

V. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil ekstraksi umbi gembili dihasilkan inulin 10,92% lebih rendah dibandingkan penelitian sebelumnya 14,77% (Winarti, *et al.*, 2011). Hasil rendemen yang rendah disebabkan umur umbi gembili yang digunakan kurang tua, kadar airnya tinggi 84,40%, seharusnya umur panen umbi gembili 8-9 bulan, Pati larut air masih tinggi pada umbi sehingga menghambat proses ekstraksi inulin. Ekstraksi inulin gembili menggunakan prinsip pelarutan dalam air sekitar 80-90°C, sehingga inulin kurang larut. Inulin larut dengan baik pada suhu tinggi (Winarti, *et al.*, 2011).

Kadar gula yang tinggi dalam umbi gembili menyebabkan terjadinya proses pencoklatan pada inulin umbi gembili, sehingga warna inulin yang dihasilkan lebih kecoklatan dibanding hasil ekstraksi dari akar chicory (Gambar 4.1.)

5.1. Pengaruh Penggantian Lemak Dengan Inulin Pada Roti Tawar

Menurut Koswara (2009) prosentase penggunaan bahan-bahan pembuat roti tawar menurut jenisnya yaitu : terigu 100%, yeast 1-1,5%, gula pasir 4-11%, garam 1,75-2,25%, susu bubuk 0-6%, bread improver 0-0,75%, lemak 2-4% dan air 55-65%. Formulasi yang digunakan pada pembuatan roti tawar (Tabel 3.1) jika dibandingkan dengan acuan standar formula diatas dapat diketahui bahwa pada formulasi ini penggunaan bahan sudah sesuai, kecuali penggunaan yeast sedikit lebih banyak dibandingkan standar formulasi tersebut. Penggunaan air pada formulasi adonan bervariasi sampai diperoleh adonan yang kalis dan bisa dipulung (Tabel 4.1.). Pada formulasi C penggunaan air tertinggi mencapai 70%, lebih dari standar, sedangkan penggunaan air paling sedikit pada formula A dan E sebanyak 52%, lebih sedikit dari standar formulasi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kombinasi lemak dan inulin memerlukan hidrasi air lebih banyak dibanding penggunaan lemak atau inulin saja.

Menurut Koswara (2009), air merupakan bahan yang berperan penting dalam pembuatan roti mampu melakukan hidrasi dan bersenyawa dengan protein membentuk gluten dan dengan pati membentuk gel setelah dipanaskan. Disamping itu juga berfungsi sebagai pelarut garam, gula dan susu. Jumlah air yang digunakan tergantung pada kekuatan tepung

dan proses yang digunakan. Faktor-faktor yang terlibat pada proses penyerapan air antara lain macam dan jumlah protein, sebanyak 45.5 % air akan berikatan dengan pati, 32.2 % dengan protein dan 23.4 % dengan pentosan. Banyaknya air yang dipakai akan menentukan mutu dari roti yang dihasilkan.

Inulin adalah kelompok serat larut air yang mempunyai kelebihan dapat mengabsorpsi air dan membentuk gel. Pada kelima formulasi tampak suatu pola penambahan air yang berbeda, pada formulasi A dan E penambahan airnya paling sedikit, pada formula C dibutuhkan air terbanyak (Tabel 4.1.). Inulin yang digunakan sebagai pengganti lemak pada penelitian ini bervariasi, pada perlakuan C diperlukan penambahan air paling banyak 34,61% lebih banyak dibanding roti tanpa inulin. Inulin termasuk serat larut air, bersama lemak dan air membentuk sistem emulsi berbentuk mikrokristal, sehingga diperlukan lebih banyak air untuk menghidrasinya. Menurut Codina, *et al.* (2006) setiap penambahan inulin 10%, penggunaan air pada produk *bakery* akan meningkat 2-3%.

Perbedaan penambahan air pada kelima formulasi berkorelasi dengan hasil analisis kadar air dan A_w roti tawar. Hasil uji *one way anova* (normalitas data 0,536 dan 0,667) berarti ada pengaruh penggantian lemak dengan inulin terhadap kadar air dan A_w ($p < 0,000$). Hasil uji lanjut Tuckey (KK kecil kurang dari 5%) perbedaan kadar air yang signifikan terjadi pada formulasi A dengan B, C dan D; B dengan E; C dengan E, sedangkan untuk A_w pada formulasi A dengan C dan D; B dengan C, D dan E. Hal ini sesuai dengan penelitian Codina, *et al.* (2006), fibrulosa (kombinasi oligofruktosa dan inulin) adalah serat yang larut air dengan struktur rantai khasnya yang pendek akan menyerap air lebih banyak. Bagian air yang ditambahkan selama proses pengadukan diserap oleh fibrulosa akan menguap selama dipanggang, sehingga memiliki kelembaban yang kecil.

Hasil produk roti tawar yang diperoleh (rendemen) terbesar adalah pada formula E, setelah dilakukan analisis statistik Kruskal Wallis (normalitas data 0,009) diperoleh p value 0,717, dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh penggantian lemak dengan inulin terhadap rendemen roti tawar. Formulasi E rendemennya terbesar (109,29%) dengan standar deviasi terbesar 26,61, hal ini menunjukkan bahwa pada formulasi E hasil pengukuran rendemen pada setiap ulangannya mempunyai variasi besar. Formulasi A (lemak saja) dan E (seluruh lemak diganti inulin) menyebabkan perbedaan rendemen. Hal ini terjadi karena

selama pemanggangan lemak meleleh dan inulin tidak, sehingga berat roti yang dihasilkan pada formulasi A sampai E polanya menunjukkan semakin banyak inulin yang menggantikan lemak berat roti tawar semakin besar, sehingga nilai rendemennya juga semakin besar.

Menurut Ningrum (2005) lemak berfungsi memperbaiki aerasi sehingga produk dapat mengembang. Lemak sangat berpengaruh terhadap tekstur produk, partikel-partikel lemak harus menyebar secara merata dalam campuran adonan. Lemak yang digunakan untuk pembuatan roti tawar biasanya menggunakan mentega putih, sehingga tidak mempengaruhi warna roti tawar yang dihasilkan, juga mempunyai rasa yang tawar sehingga tidak mempengaruhi rasa roti tawar yang dihasilkan. Formulasi roti tawar dengan komposisi campuran *shortening* 50% dan inulin 50% mampu memerangkap air lebih banyak, disebabkan kombinasi protein gluten, pati dari umbi gembili dan struktur pentosa dari inulin, menyebar merata dan mampu menahan air lebih banyak. Inulin memenuhi syarat sebagai bahan penstabil karena inulin tidak berasa, terdispersi baik dalam air dan cocok sekali dikombinasikan dengan makanan rendah lemak seperti susu skim.

Selain memiliki sifat fungsional, inulin juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan pangan. Hal ini dikarenakan inulin dapat berfungsi sebagai *fat replacer* dan *sugar replacer* pada konsentrasi tertentu. Inulin dapat menggantikan gula dan lemak, memperbaiki profil tekstur pada pangan, sekaligus menyediakan sumber serat yang baik. Fungsi inulin yang dapat menjadi pengganti lemak berkaitan dengan mekanisme pembentukan mikrokristal. Inulin dapat membentuk mikrokristal apabila didispersikan pada air atau susu. Keberadaan mikrokristal ini tidak dapat dirasakan oleh mulut, tetapi mikrokristal ini membentuk tekstur *creamy* yang halus dan terasa seperti lemak ketika dikunyah di mulut. Inulin dapat digunakan sebagai pengganti lemak pada produk *spread*, *bakery*, *filling*, *dairy product* (es krim dan yogurt), *frozen dessert*, dan *dressing* (Niness, 1999).

5.2.Kadar Serat Roti Tawar

Hasil analisis kadar serat dalam 100 g roti tawar diperoleh hasil tertinggi pada formula E (2,44 g) dan terendah pada formulasi A (0,735 g), semakin banyak lemak yang diganti dengan inulin, maka semakin banyak kandungan seratnya. Hasil penimbangan produk

akhir roti tawar formulasi A, B, C, D dan E berturut-turut 300 g, 270 g, 280 g, 320 g dan 320 g. Jika dilakukan analisis sesuai formulasi pada Tabel 3.2., pada formulasi A serat hanya berasal dari bahan utama roti tawar karena tidak ada penggantian lemak dengan inulin. Pada formulasi B, C, D dan E mendapatkan tambahan serat dari inulin berturut-turut 2 g, 4 g, 6 g dan 8 g dalam satu formulasi, sehingga dapat diprediksi dalam 100 g roti tawar mengandung serat berturut-turut mulai formulasi B, C, D dan E adalah 740 mg, 1429 mg, 1875 mg dan 2500 mg. Nilai ini mendekati hasil analisis serat yang telah dilakukan.

Kebutuhan serat wanita dalam sehari adalah 21-25 g dan kebutuhan serat pria adalah 30-38 g, jika diperhitungkan konsumsi roti tawar 2 slice (100 g) besarnya sumbangan serat dari roti tawar pada formulasi C sebesar 5,52-6,57 % untuk wanita dan 3,63-4,60 % untuk pria, sedangkan untuk formulasi D sebesar 7,56-9,00% untuk wanita dan 4,97-6,30% untuk pria.

Formulasi ini menggunakan *whole milk* dan susu sapi segar yang mengandung lemak cukup tinggi (30 g per 100 g *whole milk* dan 3,5 g per 100 ml susu sapi segar). Sumbangan lemak dari susu dengan formulasi sesuai Tabel 3.1 adalah 5,15 g dalam 1 formulasi atau 1,72 g dalam 100 g, sedangkan menurut Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) kandungan lemak pada roti tawar 1,2 g dalam 100 g, kandungan lemak roti tawar yang dibuat sedikit lebih tinggi. Serat larut pada roti dalam bentuk inulin akan membantu makanan melewati sistem pencernaan dengan minimal penyerapan lemak serta membuat gula dan lemak memasuki aliran darah secara lambat, sehingga memberikan tubuh pasokan energi yang bertahan lebih lama (Zuckerbrot, 2007).

5.3. Pengembangan dan Tekstur Roti Tawar

Derajat pengembangan roti tawar terbesar formulasi B, selanjutnya formulasi C dan E, sedangkan terkecil formulasi A dan D. Keempukan roti tawar terbaik formulasi A dan B dan formulasi E terkeras. Derajat pengembangan dan keempukan roti tawar menentukan kualitas roti tawar yang dihasilkan. Derajat pengembangan roti berkaitan dengan gluten. Gluten berfungsi menjaga adonan tetap kokoh dan dapat menahan gas CO₂ selama proses fermentasi sehingga adonan dapat mengembang (Astawan, 2004), semakin kuat gluten menahan terbentuknya gas CO₂, semakin mengembang roti yang dihasilkan. Selama proses pemanggangan volume roti juga mengalami pengembangan dimana pada waktu adonan

dimasukkan kedalam oven, adonan bertemu dengan udara panas dari ruang pemanggangan untuk selanjutnya lapisan film akan terbentuk. Pengembangan volume adonan roti mencapai 30%, pengembangan terjadi karena suatu reaksi dimana pengaruh fisis dari panas terhadap gas yang tertahan dalam film gluten yang elastis sehingga terjadi pengembangan pada adonan roti (Desrosier, 1988).

Terigu yang cocok untuk pembuatan roti adalah yang memiliki kandungan protein tinggi lebih dari 12.5%. Terigu yang digunakan pada penelitian ini adalah terigu berprotein tinggi yang mempunyai kandungan protein 13-14%. Protein terigu bila dicampur dengan air akan membentuk massa bersifat kohesif dan ekstensif yang mempunyai kemampuan menahan gas karbondioksida, dan akan membentuk struktur seperti spons ketika dipanggang yang terbentuk pada adonan selama proses fermentasi oleh ragi. Delapan puluh lima persen protein pada terigu adalah berupa glutenin dan gliadin, sedangkan sisanya berupa globulin, albumin dan protease. Ukuran partikel terigu yang kasar lolos ayakan 60 mesh akan menyerap air lebih sedikit (Muljati, 2006).

Air juga memungkinkan pati terigu mengembang dan mengalami gelatinisasi. Selain hal tersebut, air berfungsi untuk melarutkan dan mendistribusikan bahan-bahan hingga tercampur rata dalam suatu adonan, mengatur suhu, serta keras atau lembeknya adonan. Penggunaan air sadah akan mengakibatkan adonan bersifat kering serta menurunkan aktifitas fermentasi oleh ragi. Sebaliknya, air lunak akan menghasilkan adonan yang lengket dan lembek. Sebaiknya digunakan air dengan kesadahan sedang. Di samping itu, air yang digunakan seharusnya bebas dari rasa dan bau yang menyimpang, serta bebas dari cemaran mikroba, air yang digunakan dalam penelitian pembuatan roti tawar ini adalah air minum dalam kemasan (Muljati, 2006).

Mentega putih mengandung 80% lemak dan 17% air (Koswara 2009). Mentega putih banyak digunakan dalam bahan pangan, terutama pada pembuatan kue dan roti yang dipanggang. Tujuan penggunaan lemak dalam pembuatan roti tawar terutama untuk meningkatkan volume, meningkatkan keseragaman dan kelunakan remah, memperpanjang daya simpan dan memudahkan proses pemotongan roti (*slicing ability*). Menurut Wahyudi (2003) fungsi *shortening* dalam pembuatan roti tawar adalah : memperkaya gizi dan memperbaiki tekstur/pori-pori, meningkatkan kelezatan dan keempukan, memperbaiki

aerasi sehingga produk bisa mengembang, memperbaiki cita rasa pada roti, sebagai pengemulsi untuk mempertahankan kelembapan dan memperbaiki kehalusan kulit.

Inulin, serat makanan yang ditemukan dalam berbagai macam buah-buahan, sayuran, dan rempah-rempah, dapat digunakan sebagai pengganti lemak dalam produk roti tanpa mempengaruhi selera dan fungsi, menurut Rodríguez García (2012) yang mengevaluasi efek dan sifat fisikokimia kue bolu setelah lemak diganti dengan inulin diberbagai tingkat 0%, 35%, 50%, 70%, dan 100% . Ditemukan bahwa substitusi lemak dengan inulin secara signifikan menurunkan viskositas adonan, menyebabkan distribusi ukuran gelembung homogen, tidak adanya minyak yang bertindak sebagai *interface* akan menstabilkan gelembung udara dan memberikan tempat untuk struktur aerasi setelah dipanggang. Sisa dari lemak itu ditemukan berada di *interface* gelembung, sehingga pengembangan struktur kue optimal selama baking. Kue dengan penggantian lemak hingga 70% memiliki nilai udara sel dan remah tinggi, sehingga lebih lembut dan lebih diterima konsumen. Inulin baik digunakan dalam makanan olahan karena karakteristiknya yang mudah beradaptasi, dan telah digunakan untuk menggantikan lemak dalam daging dan produk susu. Kualitas roti tawar diidentifikasi berdasarkan tekstur bagian crust (kulit roti) dan crumb (remah roti) yang dianalisa dengan *penetrometer*. Crumb roti yang baik adalah lembut dan mengkilap, sedangkan crust yang baik adalah berongga kecil dan merata.

Roti formulasi E (lemak seluruhnya diganti inulin) pengembangannya baik 105,78%, tetapi nilai keempukannya 69,33 mm/g/detik (paling keras), diakibatkan ukuran pori roti tidak seragam, besar dan kecil. Kekerasan roti formulasi E disebabkan pati dari inulin gembili membentuk matriks amilosa dan amilopektin sehingga meningkatkan kekakuan granula. Peningkatan kekakuan granula ini menyebabkan pori-pori *crumb* yang terbentuk menjadi keras sehingga roti yang dihasilkan ikut keras, semakin banyak inulin, maka tekstur roti akan semakin keras.

Kekenyalan (*chewiness*) adalah gaya tahan untuk pecah akibat gaya tekan. Hasil analisis statistik Kruskal Wallis (normalitas 0,001) p value 0,183 , yang berarti tidak ada pengaruh penggantian lemak dengan inulin terhadap kekenyalan roti tawar. Kandungan utama dari protein tepung terigu adalah gluten. *Gluten* merupakan protein lengket dan elastis yang terkandung di dalam beberapa jenis sereal, terutama gandum yang merupakan bahan

utama dalam pembuatan tepung terigu, jewawut/millet, rye, dan sedikit dalam oats, sedangkan beras dan jagung tidak mengandung gluten. Gluten bersifat elastis dan kenyal sehingga digunakan sebagai kerangka adonan. Sifat viskoelastik unik gluten dari gandum timbul dari konstituen proteinnya, yaitu glutenin sebesar 35-40% dan gliadin sebesar 20-25% (Fennema, 1996).

Menurut Damodaran & Paraf (1997), dalam pembuatan roti, *protein glutenin* memberikan elastisitas dan kekuatan untuk perenggangan terhadap gluten. Elastisitas adonan terjadi karena adanya interaksi antarmolekul glutenin (ikatan silang disulfida, ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik), yang menghasilkan pembentukan benang-benang polimer. Polimer linear kemudian berinteraksi satu sama lain melalui ikatan hidrogen, *interaksi hidrofobik*, dan ikatan silang disulfida untuk membentuk jaringan lapisan seperti film yang bersifat elastik. Berbeda dengan glutenin, di sisi lain, protein gliadin berfungsi memberikan sifat yang lengket, sehingga mampu memerangkap gas yang terbentuk selama proses pengembangan adonan serta mengkontribusikan viskositas dan ekstensibilitas pada adonan. Meskipun gliadin mengandung sekitar 2-3 % setengah dari residu sistein, namun tidak mengalami polimerisasi melalui reaksi pertukaran sulfhidril-disulfida. Ikatan disulfida dari gliadin akan tetap berfungsi sebagai ikatan disulfida intramolekuler, yang saling berhubungan dengan struktur gliadin. Hal ini yang membedakannya dari glutenin. Bila terdapat kandungan bebas glutenin, maka akan dihasilkan adonan yang kental namun tidak elastik. Oleh karena itu, kekenyalan dan keelastisitasan adonan roti tergantung dari rasio glutenin dan gliadin pada tepung terigu. Selain itu kelebihan tadi, gluten juga bermanfaat untuk mengembangkan adonan roti, karena *gluten* akan mempertahankan udara yang masuk ke dalam adonan ketika proses mixing dan gas yang dihasilkan ragi ketika fermentasi.

Kekerasan (*hardness*) adalah besarnya tekanan yang mampu ditahan oleh suatu produk sampai batas maksimum sebelum dapat mengakibatkan produk retak. Hasil analisis statistik Kruskal Wallis (normalitas 0,001) p value 0,183, yang berarti tidak ada pengaruh penggantian lemak dengan inulin terhadap kekerasan roti tawar. Pati yang tergelatinisasi terdiri dari fase kontinyu (matriks amilosa/amilopektin) dan fase terdispersi (granula pati).

Kelengketan (*gumminess*) adalah sifat deformasi bentuk yang dipengaruhi oleh gaya kohesi dan adhesi, dimana kedua gaya tersebut sama besar, hal itu berkaitan dengan parameter utama kekerasan dan kekompakan. Gumminess hampir sama dengan chewiness merupakan parameter mutu eksklusif untuk produk padat atau semi padat. Hasil analisis statistik Kruskal Wallis (normalitas 0,000) p value 0,012, yang berarti tidak ada pengaruh penggantian lemak dengan inulin terhadap kelengketan roti tawar. Kekenyalan (*chewiness*) adalah gaya tahan untuk pecah akibat gaya tekan. Hasil analisis statistik Kruskal Wallis (normalitas 0,001) p value 0,183, yang berarti tidak ada pengaruh penggantian lemak dengan inulin terhadap kekenyalan roti tawar. Nilai kekenyalan roti tawar dipengaruhi oleh jumlah dan jenis tepung yang digunakan (penggunaan protein tinggi meningkatkan elastisitas), kadar lemak (lemak mengisolasi protein dari air sehingga memperlambat pembentukan gluten), kadar gula (kadar gula yang tinggi mencegah penguraian gliadin dan gliandin) (Koswara, 2009).

Elastisitas (*springiness*) adalah besarnya tarikan yang mampu ditahan oleh suatu produk sampai batas maksimum sebelum dapat mengakibatkan produk putus. Hasil analisis statistik Anova (normalitas 0,551) p value 0,143, yang berarti tidak ada pengaruh penggantian lemak dengan inulin terhadap elastisitas roti tawar. Sifat elastis dari gluten terbentuk saat pengadukan adonan. Hidrasi dan pengembangan gluten serta laju kegiatan enzim dipengaruhi oleh penurunan pH adonan saat berlangsungnya proses fermentasi. Hal ini terjadi karena penurunan pH menyebabkan terjadinya aksi-aksi enzim proteolitik pada protein sehingga mampu membentuk sistem dinding penahan gas. Gluten menyebabkan peningkatan ekstensibilitas dan elastisitas adonan yang dapat mencegah kerusakan sel-sel remah selama pengembangan (Koswara, 2009).

5.4. Pori-pori Roti Tawar

Roti perlakuan A (lemak tidak digantikan inulin), pori roti besar-besar tetapi merata. Pada perlakuan B (lemak digantikan dengan inulin 25%) dan C (lemak digantikan inulin 50%), pori roti kecil halus merata, hanya dibagian tengah roti agak besar porinya. Perlakuan D (lemak diganti dengan inulin 75% pori roti tidak seragam, besar dan kecil, pori roti besar ukurannya lebih besar dari pada roti perlakuan A. Sedangkan perlakuan E (seluruh lemak

digantikan inulin), pori roti ukurannya tidak seragam, besar dan kecil, ukuran pori lebih besar dari pada perlakuan A dan D.

Pada perlakuan A pori roti terlihat besar, lemak terlihat bergerombol terpisah-pisah. Sedangkan pada perlakuan B, C dan D terlihat inulin terdispersi merata dan homogen bersama komponen lemak, semakin banyak inulin terlihat semakin homogen (pemisahan inulin dan lemak semakin tersamar). Pada perlakuan E (tanpa lemak) inulin terlihat jelas dan banyak karena tidak terdispersi dengan komponen lemak. Inulin adalah polimer hidrofilik alam, semi sintetis yang dapat digunakan bersama surfaktan pada emulsi minyak dalam air karena akan terakumulasi pada antar permukaan, sehingga kerapatan minyak lebih rendah daripada kerapatan air, dan terbentuk krim (Hartomo, 1993).

Keseragaman pori roti tawar berkaitan dengan kemampuan dan kekuatan penahanan gas. Hal ini berhubungan erat dengan sifat fisik yaitu pengembangan volume roti tawar. Porositas roti tawar sangat dipengaruhi oleh kemampuan pembentukan gas dan kemampuan menahan gas. Pada proses fermentasi terbentuk gas, sedangkan pada proses penggilingan terjadi pengeluaran gas dan penangkapan udara luar, sehingga pada proses proofing dapat dihasilkan gas yang optimal. Proses penggilingan yang kurang baik dapat menyebabkan gas terperangkap dalam adonan, dan pada proses pemanggangan terbentuk pori-pori roti yang tidak seragam.

Tampilan topografi berdasarkan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) terlihat komponen kelabu adalah komponen utama pada perlakuan A terlihat tumpukan warna putih adalah lemak yang digunakan pada pembuatan roti terlihat bertumpuk, sedangkan pada perlakuan B, C, dan D lemak tidak terlihat memisah tetapi terdispersi secara merata dan homogen pada roti tawar yang lemaknya sebagian digantikan oleh inulin. Hal ini sesuai dengan penelitian Rodriguez (2012) bahwa inulin yang menggantikan lemak menyebabkan distribusi ukuran gelembung homogen, tidak adanya minyak yang bertindak sebagai *interface* akan menstabilkan gelembung udara dan memberikan tempat untuk struktur aerasi setelah dipanggang. Sisa dari lemak itu ditemukan berada di *interface* gelembung, sehingga pengembangan struktur roti optimal selama *baking*.

Tampilan pori roti tergambar jelas dengan alat SEM, pada perlakuan A pori roti tergambar besar dan nyata, pori roti perlakuan B dan C terlihat kecil-kecil dan pada perlakuan D pori roti lebih besar dan perlakuan E terbesar. Pori roti pada perlakuan A dan E hampir sama besarnya, menunjukkan peran lemak dan inulin yang hampir sama dalam pembuatan roti, tetapi kombinasi lemak dan inulin menunjukkan struktur roti tawar yang berbeda, dimana pori roti lebih kecil, halus, merata dan homogen.

Menurut Sriboga Flour Mill, pori roti besar dan kasar disebabkan faktor pertama bahan baku, yaitu kekurangan jumlah dan kualitas protein dalam tepung terigu, kekurangan jumlah ragi, kekurangan garam sebagai bahan penahan pengembangan dan kelebihan air. Sedangkan faktor kedua pemrosesan, yaitu waktu aduk kurang, atau terlalu lama (*under and overmix*), waktu pengembangan roti sebelum masuk oven terlalu lama (*over proofing*), pembuangan gas pada saat pembentukan roti (*moulding*) tidak sempurna, berat adonan dalam cetakan kurang (antara adonan roti dan cetakan tidak sebanding proses pembentukan tidak tepat (waktu kurang, dibentuk berulang-ulang) dan temperatur oven kurang (normalnya untuk roti manis 190°C dan roti tawar 200°C).

Penelitian yang dilakukan oleh Shivananda, *et al.* (2016), sifat fisikokimia roti tawar yang dipanggang dengan perlakuan penggantian 15%, 30% dan 45% terigu dengan tepung yang mengandung serat larut dengan kandungan amilopektin tinggi menyebabkan volume roti lebih mengembang dan roti lebih lembut. Namun pada substitusi lebih dari 30% mengakibatkan terlalu besarnya penyusutan setelah pemanggangan dan terbentuknya struktur roti yang remah. Mikrostruktur roti hasil analisis SEM mengindikasikan hilangnya kekakuan dan mengeringnya granula pati, sehingga tidak terjadi pembentukan gas CO₂ secara terus-menerus berakibat roti menyusut ketika didinginkan.

5.5.Umur Simpan Roti Tawar

Penyimpanan makanan merupakan akhir dari proses produksi, setelah roti matang lalu didinginkan beberapa jam. Roti termasuk makanan yang mudah rusak dengan masa simpan 3-4 hari. Pembusukan roti disebabkan oleh rusaknya protein dan pati, secara langsung kerusakan roti disebabkan oleh mikroorganisme pembusuk (Mudjajanto & Yuliati, 2004). Pada saat penyimpanan, roti akan mengalami beberapa kerusakan jika disimpan terlalu

lama dan tidak disimpan ditempat yang tepat. Kerusakan roti meliputi kerusakan fisik roti misalnya mengerasnya tekstur, tumbuhnya kapang, dan penyimpangan aroma (US Wheat Association, 1981).

Kapang yang paling sering ditemukan dalam roti adalah *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium expansum*, *P. Stoloniferum*, *Aspergillus niger*, *Neurosporasitophila*, *Mucor sp* dan *Geothricum sp*. Menurut Sitanggang, (2017), pertumbuhan kapang ini berasal dari udara selama pendinginan roti, penanganan, pembungkusan atau dari alat pemotong. Roti yang rusak ditandai dengan bau dan rasa yang tidak enak, remah makin gelap dan lengket, kulit roti kemerah-merahan atau merah tua. Ketengikan pada roti disebabkan oleh kerusakan lemak atau minyak sehingga menghasilkan rasa dan bau tidak enak (Sitanggang, 2017). Besarnya kerusakan yang terjadi tergantung pada lama atau waktu suatu bahan pangan disimpan. Waktu yang lebih lama akan menyebabkan kerusakan yang lebih besar, kecuali yang terjadi pada keju, minuman anggur, wiski dan lainnya yang tidak rusak selama *ageing*.

Hasil pengamatan terhadap roti tawar pada penelitian selengkapnya pada Lampiran 1 menunjukkan adanya perubahan aroma agak asam mulai pada hari ketiga, aroma asam semakin tajam pada hari keempat. Pengamatan warna roti pada perlakuan A dan B tidak ada perubahan mulai hari pertama yaitu putih tulang, pada perlakuan C dan D roti tawar hari pertama putih lalu berubah menjadi putih tulang pada hari ke-2 dan ke-3. Sedangkan pada perlakuan E pada hari ke-1 dan ke-2 warna roti putih, lalu berubah putih tulang pada hari ke-3. Tekstur roti awalnya empuk pada hari ke-1 kecuali perlakuan E, agak keras teksturnya. Pada perlakuan A berubah agak keras pada hari ke-5, perlakuan B dan C berubah agak keras pada hari ke-4, dan perlakuan D tekstur berubah agak keras pada hari ke-2. Perubahan tekstur menjadi keras pada terjadi pada perlakuan C dan D pada hari ke-5, sedangkan E keras pada hari ke-2.

Pertumbuhan koloni kapang terjadi ke-4 pada perlakuan B dan E, sedangkan hari ke-5 pada perlakuan A dan hari ke-6 pada perlakuan C dan D. Kapang yang tumbuh pada perlakuan A berwarna hitam, pada perlakuan B, C dan E berwarna putih, koloni abu-abu pada perlakuan B dan C dan koloni kuning pada D dan E.

Kadar air pada kelima formulasi roti tawar hampir sama, terendah pada formulasi A 32,67% dan E 33,98%, keadaan ini sesuai dengan penambahan air pada saat formulasi paling sedikit penambahan airnya yaitu 130 ml dibanding formulasi B, C dan D . Sedangkan a_w terendah pada formulasi C dan D sebesar 0,945, walaupun penambahan air pada kedua formulasi ini paling besar, 175 dan 158 ml. a_w minimal untuk pertumbuhan bakteri 0,90, khamir 0,80-0,90 dan kapang 0,60-0,70.

Fennema (1996), memaparkan adanya hubungan antara kadar air dalam bahan pangan dengan daya awetnya. Pengurangan air dalam bahan pangan bertujuan untuk mengawetkan bahan pangan sehingga dapat tahan terhadap kerusakan mikrobiologis maupun kerusakan kimiawi. Kriteria ikatan air dalam aspek daya awet bahan pangan dapat ditinjau dari kadar air, konsentrasi larutan, tekanan osmotik, kelembaban relatif berimbang dan aktivitas air. Kadar air dan konsentrasi larutan hanya sedikit berhubungan dengan sifat-sifat air yang terdapat dalam bahan pangan dan tidak dapat digunakan sebagai indikator nyata dalam menentukan ketahanan simpan.

Menurut Sitanggang (2017) *Rhizopus* sering disebut sebagai kapang roti karena sering tumbuh dan menyebabkan kerusakan pada roti. Spesies *Rhizopus* yang sering tumbuh pada roti adalah *R. stolonifer* dan *R.nigricans* yang koloninya berwarna hitam. *Aspergillus* adalah kapang yang juga biasa tumbuh pada roti, kapang ini tumbuh baik pada substrat dengan konsentrasi gula dan garam tinggi, oleh karena itu dapat tumbuh pada makanan dengan kadar air rendah. Grup ini mempunyai konidia berwarna hijau, dan membentuk *askospora* yang terdapat didalam *aski perithesia* berwarna kuning sampai merah. Grup *A. niger* mempunyai kepala pembawa konidia yang besar yang dipak secara padat, bulat dan berwarna hitam, coklat hitam atau ungu coklat. Konidianya kasar dan mengandung pigmen. *A. flavus-oryzae* mempunyai konidia dalam grup ini berwarna kuning sampai hijau, dan mungkin membentuk *sklerotia*. *Neurospora (Monila) sitophila* dan *N. crassa* merupakan spesies yang umum dijumpai pada makanan dan disebut kapang roti merah atau kapang nasi merah karena pertumbuhannya yang cepat pada roti atau nasi dengan membentuk warna merah-oranye.

Penelitian Mohammad Ayub (2003) yang melakukan studi kadar air roti tawar yang diproduksi oleh pabrik dan disimpan selama lima hari pada suhu 12-25°C, hasilnya terjadi

peningkatan kadar air dari 36-45,49% menjadi 43,07-48,02% , untuk sampel yang diambil dari pasar tradisional 36,05-43,07% meningkat selama penyimpanan menjadi 41,29-49,26%. Sedangkan Aw roti tawar pada produk industri 0,9425-0,97, total mikroba 0-57 cfu/g dan dari produk pasar tradisional 0,977-0,9975, total mikroba 0-197 cfu/g . Selama penyimpanan roti terjadi peningkatan kadar air, aw dan total mikroba.

Inulin bersifat gel dengan memerangkap air, sehingga penggantian lemak dengan inulin menyebabkan lebih banyaknya air yang terperangkap dalam roti, menyebabkan peningkatan pertumbuhan mikroba, sehingga diperlukan bahan anti mikroba karena fase air mempermudah pertumbuhan mikroorganisme. Pengawetan diperlukan untuk emulsi minyak dalam air karena kontaminasi fase eksternal mudah terjadi. Jamur dan kapang lebih sering ditemukan daripada bakteri. Bakteri ternyata dapat menguraikan bahan pengemulsi ionik dan nonionik, gliserin dan sejumlah bahan pengemulsi alam seperti tragakan dan gom (Hartomo, 1993).

5.6. Karakteristik Sensori Roti Tawar

Karakteristik intensitas atribut diukur oleh lima panelis ahli menggunakan Uji Deskripsi oleh Dosen Teknologi Pangan dan Pengajar Evaluasi Sensori Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Semarang, berupa lima belas parameter yang meliputi : rasa gurih, rasa pahit, rasa manis, rasa asin, rasa mentah, rasa tepung, susu, rasa karamel, rasa asam serta aroma roti menyimpang, keputihan roti, keempukan roti, keliatan roti dan keliatan roti pada gigi.

Roti tawar perlakuan C (50% lemak diganti inulin) mempunyai nilai rata-rata aroma roti, keempukan dan keputihan jauh melampaui nilai rata-rata pada perlakuan yang lain, rasa asinnya sedikit menonjol, sedangkan rasa manisnya rata-rata skornya lebih rendah dari perlakuan yang lain. Perbandingan lemak dan inulin sama 50% pada formulasi adalah terbaik, dimana inulin akan bersifat menstabilkan emulsi lemak dan air pada roti tawar, inulin berfungsi sebagai stabiliser dengan cara meningkatkan viskositas adonan roti tawar sehingga tetap stabil selama pemanggangan dan menciptakan struktur roti lebih empuk.

Hasil uji sensori tersebut sejalan dengan penelitian Bhat, *et.al.* (2015) pada pembuatan roti tawar dengan penggantian tepung terigu dengan tepung *waterchessnut* 3%, 6% dan 9%,

hasil analisis sensori menggunakan uji hedonik menunjukkan roti dengan penggantian tepung *waterchessnut* 3% mempunyai skor rata-rata paling tinggi 3,90 lebih tinggi dibanding dengan roti tawar kontrol 3,47.

Perlakuan E (seluruh lemak diganti inulin) adalah roti tawar yang paling tidak baik karakteristik sensorinya, rasa mentah, rasa tepung, rasa asam, aroma tidak enak/menyimpang memiliki nilai rata-rata tertinggi serta roti perlakuan ini terasa lengket digigi, tetapi roti perlakuan E ini memiliki rasa gurih dan rasa susu yang lebih tajam dibanding perlakuan lainnya. Inulin merupakan serat yang bersifat larut air, tanpa kombinasi lemak akan membentuk gel dalam air, yang menyebabkan roti tawar terasa lebih lengket digigi. Sedangkan untuk parameter rasa pahit dan karamel skornya untuk kelima perlakuan hampir sama.

