentang kering dicampurkan dengan bahan lain seperti tepung, margarin, gula, kuning telur, krim, *baking powder*, vanili dan air untuk membuat *cookies* lalu dipanggang pada suhu 210 °C kemudian didinginkan hingga suhu ruang dan disimpan. Substitusi tepung dengan pulp kentang akan menurunkan skor struktur, rasa

bau dan konsistensi, meningkatkan kekerasan, serta mengubah warna *cookies* seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Cookies* dengan 0-100% Substitusi Pulp Kentang Kering

Morais *et al.* (2018), juga mengamati pengaruh substitusi tepung dengan limbah kentang yaitu air limbah kentang. Untuk membuat biskuit dengan penambahan limbah kentang, terlebih dahulu air limbah diasamkan dengan larutan asam laktat hingga pH 3,7 lalu dihomogenisasi, dikeringkan dengan suhu 60 °C dan disimpan dalam refrigerator 5 °C kemudian biskuit dibuat dengan mencampurkan pati kentang, tepung, natrium klorida, air, *baking powder*, telur, margarin dan *essence*. Bahan kering dan margarin di-*mixer* lalu ditambahkan dengan bahan lain dan dicetak, dipanggang selama 25 menit pada suhu 180 °C lalu didinginkan hingga suhu ruang dan disimpan pada suhu 25 °C dan 35 °C. Penambahan berbagai jenis limbah kentang pada biskuit akan memberikan dampak pada peningkatan kandungan serat, karbohidrat, dan abu, penurunan kandungan lemak dan protein, serta biskuit menjadi lebih keras dan warna lebih gelap.

Penelitian lain menunjukkan bahwa limbah kentang juga dapat digunakan sebagai substitusi tepung pada roti. Curti *et al.* (2016) menambahkan serat kentang yang diekstrak dari kulit kentang dalam pembuatan roti dengan mencampurkannya dengan bahan lain seperti tepung, gula, garam, ragi, air dan minyak bunga matahari untuk membuat roti lalu adonan diuleni 2 kali, difermentasi 3 kali, dan dipanggang selama 55 menit, lalu

didinginkan dan disimpan selama 7 hari pada suhu ruang. Hal serupa juga dilakukan oleh Kumar *et al.* (2020), yang membuat roti pie dengan cara mensubstitusi tepung dengan bubuk pulp kentang dan mencampurkannya dengan bahan lain seperti gula, ragi, butter, garam, yogurt dan air lalu diuleni selama 10 menit dan adonan difermentasi selama 90 menit pada suhu 30 °C lalu dipotong, dipanggang pada suhu 180 °C selama 30 menit lalu didinginkan hingga suhu ruang. Penelitian Cao *et al.* (2019) juga mensubstitusi tepung dengan pulp kentang pada roti kukus, dimana adonan roti dibuat dengan mencampurkan tepung, pulp kentang, air dan ragi, lalu diuleni selama 3 menit kemudian adonan difermentasi selama 60 menit, dipipihkan dan dibentuk lalu di-*proofing* selama 15 menit pada suhu 32 °C dan dikukus selama 20 menit. Efek substitusi tepung dengan limbah kentang pada roti yaitu meningkatnya kandungan serat, menurunkan kandungan lemak, karbohidrat, pati cepat dicerna (*rapidly digestible starch*) dan indeks glikemik, serta membuat warna roti menjadi lebih gelap.

Substitusi tepung dengan limbah kentang juga dilakukan pada pembuatan mie dan pasta, dimana pati dari pulp kentang dicampurkan dengan tepung dan air lalu di-*mixer* hingga adonan tercampur rata dan adonan didiamkan selama 30 menit kemudian dipipihkan menjadi lembaran adonan dan dipotong lalu direbus hingga mie matang (Tao *et al.*, 2020). Hal serupa juga dilakukan dalam penelitian Bastos *et al.* (2016), yang menggunakan pulp kentang kering dan ekstrudat pulp kentang lalu mencampurkannya dengan tepung amaranth, air, dan telur untuk membuat spaghetti. Bahan kering dicampurkan dan ditambahkan dengan telur dan air, lalu adonan dicetak dengan *pasta extruder* dan sampel spaghetti disimpan pada suhu 5 °C. Penggunaan limbah kentang sebagai substitusi tepung ini akan berdampak pada meningkatnya *adhesiveness* dan *springiness* adonan, warna produk menjadi lebih kuning dan karakteristik memasak lebih baik yaitu waktu memasak lebih cepat dan kehilangan padatan terhadap air lebih sedikit.

Produk roti dan mie yang dihasilkan memiliki sedikit perbedaan karakteristik disebabkan adanya perbedaan komposisi pada limbah kentang yang digunakan. Limbah kulit kentang memiliki kandungan paling banyak adalah total serat sebesar 76,4%, dimana kandungan serat larut air sekitar 2,59% dan serat tidak larut 73,35% (Dhingra *et al.*, 2012). Adanya kandungan serat, terutama serat tidak larut akan menyerap minyak sehingga produk biskuit

memiliki kapasitas menahan minyak yang lebih tinggi. Selain itu, produk akan menjadi keras karena sifat pengikat air dari serat kulit kentang yang menyebabkan adonan tidak menyebar dengan baik dan menghasilkan biskuit yang kecil, tebal dan padat. Sementara itu, limbah pulp kentang tinggi akan kandungan pati sebesar 12,4% (Cao *et al.*, 2019). Penambahan pulp kentang yang mengandung pati memiliki dua pengaruh terhadap produk yang dihasilkan, yaitu dapat mengurangi kekerasan karena pati kentang dapat mengencerkan kandungan gluten. Di sisi lain, pati dapat membentuk struktur jaringan pati-protein dengan gluten dan beberapa pati mengisi struktur jaringan gluten sehingga meningkatkan kekerasan produk, dan adanya gelatinasi pati juga meningkatkan kekerasan (Tao *et al.*, 2020).

Substitusi tepung dengan bubuk limbah kentang pada produk *bakery* dan mie belum dapat diimplementasikan pada skala industri. Saat ini, penelitian hanya dilakukan pada skala lab dan hasilnya masih memerlukan peningkatan lebih lanjut agar produk yang dihasilkan memiliki karakteristik sensori yang baik. Sebagian besar dari percobaan pemanfaatan limbah kentang untuk substitusi tepung memperoleh hasil yang kurang memuaskan, seperti warna yang menjadi gelap dan kekerasan tekstur yang meningkat seiring dengan peningkatan substitusi tepung. Maka dari itu, implementasi pemanfaatan limbah kentang sebagai substitusi tepung pada roti dan mie dalam skala industri belum dapat dilakukan karena masih harus diteliti lebih lanjut mengenai formulasi yang paling efektif agar penambahan limbah kulit kentang tidak berdampak negatif pada kualitas produk dan sesuai dengan preferensi konsumen.

Terdapat beberapa instansi yang telah memanfaatkan bubuk limbah kentang sebagai bahan dalam pembuatan roti dan mie seperti *Wuhan Jiangsheng Technology Co., LTD.* (Patentscope, 2016) dan *Chinese Academy Of Agricultural Mechanization Sciences* (Patentscope, 2019). Bubuk limbah kentang ini dapat dijadikan campuran atau substitusi tepung pada roti. Penambahan bubuk limbah kentang pada roti akan mengatasi masalah dalam pembuatan roti dengan tepung gandum, seperti roti yang keras, elastisitas yang kurang dan kualitas sensori yang buruk. Roti yang dibuat dengan limbah kulit kentang ini tidak hanya lembut tetapi juga kaya akan kandungan serat pangan, protein dan asam amino.

4.3.3. *Thickener* dan *Stabilizer* Produk Pangan

Thickener umumnya diperoleh dari polisakarida dan protein hidrokoloid. Bahan tersebut tidak hanya digunakan sebagai *thickener* dan pembentuk gel, namun juga digunakan untuk menahan kelembaban dan menghambat penguapan dari bahan makanan, menstabilkan emulsi, mengendalikan laju pembekuan dan pembentukan kristal es. Dibandingkan dengan pati lain, pati kentang memiliki karakteristik viskositas tinggi, suhu gelatinasi rendah, transparansi yang baik, dan kapasitas pengikatan air yang tinggi. Pati juga banyak digunakan sebagai *stabilizer* pada produk susu karena memiliki kemampuan untuk meningkatkan viskositas dan sifat sensori, serta menghambat pemisahan *whey* selama penyimpanan (Altemimi, 2018). Tiruneh (2021), menambahkan bahwa hidrokoloid juga banyak ditambahkan pada jus untuk meningkatkan *cloud stability*, stabilitas warna selama penyimpanan. Limbah kentang ini dapat dimanfaatkan sebagai pengganti gelatin dan *stabilizer* sintetis seperti *carboxyl methyl cellulose* karena limbah kentang bersifat alami sehingga lebih aman, murah dan halal.

Aplikasi limbah kentang khususnya pati dalam pulp kentang sebagai *thickening agent* pada saus dilakukan dengan metode yang umumnya dilakukan dalam pembuatan saus, hanya saja terdapat sedikit modifikasi dengan mengkombinasikan pulp kentang dan *xanthan gum*. Dalam penelitian Cai *et al.* (2020), metode pembuatan saus tomat dilakukan dengan mencampurkan bahan seperti gula, sirup glukosa, garam, natrium sorbat, serta kombinasi *thickener* dari pulp kentang dan *xanthan gum* kemudian dipanaskan dan diaduk dalam waterbath selama 15 menit pada suhu 92 °C lalu ditambahkan cuka dan asam sistrat dan disimpan pada suhu 4 °C selama 2 minggu. Hal serupa juga dilakukan pada penelitian Krystyan *et al.* (2012), yang membuat saus karamel dengan menambahkan *xanthan gum* dan gula kedalam larutan pati pulp kentang lalu dipanaskan dan diaduk dalam waterbath suhu 95 °C selama 30 menit. Kemudian membuat campuran sirup glukosa dan pewarna lalu diaduk, dipanaskan pada waterbath suhu 70 °C selama 3 menit lalu mencampurkannya pada larutan pulp kentang dan diaduk pada suhu 70 °C lalu didinginkan dan disimpan pada suhu 5 °C selama 7 bulan. Pada pengamatan di akhir penyimpanan, saus tomat dan saus karamel memiliki hasil yang hampir mirip, dimana penambahan pulp kentang dapat meningkatkan viskositas, *adhesiveness*, *cohesiveness* dan *firmness* saus, serta membuat saus lebih stabil dalam penyimpanan.

Limbah kentang juga dapat dimanfaatkan sebagai *stabilizer* untuk yogurt, jus dan *acidified milk drinks*. Metode penggunaan pati kulit kentang sebagai penstabil yogurt didahului dengan ekstraksi pati dari kulit kentang dengan memotong kulit kentang yang telah dicuci dan menambahkan air distilasi lalu disentrifugasi dan difiltrasi hingga dihasilkan endapan pati yang akan dikeringkan pada suhu ruang selama 5 jam kemudian dihaluskan hingga menjadi bubuk. Selanjutnya yogurt dibuat dengan menambahkan ekstrak pati dalam susu, dipanaskan dan diaduk selama 30 menit pada suhu 90 °C lalu didinginkan hingga suhu 43 °C untuk ditambahkan kultur starter dan diaduk selama 4 menit, kemudian susu dimasukkan wadah tertutup dan diinkubasi pada suhu 42 °C selama 4 jam hingga koagulasi selesai dan yogurt disimpan pada suhu 5 °C selama 15 hari (Altemimi, 2018). Setelah penyimpanan, yogurt memiliki parameter sensori yang lebih baik, perubahan keasaman total, penurunan pH dan sineresis juga berkurang. Pada penelitian Tiruneh *et al.* (2021), sampel jus nanas dengan penambahan pati pulp kentang disiapkan dengan memotong nanas dan dihomogenisasi lalu difiltrasi dan ditambahkan pati dari pulp kentang, diaduk hingga pati larut kemudian jus dikemas dan disimpan pada suhu ruang (28 °C) selama 15 hari. Pada akhir penyimpanan didapatkan hasil bahwa penambahan pati dari pulp kentang dapat meningkatkan *cloud stability* jus nanas, serta mempengaruhi kekeruhan, viskositas, dan sedimentasi jus.

Sementara itu, untuk menstabilkan *acidified milk drinks*, terlebih dahulu dilakukan ekstraksi *potato pulp pectic polysaccharide* (PPP) dari pulp kentang dengan menghilangkan pati dalam pulp kentang kering lalu ditambahkan asam sitrat monohidrat lalu dipanaskan selama 1 jam pada suhu 88 °C dan difiltrasi lalu filtrat dinetralkan dan ditambahkan etanol, disimpan pada suhu 4 °C selama 12 jam lalu disentrifugasi dan endapan dilarutkan kembali dalam air distilasi lalu didialisis selama 2 hari dan di-*freeze drying* untuk mendapatkan *potato pulp pectic polysaccharide* (PPP) kemudian dilarutkan dalam air deionisasi dan diaduk pada suhu 75 °C selama 30 hingga didapatkan larutan penstabil. *Acidified milk drinks* (AMD) dibuat dengan melarutkan susu skim bubuk dengan air deionisasi untuk emmbuat susu tanpa lemak lalu diaduk pada suhu 60 °C selama 1 jam dan ditambahkan asidulan *glucono- δ -lactone*, diasamkan selama 16 jam lalu ditambahkan *potato pulp pectic polysaccharide*, diatur pHnya menjadi 4 dengan

asam sitrat lalu dihomogenisasi dan disimpan pada suhu ruang selama 7 hari. Penambahan *potato pulp pectic polysaccharide* (PPP) sebagai *stabilizer* dapat memberikan dampak dalam mengurangi flukolasi kasein dan sedimentasi, serta mempertahankan dispersi kasein di *acidified milk drinks*.

Saat ini, ditemukan beberapa instansi yang mengembangkan aplikasi limbah kentang sebagai *thickener* dan *stabilizer* untuk produk pangan, seperti *Roquette Frères*, *National Starch And Chemical Investment Holding Corporation* (Google Patent, 2002) dan *Corn Products Development, Inc.* (Patentscope, 2018). Limbah kentang yang ditambahkan pada produk susu akan meningkatkan tekstur halus dengan mencegah pembentukan gumpalan dan tekstur kasar pada produk susu. Selain itu, penambahan limbah kentang juga meningkatkan viskositas dan menjaga stabilitas produk susu selama proses produksi dan penyimpanan (Patentscope, 2018)

4.3.4. Bahan Biopolimer Film

Biopolimer film merupakan lapisan tipis yang digunakan sebagai pembatas antara makanan dengan lingkungan sekitarnya (Othman *et al.*, 2017). Biopolimer film memiliki potensi untuk menggantikan plastik karena ramah lingkungan, namun penggunaan masih terbatas diakibatkan tingginya biaya bahan biopolimer dan beberapa karakteristik yang kurang seperti sensorinya dan penghalang oksigen atau kelembaban yang kurang mencukupi (Borah *et al.*, 2017). Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu dicari alternatif bahan untuk membuat biopolimer film, salah satunya kulit kentang. Kulit kentang memiliki kandungan pati karena adanya biopolimer alami yang didominasi polisakarida seperti pektin, pati, selulosa dan hemiselulosa yang kemungkinan memiliki efek menguntungkan pada pembentukan film dan properti film. Selain itu, dengan adanya kandungan senyawa fenolik pada kulit kentang yang memiliki aktivitas antioksidan akan menghasilkan film yang dapat melindungi bahan makanan dari pengaruh lingkungan seperti efek pencoklatan, serta memperpanjang umur simpan bahan makanan yang dikemas dengan film dari kulit kentang.

Pemanfaatan limbah kulit kentang sebagai biopolimer film dapat dilakukan sebagai bahan utama untuk menggantikan polimer sintetik atau sebagai bahan tambahan dengan

penambahan senyawa fenolik kulit kentang agar film memiliki aktivitas antioksidan. Pemanfaatan kulit kentang sebagai bahan biopolimer film dapat dilakukan dengan bubuk kulit kentang diberi perlakuan *high-pressure homogenization* (HPH) dengan cara perendaman sampel kulit kentang dengan *ultrapure water* dan dimasukkan dalam *high-pressure homogenizer*, kemudian sampel kulit kentang dengan perlakuan HPH ditambahkan dengan gliserol dan dicampurkan dalam kondisi vakum, lalu dicetak, dikeringkan selama 2 hari dan disimpan pada suhu 23 °C selama 1 bulan sebelum dilakukan analisis (Rommi *et al.*, 2016; Kang *et al.*, 2015). Pada penelitian Borah *et al.* (2017), juga dilakukan pencampuran bubuk kulit kentang dan air lalu diaduk dan dipanaskan pada suhu 85 °C selama 45 menit, kemudian ditambahkan gliserol sebagai plasticizer dan kulit telur sebagai emulsifier. Larutan dicetak dan dikeringkan pada tray dryer suhu 50 °C, lalu film kering direndam pada larutan CaCl₂ selama 10 menit untuk meningkatkan kekuatan film. Setelah itu, film dikeringkan kembali pada suhu 45 °C selama 12 jam lalu disimpan dalam desikator pada suhu 20 °C selama 72 jam sebelum dianalisis. Pengamatan film kulit kentang setelah penyimpanan mendapatkan hasil bahwa penambahan kulit kentang dapat menurunkan *water vapor permeability*, *moisture absorption* dan *water solubility*, serta menghasilkan film dengan *breakage strength* dan *elongation capacity* yang baik.

Sementara itu, penambahan senyawa fenolik kulit kentang agar film memiliki aktivitas antioksidan dapat dilakukan dengan mengekstrak senyawa fenolik kulit kentang dengan 2 tahap yaitu penghilangan lemak melalui ekstraksi *soxhlet* dengan pelarut n-heksana pada suhu 80 °C selama 5 jam, serta ekstraksi fenolik menggunakan *soxhlet* dengan pelarut etanol pada suhu 90 °C selama 5 jam lalu disimpan dalam desikator pada suhu ruang. Film dibuat dengan menyiapkan dispersi pati dalam air dan gliserol, lalu pati digelatinasi pada suhu 95 °C selama 30 menit dan diaduk. Lalu pati disaring, ditambahkan ekstrak fenolik kulit kentang yang telah dilarutkan dengan etanol, lalu dihomogenkan pada suhu 95 °C selama 15 menit. Campuran film dihilangkan gasnya, dicetak, dan dikeringkan pada suhu 25 °C selama 16 jam lalu disimpan selama 5 hari sebelum dianalisis. Pada penelitian Gebrechistos *et al.* (2020), penambahan ekstrak kulit kentang pada film dilakukan dengan cara mengekstraksi senyawa fenolik dari kulit kentang bubuk dengan pelarut etanol selama 1 malam, dan residu diekstraksi kembali 3 kali lalu filtrat

dievaporasi. Ekstrak kulit kentang dilarutkan dengan air dan diletakkan pada *thermostatic bath* pada suhu 50 °C selama 60 menit lalu ditambahkan pada larutan *active film* yang terdiri dari campuran air distilasi, pati kentang dan gliserol. Campuran dihomogenisasi selama 40 menit dan dipanaskan lalu dihilangkan gasnya, dicetak dan dikeringkan pada suhu 50 °C selama 24 jam, lalu disimpan pada desikator suhu ruang selama 48 jam sebelum dianalisis. Penambahan ekstrak kulit kentang pada film ini akan meningkatkan fleksibilitas permukaan dan aktivitas antioksidan film, serta menyebabkan warna kekuningan.

Terdapat beberapa instansi yang memiliki hak paten terhadap produk *edible film* atau *coating* berbasis limbah kentang, antara lain *Production And Innovation On Edible Coatings S.L.* (Patentscope, 2018), *Norner Verdandi AS* (Patentscope, 2020) dan *Bohai University* (Patentscope, 2021). *Edible film* dari limbah kentang dapat menggantikan film konvensional yang terbuat dari LDPE yang lebih mahal dan banyak menyumbangkan sampah plastik. Produk *edible film* limbah kentang ini memiliki karakteristik yang baik dan dapat mengawetkan produk pangan karena adanya aktivitas antioksidan yang menghambat oksidasi.

4.4. Tantangan dalam Proses Valorisasi Limbah Kentang

Kentang merupakan bahan makanan kedua yang paling banyak terbuang yaitu sekitar 5,8 juta kentang terbuang setiap hari (Jagtap *et al.*, 2019). Banyaknya produksi limbah ini akan berdampak pada kemudahan aksesibilitas untuk memperoleh limbah kentang. Sumber utama kehilangan dan limbah dalam rantai pasokan kentang segar adalah kehilangan saat produksi pertanian (15–24%), hilang saat distribusi (12–24%), hilang saat penjualan (1-3%), dan limbah saat konsumsi (15%) (Willersinn *et al.*, 2015). Limbah kentang yang dihasilkan ini akan mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Maka dari itu limbah harus dikumpulkan dari rantai pasok, khususnya saat produksi dan distribusi, yang kemudian akan dimanfaatkan menjadi produk lain yang bernilai tinggi.

Metode atau teknologi yang digunakan dalam proses valorisasi limbah kentang menjadi tantangan karena penggunaan metode ekstraksi konvensional seperti maserasi, *soxhlet* dan *heat flux* untuk mengekstrak senyawa fenolik kulit kentang membutuhkan waktu

ekstraksi lama, pelarut yang banyak, dan hasil *recovery* senyawa fenolik pada limbah kentang yang dihasilkan lebih sedikit (Singh *et al.*, 2011). Selain itu, senyawa fenolik kulit kentang umumnya diekstraksi dengan pelarut organik seperti etanol dan metanol. Etanol adalah pelarut yang baik untuk ekstraksi polifenol, sedangkan metanol umumnya lebih efisien untuk ekstraksi polifenol dengan berat molekul lebih rendah. Efisiensi ekstraksi polifenol tergantung pada polaritas pelarut dan berat molekul komponen fenol, dimana limbah kentang memiliki polifenol dengan berat molekul rendah sehingga paling baik diekstraksi dengan metanol dan etanol yang memiliki polaritas lebih tinggi (Robles-Ramírez *et al.*, 2016). Gaudino *et al.* (2020), menambahkan bahwa pelarut organik ini memiliki kapasitas ekstraksi yang baik dan harganya murah (hanya USD 488-849/MT), tetapi penggunaannya memiliki sifat mudah terbakar dan toksisitas yang tinggi.

Tantangan pada valorisasi limbah kentang juga ditemui berkaitan dengan karakteristik produk yang dihasilkan. Pada pemanfaatan limbah kentang sebagai substitusi produk *bakery*, didapatkan hasil bahwa penambahan limbah kentang dapat mempengaruhi karakteristik sensori biskuit dan roti, antara lain produk menjadi berwarna lebih gelap dan tekstur lebih keras, serta mempengaruhi rasa dan *mouthfeel* produk *bakery* (Dhingra *et al.*, 2012). Perubahan warna menjadi gelap dapat terjadi salah satunya karena adanya polifenol oksidase dalam limbah kentang yang menyebabkan roti berwarna lebih gelap, sedangkan peningkatan kekerasan biskuit dapat disebabkan oleh sifat pengikat air dari serat kulit kentang. Selain itu, tantangan mengenai karakteristik produk juga dapat ditemui pada pemanfaatan limbah kentang sebagai biopolimer film. Menurut penelitian Rommi *et al.* (2016), penambahan limbah kulit kentang pada film akan menghasilkan film dengan sifat sensori yang kurang baik jika dibandingkan film pati kentang. Penambahan kulit kentang tersebut akan membuat film berwarna kecoklatan, kurang tembus cahaya, permukaannya lebih kasar dan terdapat retakan. Warna kecoklatan pada film tersebut berasal dari reaksi oksidasi yang terjadi setelah pengupasan kentang, sedangkan tekstur yang kasar dapat disebabkan karena pelarutan atau gelatinisasi pati yang tidak sempurna sehingga permukaan film tidak homogen. Kurang memuaskannya karakteristik produk ini akan berdampak pada penurunan tingkat kesukaan konsumen sehingga dapat menyebabkan produk tidak laku jika dikomersialkan.

Sementara itu, tantangan yang dijumpai dari aspek keamanan pangan yaitu penggunaan bahan baku limbah kentang, khususnya kulit kentang yang memiliki kandungan racun steroid alami yaitu glikoalkaloid seperti *α -solanine* dan *α -chaconine* yang terletak di kulit dan tepat di bawah permukaan. Kadar glikoalkaloid ini dapat dipengaruhi oleh varietas kentang, kondisi pertumbuhan, penyimpanan dan transportasi, suhu, dan paparan cahaya. Jika kandungan glikoalkaloid di bawah 10 mg/100 g kentang maka akan memiliki efek menguntungkan pada rasa dan bau kentang. Namun, jika kandungannya tinggi yaitu di atas 20 mg/100 g kentang maka dapat menyebabkan rasa pahit, sensasi terbakar di tenggorokan dan mulut, serta keracunan glikoalkaloid setelah konsumsi kentang. Senyawa glikoalkaloid ini termasuk zat antinutrisi yang mampu menghambat penyerapan nutrisi oleh tubuh, dan juga racun yang dapat menyebabkan keracunan dan merusak fungsi tubuh. Omayio *et al.* (2016) membahas beberapa kasus keracunan akibat paparan glikoalkaloid telah mengakibatkan sekitar 2000 kasus manusia, di mana 30 kematian terjadi. Kasus lain terdapat 17 orang dari 78 remaja laki-laki di Inggris jatuh sakit setelah mengkonsumsi kentang dan mengalami gejala sakit perut, muntah, demam, diare berat halusinasi dan gangguan sistem saraf.

4.5. Peluang Perbaikan Valorisasi Limbah Kentang

Peluang perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan proses valorisasi limbah kentang, antara lain dengan mengganti metode ekstraksi konvensional dengan metode ekstraksi yang lebih *modern*, serta melakukan beberapa tahapan pendahuluan untuk mengatasi tantangan mengenai keamanan dan karakteristik produk. Dari aspek metode, terdapat beberapa metode alternatif yang dapat digunakan untuk mengekstrak senyawa fenolik limbah kentang, antara lain *ultrasonic-assisted extraction* (UAE), *microwave-assisted extraction* (MAE), *pressurized liquid extraction* (PLE), dan *supercritical fluid extraction* (SFE) (Osorio-Tobón, 2020). Metode alternatif ini akan membuat waktu ekstraksi lebih cepat, penggunaan pelarut lebih sedikit, dan hasil *recovery* senyawa fenolik lebih tinggi.

Ultrasonic-assisted extraction (UAE) adalah metode yang menggunakan perambatan gelombang ultrasonik untuk meningkatkan kontak antara sampel dengan pelarut dan mempercepat laju perpindahan massa (Duarte *et al.*, 2014). Metode *microwave-assisted*

extraction (MAE) menggunakan energi gelombang mikro untuk memanaskan pelarut dan sampel guna mengekstrak senyawa tertentu dari sampel ke dalam pelarut. *Pressurized liquid extraction* (PLE) adalah metode yang menerapkan tekanan selama ekstraksi untuk menjaga suhu di atas titik didih pelarut yang akan digunakan sehingga perpindahan massa dan laju ekstraksi meningkat yang mengakibatkan waktu ekstraksi lebih pendek dan konsumsi pelarut organik yang lebih rendah daripada metode konvensional (Wijngaard *et al.*, 2012). Sedangkan *supercritical fluid extraction* (SFE) dilakukan pada kondisi tekanan dan suhu kritis dari pelarut yang digunakan seperti air dan CO₂ sehingga pemisahan senyawa lebih cepat, selektivitas dan kemurnian ekstrak yang dihasilkan lebih tinggi (Rakhee *et al.*, 2018)

Metode alternatif lain untuk mengekstrak senyawa fenolik limbah kentang yang dapat diterapkan adalah subcritical water yang menggunakan air pada tekanan dan suhu tinggi (suhu 180 °C dan tekanan 6 Mpa). Metode ini membutuhkan waktu yang lebih singkat (60 menit) dibandingkan dengan ekstraksi konvensional (3 jam), pelarut yang lebih sedikit (120 ml) dibandingkan volume pelarut dengan ekstraksi metanol/etanol (300 ml), serta menghasilkan ekstrak senyawa fenolik yang lebih tinggi (81,83 mg/100 g) daripada ekstraksi metanol (46,36 mg/100 g) atau ekstraksi etanol (29,52 mg/100 g) pada suhu 65 °C dan pada tekanan atmosfer (Singh & Saldaña, 2011). Pada penelitian Pereira *et al.* (2016), juga dilakukan ekstraksi dengan metode lain yaitu dengan pemanasan ohmik yang memungkinkan penggunaan air sebagai pelarut untuk mengekstrak senyawa fenolik dari kulit kentang. Pemanasan ohmik didasarkan pada aliran arus listrik bolak-balik (AC) pada bahan pangan yang memudahkan peningkatan perpindahan massa ke dalam pelarut ekstraksi.

Sementara itu, untuk mengatasi tantangan pada karakteristik sensori biskuit dan roti yang berwarna lebih gelap dan tekstur lebih keras, maka dilakukan proses *blanching*. Proses *blanching* pada suhu 97 °C selama 2 menit akan menginaktivasi enzim polifenol oksidase (PPO) yang menyebabkan reaksi pencoklatan enzimatik, selain itu juga dapat meningkatkan karakteristik sensori pada produk *bakery* seperti warna dan tekstur (Reis, 2017). Sedangkan untuk menghasilkan film kulit kentang yang memiliki sifat sensori lebih baik, maka dapat dilakukan penambahan NaHSO₃ pada kulit kentang. Aplikasi

NaHSO₃ akan mencegah film kulit kentang berwarna kecoklatan dan film dapat lebih transparan. Selain itu, juga dapat dilakukan pemanasan untuk meningkatkan transparansi film kulit kentang serta mengurangi kekasaran dan cacat visual (retakan) pada permukaan.

Dari aspek keamanan pangan, untuk mengurangi kadungan glikoalkaloid yang toksik, dapat dilakukan proses *blanching* pada kulit kentang. *Blanching* pada suhu 75 °C selama 15 menit dapat menurunkan glikoalkaloid sebesar 25-28% karena senyawa tersebut larut dalam air, yang mana penurunan α -*chaconine* setelah *blanching* lebih besar (28-29%) daripada α -*solanine* (21-27%) karena α -*solanine* kurang larut dibandingkan α -*chaconine* (Rytel, 2012). Proses lain yang dapat menurunkan glikoalkaloid pada limbah kulit kentang yaitu pengeringan. Berdasarkan penelitian Rytel (2012), pengeringan pada suhu 160°C selama 2 jam dapat menurunkan glikoalkaloid sebesar 25%, dengan penurunan α -*chaconine* lebih besar (28%) daripada α -*solanine* (23%). Temperatur yang tinggi (165-170 °C) dalam waktu yang relatif singkat dapat mendegradasi glikoalkaloid dari α -*solanine* dan α -*chaconine* menjadi β -*solanine*, β -*chaconine*, γ -*solanine*, γ -*chaconine* dan *solanidine* sehingga berdampak signifikan terhadap kandungan senyawa tersebut pada limbah kentang (Jensen *et al.*, 2009). Hal yang sama juga dilakukan pada penelitian Elżbieta (2012), dimana kandungan glikoalkaloid awal pada kulit kentang sebesar 38,18 mg/100 g b.k (13,29 mg/100 g α -*solanine* dan 23,89 mg/g α -*chaconine*), tetapi setelah kulit kentang dikeringkan kandungan glikoalkaloid menurun menjadi 3,34 mg/100 g b.k (2,16 mg/100 g α -*chaconine* dan 1,18 mg/100 g α -*solanine*).

4.6. Tren dan Implikasi

Pada *review* ini kecenderungan riset untuk mengetahui pemanfaatan limbah kentang adalah pada skala lab dan metode yang digunakan untuk valorisasi limbah kentang adalah metode konvensional. Penggunaan metode konvensional dalam valorisasi limbah kentang, khususnya untuk metode ekstraksi konvensional mengekstrak senyawa fenolik pada limbah kentang perlu diperbarui dengan metode non-konvensional yang lebih modern. Pelarut organik yang digunakan pada ekstraksi senyawa fenolik kulit kentang juga perlu diganti dengan pelarut yang lebih aman dan tidak toksik, salah satu contohnya yaitu pelarut air yang murah dan aman dikonsumsi (Fritsch *et al.*, 2017).

Beberapa produk yang dihasilkan pada valorisasi limbah kentang ini seperti roti dan biopolimer film memiliki karakteristik sensori yang kurang baik, seperti warna kecoklatan, tekstur keras dan permukaan kasar. Maka dari itu, dibutuhkan riset lebih lanjut untuk mengetahui formulasi penambahan limbah kentang yang paling optimal untuk menghasilkan produk dengan karakteristik fisikokimia dan sensori yang baik. Diperlukan pula beberapa tahapan pendahuluan yang dapat mengatasi beberapa masalah karakteristik produk tersebut dan untuk mengurangi kandungan senyawa toksik dari limbah kentang. Tindakan yang perlu dilakukan saat produk valorisasi limbah kentang ini diindustrialisasikan adalah menerapkan metode ekstraksi non-konvensional dengan pelarut non-toksik serta menambahkan tahapan pendahuluan dan memformulasikan bahan untuk mengurangi senyawa toksik dan mendapatkan produk dengan karakteristik baik dan disukai oleh konsumen.

