

4. PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Fisik Tepung Kimpul Termodifikasi

4.1.1. Derajat Putih

Derajat putih merupakan salah satu parameter fisik terpenting untuk tepung, biasanya masyarakat akan melihat derajat putih terlebih dahulu dibandingkan dengan parameter lain. Pengukuran derajat putih pada tepung dilakukan dengan menggunakan alat *chromameter*, setelah itu akan didapatkan nilai L, a* serta b*. Penentuan nilai derajat putih dihitung menggunakan rumus dan didapat nilai persen derajat putih. Nilai L, a* dan b* akan terlihat berdasarkan daya pantul dari tepung pati terhadap cahaya yang ditembakkan alat tersebut (Kusumiyati, 2018).

Tabel 1. menunjukkan bahwa derajat putih tepung kimpul termodifikasi mengalami peningkatan seiring tingginya frekuensi dan waktu sonikasi. Derajat putih tepung tertinggi pada F2T3 yaitu 88.111% dan derajat putih terendah pada tepung kontrol yaitu 81.527%. Nilai derajat putih (%) akan semakin meningkat jika nilai L yang ditunjukkan juga meningkat karena nilai L menunjukkan nilai warna putih (Kaemba, 2017). Selain itu nilai a* menunjukkan bahwa jika nilai warna semakin positif maka warna mengarah pada warna hijau. Nilai b* yang muncul akan menunjukkan warna jika semakin positif maka akan mengarah ke warna biru (Kaemba, 2017). Peningkatan nilai derajat putih (%) pada tepung dengan modifikasi terjadi karena gelombang ultasonik dapat menghambat reaksi enzimatis dari umbi kimpul serta dapat memperkecil ukuran partikel tepung kimpul termodifikasi (Ercan dan Soysal, 2013).

Gelombang ultrasonik akan menciptakan getaran yang terus-menerus sehingga akan mempengaruhi struktur enzim yang terdapat pada umbi kimpul. Struktur enzim akan mengalami kerusakan sehingga dapat menyebabkan hilangnya aktivitas enzim. Ercan dan Soysal (2013), menyatakan bahwa getaran yang terus-menerus akan memodifikasi struktur sekunder dan tersier protein akibat terjadi pemecahan ikatan hidrogen atau interaksi van der Waals dalam rantai polipeptida. Hatice (2007), menunjukkan bahwa gelombang ultrasonik dapat merusak dinding sel serta membran sitoplasma sehingga akan memodifikasi struktur selulernya. Gelombang ultrasonik juga dapat mengubah

struktur granula pati yaitu memecah dan merusak partikel dalam tepung sehingga ukuran partikelnya menjadi lebih kecil. Dewi *et al.*, (2016), menunjukkan bahwa penggunaan gelombang ultasonik, struktur granula pati yang tampak lebih kecil dibandingkan dengan tepung tanpa perlakuan gelombang ultrasonik. Ukuran partikel pada tepung dengan perlakuan gelombang ultrasonik lebih kecil menunjukkan bahwa luas permukaan dari tepung semakin luas. Mustafa (2015), menunjukkan bahwa luas permukaan tepung akan mempengaruhi derajat putih dari tepung tersebut, dalam penelitiannya ukuran partikel tepung yang semakin kecil menunjukkan nilai derajat putih yang meningkat hal ini disebabkan karena luas permukaan tepung yang bertambah luas.

Tabel 1. menunjukkan bahwa nilai derajat putih (%) tepung kimpul termodifikasi dengan perlakuan gelombang ultrasonik pada frekuensi 80 kHz dengan waktu 20 dan 30 menit menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan tepung kimpul termodifikasi pada frekuensi 45 kHz dengan waktu yang sama. Hamidi (2017), menunjukkan bahwa modifikasi pati dengan gelombang ultrasonik tergantung dari frekuensi, suhu, waktu serta sifat suspensi pati. Frekuensi gelombang ultrasonik yang digunakan semakin tinggi maka akan memberikan efek getaran yang semakin tinggi juga sehingga kerusakan granula pati menjadi semakin rusak dan mengakibatkan ukuran granula pati semakin kecil. Beatriz *et al.*, (2018), menunjukkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik dengan waktu yang lebih lama memperlihatkan peningkatan jumlah partikel granula pati berukuran kecil pada pati bengkung.

4.1.2. Viskositas

Pengukuran viskositas tepung dilakukan dengan menggunakan *viscometer Brookfield* yang bekerja dengan cara menggerakkan *spindle* secara rotasi atau memutar pada suatu cairan (Mochamad, 2005). Viskositas larutan menunjukkan tingkat kekentalan dari larutan tersebut. Tabel 2. Menunjukkan bahwa nilai viskositas (cP) tepung kimpul tanpa perlakuan lebih besar (77.001 cP) jika dibandingkan dengan tepung kimpul termodifikasi dengan gelombang ultrasonik. Nilai viskositas tepung paling rendah terdapat pada tepung F1T3 yaitu 26.075 cP. Penurunan viskositas terjadi karena perusakan rantai glikosidik pada tepung oleh gelombang ultrasonik yang dipaparkan (Uju *et al.*, 2018).

Perlakuan gelombang ultrasonik pada tepung kimpul dapat merusak struktur granula pati sehingga akan mengecilkan ukuran dari granula pati tersebut (Dewi *et al.*, 2016), selain mengecilkan ukuran granula pati, gelombang ultrasonik dapat menyebabkan pemutusan atau perusakan ikatan glikosidik yang terdapat pada tepung (Uju *et al.*, 2018). Ikatan glikosidik merupakan ikatan pada pati yang mengikat amilosa dan amilopektin yang merupakan homopolimer glukosa (Robi'a, 2015). Pemutusan ikatan tersebut menyebabkan melemahnya ikatan. Sehingga sifat granula pati menjadi amorf. Swasti (2014), menyatakan bahwa pemotongan ikatan glikosidik mengakibatkan depolimerisasi amilosa dan amilopektin sehingga menyebabkan penurunan viskositas. Akibat penurunan viskositas tersebut ikatan antar molekul juga akan rendah, sehingga pengikatan air akan lebih mudah.

Tabel 2. menunjukkan bahwa nilai rata-rata viskositas pada tepung kimpul termodifikasi dengan perlakuan gelombang ultrasonik pada frekuensi 45 kHz lebih kental dibandingkan dengan perlakuan gelombang ultrasonik pada frekuensi 80 kHz. Hamidi (2017), menunjukkan bahwa modifikasi pati dengan menggunakan gelombang ultrasonik tergantung dari frekuensi, suhu, waktu serta sifat suspensi pati. Frekuensi gelombang ultrasonik yang semakin tinggi maka akan memberikan efek getaran yang semakin tinggi juga sehingga kerusakan granula pati menjadi semakin rusak. Hal ini memberikan efek pada pemecahan ikatan glikosidiknya yang semakin rusak. Sehingga viskositas dari pasta akan semakin menurun. Selain perbedaan frekuensi yang mempengaruhi karakteristik granula pati, perbedaan pada waktu paparan gelombang ultrasonik juga mempengaruhi karakteristik granula pati. Airlangga (2018), menunjukkan bahwa kerusakan granula pati ubi kayu mengalami peningkatan kerusakan di waktu yang paling lama yaitu 60 menit jika dilihat menggunakan mikroskop. Sehingga lamanya waktu paparan gelombang ultrasonik berbanding lurus dengan tingkat kerusakan granula pati serta ikatan glikosidiknya.

4.1.3. Swelling Power

Swelling Power merupakan penambahan volume serta berat maksimum yang dialami pati dalam air. Karakteristik fisik tepung biasanya sangat mempengaruhi jenis produk

yang akan dihasilkan (Sari, 2012). Tabel 3. menunjukkan bahwa nilai *swelling power* terendah terdapat pada tepung kimpul kontrol yaitu 4.562 g/g dan nilai tertinggi pada tepung F2T3 yaitu 8.225 g/g. Airlangga (2018), menyatakan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik dapat meluluhkan sisi kristalin dari pati, selain itu efek dari mikrojet yang dihasilkan karena gelombang ultrasonik mampu merusak granula pati sehingga air dalam masuk ke dalam granula pati. Peluluhan sisi kristalin pada pati dapat menyebabkan daya pembengkakan meningkat. Singh dalam Rezek *et al.* (2010), menyatakan bahwa struktur kristalin akan terganggu atau rusak sehingga struktur pati pada jagung akan rusak dan molekul air akan terikat oleh gugus hidroksil bebas dari amilosa dan amilopektin dengan ikatan hidrogen sehingga meningkatkan *swelling power* pati.

Nilai *swelling power* tepung kimpul termodifikasi dengan perlakuan frekuensi 80 kHz lebih besar dibandingkan dengan tepung kimpul termodifikasi dengan frekuensi gelombang ultrasonik 45 kHz. Hal ini dapat terjadi karena menurut Rezek *et al.* (2010), gelombang ultrasonik pada pati dengan frekuensi 80 kHz lebih memberikan efek penurunan dibandingkan dengan penggunaan frekuensi 25 kHz. Indeks kristalin yang menurun mengakibatkan kekuatan dari ikatan kristalin melemah sehingga air mudah masuk ke dalam granula pati dan menyebabkan daya pembengkakan dari pati meningkat. Selain perbedaan frekuensi yang digunakan, waktu dapat mempengaruhi struktur dari granula pati. Tabel 3. menunjukkan bahwa nilai *swelling power* akan semakin meningkat dengan waktu sonikasi yang semakin lama. Hal ini dapat terjadi karena menurut Airlangga (2018), perlakuan gelombang ultrasonik pada pati ubi kayu menunjukkan pada waktu 90 menit menunjukkan efek meluluhkan kristalin yang lebih signifikan dibandingkan dengan waktu yang lebih cepat. Sehingga sisi kristalin pada tepung yang diberi perlakuan gelombang ultrasonik lebih lama akan semakin menurun. Hal ini menyebabkan *swelling power* tepung kimpul termodifikasi semakin meningkat seiring lamanya paparan gelombang ultrasonik yang diberikan.

4.1.4. Waktu Pembentukan Gel

Pengukuran waktu pembentukan gel pada tepung kimpul termodifikasi dilakukan dengan mengetahui suhu gelatinisasi tepung yang akan diuji. Aryanti *et al.* (2017),

menunjukkan bahwa suhu pembentukan gel tepung kimpul termodifikasi yaitu 69⁰C. Gel pertama kali akan terbentuk pada suhu 69⁰C. Setelah mengetahui suhu gelatinisasinya dapat mengukur waktu pembentukan gel pada pati. Waktu gelatinisasi adalah jumlah menit yang dibutuhkan untuk mencapai viskositas mulai terbentuk atau mencapai suhu gelatinisasi patinya (Iwuoha dan Kalu dalam Aryanti *et al.* 2017).

Tabel 4. menunjukkan bahwa kecepatan pembentukan gel tercepat pada tepung F2T3 yaitu 1041.333 detik jika dibandingkan dengan tepung kontrol 1365.667 detik. Penurunan waktu pembentukan gel dapat terjadi karena menurut Aini *et al.* (2010), ukuran partikel dalam tepung lebih kecil maka akan mengakibatkan suhu gelatinisasinya menurun. Airlangga (2018), menunjukkan bahwa perlakuan gelombang ultrasonik dapat merusak granula pati ubi kayu sehingga ukuran partikel yang ditampilkan semakin kecil. Hal ini dapat terjadi karena luas permukaan tepung menjadi lebih luas sehingga lebih cepat menyerap air. Karena kecepatan penyerapan air meningkat maka akan semakin cepat pula pembentukan gel dalam pati. Keuntungan dari menurunnya waktu pembentukan gel dan suhu pembentukan gel tepung kimpul termodifikasi ini akan mengurangi energi yang digunakan dalam proses pengolahan pangan (Aini *et al.*, 2010).

Perbedaan penggunaan frekuensi gelombang ultrasonik juga dapat mempengaruhi hasil tepung kimpul termodifikasi. Tabel 4. menunjukkan bahwa waktu pembentukan gel semakin cepat pada frekuensi 80 kHz dibandingkan dengan frekuensi 45 kHz. Hal ini terjadi karena ukuran partikel pada tepung kimpul termodifikasi dengan frekuensi 80 kHz lebih kecil. Hu *et al.* (2013), menyatakan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik dengan frekuensi lebih tinggi maka akan lebih memberikan efek yang dihasilkan. Dalam penelitiannya terlihat bahwa ukuran partikel dengan frekuensi 40 kHz lebih kecil dibandingkan dengan pati kacang hijau pada frekuensi gelombang ultrasonik 25 kHz. Selain perbedaan frekuensi gelombang ultrasonik, waktu atau lamanya paparan gelombang ultrasonik juga dapat mempengaruhi karakteristik bahan yang terpapar gelombang ultrasonik. Pada Tabel 4. menunjukkan bahwa semakin lama tepung kimpul termodifikasi terpapar gelombang ultrasonik kecepatan pembentukan gel akan meningkat atau semakin cepat. Airlangga (2018), menunjukkan bahwa pati ubi kayu dengan perlakuan gelombang ultrasonik lebih lama yaitu 60 menit memiliki

penampakan kerusakan atau pemecahan granula pati yang lebih rusak dibandingkan dengan pati ubi kayu yang terpapar gelombang ultrasonik pada waktu 20 menit dan 40 menit. Sehingga dapat dilihat bahwa ukuran partikel granula pati semakin kecil.

4.2. Karakteristik Kimia Tepung Kimpul Termodifikasi

4.2.1. Kadar Air

Kandungan air didalam tepung merupakan salah satu karakteristik kimia tepung yang penting. Kadar air (%) diukur menggunakan metode *Thermogravimetri* atau metode pengovenan. Pada Tabel 5. menunjukan bahwa terjadi perbedaan yang nyata pada penggunaan gelombang ultrasonik mengakibatkan kadar air tepung kimpul termodifikasi lebih kecil dibandingkan dengan tepung kimpul kontrol. Kadar air tertinggi terdapat pada tepung kontrol yaitu 6.889% dan kadar air terendah terdapat pada tepung F2T2 yaitu 4.389%. Perbedaan ini dapat terjadi karena gelombang ultrasonik yang akan mengakibatkan kerusakan granula pati sehingga ukuran partikel pati menjadi kecil (Boufi, 2017). Sugiarto *et al.*, (2014), menunjukan bahwa ukuran partikel pelepah sawit semakin kecil akibat adanya penggunaan gelombang ultrasonik. Ukuran partikel pati yang semakin kecil berhubungan dengan kadar air dalam bahan. Darmajana (2016), menunjukan bahwa ukuran partikel mie jagung semakin besar maka kadar air mie jagung juga semakin tinggi, hal ini terjadi karena luas permukaan semakin kecil sehingga tingkat penguapan semakin rendah.

Tabel 5. menunjukan bahwa nilai kadar air pada tepung dengan perlakuan gelombang ultrasonik pada frekuensi 80 kHz memiliki nilai kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan frekuensi 45 kHz dalam waktu paparan yang sama yaitu 10 menit dan 20 menit. Hal ini dapat terjadi karena penggunaan frekuensi gelombang ultrasonik lebih tinggi maka semakin banyak gelombang yang diabsorpsi. Hamidi (2017), menunjukan kadar air pada kunyit yang lebih rendah sesuai frekuensi gelombang ultrasonik yang rendah. Perbedaan kadar air ini dapat terjadi karena semakin tinggi nilai frekuensi maka absorpsi getaran semakin tinggi. Semakin banyak energi getaran yang diabsorpsi oleh bahan menyebabkan ikatan adhesi antar air dan kunyit melemah, energi getaran ini juga melemahkan ikatan kohesi antar air dalam bahan sehingga

memudahkan air untuk berdifusi dengan lingkungan atau mudah teruapkan pada saat pengeringan (Hamidi, 2017).

Waktu sonikasi juga dapat mempengaruhi kadar air pada bahan. Tabel 5. menunjukkan bahwa nilai kadar air dengan waktu paparan gelombang ultrasonik paling lama menunjukkan nilai yang semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama paparan gelombang ultrasonik maka akan semakin merusak struktur granula pati. Mahyati (2018), menunjukkan bahwa kadar air pada karaginan yang diberi perlakuan paparan gelombang ultrasonik pada waktu 50 menit lebih rendah dibandingkan dengan waktu paparan 40 menit dan 30 menit pada frekuensi yang sama.

4.2.2. Kadar Amilosa

Kadar amilosa pada tepung kimpul termodifikasi diukur menggunakan *spektrofotometer*. Penentuan kadar amilosa menggunakan kurva standar yang dibuat dengan menggunakan amilosa murni. Panjang gelombang yang digunakan yaitu 625 nm. Tabel 6. menunjukkan bahwa nilai kadar amilosa (%) tertinggi terdapat pada tepung F2T2 yaitu 26.090% dan nilai terendah terdapat pada tepung kontrol sebesar 16.695%. Peningkatan kadar amilosa dalam tepung kimpul termodifikasi terjadi karena perlakuan gelombang ultrasonik dapat merusak struktur pati sehingga strukturnya menjadi lebih sederhana dan lebih kecil. Perusakan struktur granula pati akibat perlakuan gelombang ultrasonik juga merusak amilosa dan amilopektin didalamnya (Airlangga, 2018). Hu *et al.* (2013), menunjukkan bahwa gelombang ultasonik mengakibatkan pemutusan rantai amilosa dan amilopektin yang bercabang. Percabangan pada amilopektin dapat terputus sehingga meningkatkan jumlah amilosa dalam pati.

Tabel 6. menunjukkan bahwa nilai kadar amilosa pada tepung F2T1 (22.696%), F2T3 (26.090%) dan F2T3 (25.093%) lebih tinggi dibandingkan dengan tepung control (16.695%), F1T1 (17.633%) serta F1T2 (19.087%). Hu *et al.* (2013), menunjukkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik dengan frekuensi lebih tinggi menghasilkan efek yang lebih tinggi. Hamidi (2017), menunjukkan bahwa modifikasi pati dengan menggunakan gelombang ultrasonik tergantung dari frekuensi, suhu, waktu serta sifat suspensi pati. Frekuensi gelombang ultrasonik yang digunakan semakin tinggi, maka akan memberikan efek getaran yang semakin tinggi juga sehingga kerusakan granula

pati atau pemutusan rantai pati akan semakin berefek. Selain perbedaan frekuensi, lamanya waktu paparan gelombang ultrasonik juga akan mempengaruhi karakteristik bahan tersebut. Chan (2010), menunjukkan bahwa kadar amilosa pada beberapa jenis pati setelah mendapatkan perlakuan gelombang ultrasonik mengalami peningkatan kadar amilosa. Kadar amilosa yang lebih tinggi terjadi karena meningkatnya jumlah rantai linier dalam pati. Tabel 6. menunjukkan bahwa nilai kadar amilosa pada tepung umbi semakin tinggi seiring lamanya waktu paparan gelombang ultrasonik. Chan (2010), menunjukkan bahwa kerusakan pada pati meningkat karena waktu paparan gelombang ultrasonik yang digunakan semakin lama. Sehingga jumlah rantai linier yang dihasilkan semakin banyak yang mengindikasikan kadar amilosa meningkat. Peningkatan amilosa dalam tepung termodifikasi akan meningkatkan kohesifitas yang berhubungan dengan struktur amilosa yang mampu mengikat air dan membentuk gel yang kohesif (kenyal) saat didinginkan. Tepung yang memiliki sifat gel yang kohesif akan memberikan tekstur yang kenyal pada produk pangan dan sifat yang kurang adesif atau kurang lengket sehingga akan membantu terbentuknya adonan yang homogen saat pengolahan. Sehingga memudahkan aplikasinya pada produk pangan (Dwi, 2017). Luna *et al.* (2015), menunjukkan bahwa kandungan amilosa yang meningkat maka akan meningkatkan kemampuan rehidrasi dari bahan sehingga dapat menguntungkan jika diaplikasikan pada produk pangan instan.

Tabel 7. menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kadar amilosa tepung kimpul termodifikasi dengan *swelling power*, kadar air dan waktu pembentukan gel. Koefisien korelasi Pearson menunjukkan nilai yang positif yang berarti bahwa pada nilai *swelling power* dan kadar amilosa saling berbanding lurus, namun berbanding terbalik dengan waktu pembentukan gel yang menunjukkan nilai negatif serta menunjukkan korelasi yang sangat kuat. Menunjukkan bahwa semakin besar nilai *swelling power* tepung maka kadar amilosa semakin tinggi dan waktu pembentukan gel yang semakin cepat atau singkat. Nilai *swelling power* yang semakin tinggi menunjukkan bahwa kemampuan pati untuk membengkak pada saat dipanaskan semakin meningkat. Peningkatan terjadi karena kadar air tepung yang rendah. Muhardina *et al.* (2016), menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kadar air pada saat modifikasi akan memberi batasan terhadap kemampuan pembengkakan pati atau *swelling power* pada saat dipanaskan dan secara umum

menjadi menurun. Musita (2009), menunjukkan bahwa kadar amilosa dalam pati yang tinggi memiliki bagian amorf lebih banyak dibandingkan dengan bagian kristalinnya. Semakin tinggi bagian amorf maka pati akan semakin mudah mengalami proses gelatinisasi karena bagian amorf dapat menyerap air lebih banyak sehingga granula pati akan membengkak dan membentuk gel pada saat dipanaskan.

Perlakuan gelombang ultrasonik terbaik terdapat pada tepung dengan frekuensi gelombang ultrasonik 80 kHz dan waktu 20 menit. Perlakuan tersebut dapat meningkatkan nilai derajat putih, *swelling power*, kadar amilosa serta menurunkan nilai viskositas, waktu pembentukan gel dan kadar air. Hu *et al.* (2013), menyatakan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik dengan frekuensi lebih tinggi maka akan lebih memberikan efek yang dihasilkan. Namun pada waktu yang lebih lama yaitu 30 menit dengan frekuensi yang sama menghasilkan karakteristik fisikokimia tepung kimpul yang berbeda. Perbedaan dapat terjadi karena terlalu lama waktu sonikasi dapat merusak pati sehingga terdapat perubahan karakteristik fisikokimia tepung yang tidak diinginkan.

