

4. PEMBAHASAN

Adonan roti bebas gluten memiliki karakteristik lebih cair daripada adonan roti yang menggunakan tepung terigu dan lebih mendekati viskositas adonan *cake* (Cauvain, 1998 dalam Schober *et al.*, 2005). Hal ini disebabkan karena tidak adanya jaringan gluten dalam adonan sehingga adonan roti bebas gluten harus ditangani dengan cara yang hampir sama dengan adonan *cake* daripada adonan roti. Susu bubuk banyak digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan roti bebas gluten karena memiliki dampak positif terhadap roti (Gallagher *et al.*, 2004 dalam Schober *et al.*, 2005). Baru-baru ini pati, protein, dan hidrokoloid ditambahkan secara alami ke dalam roti bebas gluten, seperti tepung beras dan atau tepung jagung untuk menghasilkan sifat viskositas yang hampir sama dengan adonan gluten. Selain itu juga dapat meningkatkan struktur, atribut sensori, dan umur simpan (Moore *et al.*, 2006 dalam Curic *et al.*, 2007).

4.1. Karakteristik Sensori

Uji sensoris roti bebas gluten dilakukan dengan menggunakan metode *ranking hedonik*. Uji ini dilakukan pada 30 panelis tidak terlatih dan setiap panelis diberi 5 potong sampel roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 0%, 20%, 30%, 40%, dan 50% masing-masing diberi susunan 3 angka yang berbeda. Parameter yang diuji dalam uji sensori *ranking hedonik* roti bebas gluten adalah tekstur, warna, dan *overall* (rasa dan tekstur saat dikonsumsi) dengan skor *ranking* 1 untuk sampel yang paling tidak disukai sampai 5 untuk sampel yang paling disukai. Berdasarkan hasil uji sensori pada Tabel 5 didapatkan hasil bahwa pada parameter tekstur dan *overall* roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 30% paling disukai oleh responden masing-masing dengan nilai $3,50 \pm 1,33$ dan $3,27 \pm 1,34$, sedangkan pada parameter warna roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 50% paling disukai oleh responden dengan nilai $3,43 \pm 1,52$.

Menurut Winarno (1997) dalam Surono (2017) rasa memiliki peran yang cukup penting menentukan kualitas suatu produk pangan. Rasa ditentukan menggunakan indera pengecap dan rangsangan mulut. Marco dan Rosell (2008) dalam Maghaydah, *et al.* (2013) menyatakan bahwa tepung beras dan jagung termasuk salah satu tepung yang

paling cocok untuk dikembangkan dalam produk-produk bebas gluten karena memiliki rasa yang ringan. Meybodi (2015) menambahkan bahwa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa substitusi tepung beras sebanyak 30% menghasilkan penerimaan kualitas roti bebas gluten yang paling baik. Hal ini sesuai dengan hasil uji sensori yang dihasilkan yang menunjukkan sampel dengan substitusi tepung beras sebanyak 30% merupakan sampel yang paling disukai responden. Hasil tersebut yang mendasari penelitian ini mengenai uji proksimat dengan sampel roti bebas gluten substitusi 30% tepung beras walaupun nilai pada parameter *overall* tidak memberikan hasil yang berbeda nyata.

Menurut Neumann dan Bruemmer (1997) dalam Selmo dan Salas Mellado (2014) tepung beras memiliki karakteristik *flavor* yang tidak terlalu kuat dan hal ini mendasari tingkat kesukaan responden terhadap roti bebas gluten yang disubstitusi dengan tepung beras. Lopez (2004) juga menyatakan bahwa roti dengan bahan tepung beras menghasilkan hasil terbaik, tekstur yang lebih lembut, dan konsistensi yang lebih baik. Uji sensori ini dilakukan untuk mengetahui roti bebas gluten yang paling disukai oleh responden kemudian sampel tersebut akan dianalisa proksimat bersama *gluten free bread* tanpa substitusi tepung beras sehingga akan diketahui total kalori per 100g dari kedua sampel roti tersebut.

4.2. Karakteristik Fisik Roti Bebas Gluten

4.2.1. Tekstur Roti Bebas Gluten

Tekstur dapat dihubungkan dengan sifat reologi makanan dan merupakan salah satu parameter kualitas makanan yang cukup penting karena memiliki dampak yang cukup besar dan penerimaan konsumen terhadap suatu produk. Menurut Brandt *et al.* (1963) dalam Clerici *et al.* (2009), tekstur meliputi sifat mekanis, geometris (ukuran dan bentuk), dan lainnya (persepsi lemak, kelembaban, dan lain-lain). Sifat mekanis sangat penting karena menentukan bagaimana makanan saat di dalam mulut meliputi kekerasan, kohesivitas, elastisitas, *gumminess*, dan *adhesiveness*. Empat hal yang pertama disebutkan tersebut berhubungan dengan gaya atraksi antara partikel makanan dan lawan dari disintegrasi, sedangkan *adhesiveness* berhubungan dengan sifat permukaan (Brandt *et al.*, 1963 dalam Clerici *et al.*, 2009).

Berdasarkan hasil uji tekstur roti bebas gluten dengan menggunakan *Texture Analyzer* didapatkan hasil bahwa nilai *hardness* tertinggi ada pada sampel kontrol atau roti bebas gluten tanpa substitusi tepung beras yaitu sebesar $127,47 \pm 11,65$ gf, sedangkan nilai *hardness* terendah ada pada sampel roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 30% yaitu sebesar $81,23 \pm 7,79$ gf. Semakin tinggi konsentrasi substitusi tepung beras pada roti bebas gluten maka nilai *hardness* akan semakin rendah, akan tetapi substitusi lebih dari 30% tepung beras maka nilai *hardness* menjadi semakin tinggi. Kandungan pati dalam tepung beras yang lebih tinggi daripada tepung jagung dan kedelai menyebabkan kemampuan mengikat air yang lebih tinggi sehingga akan membuat tekstur roti menjadi lebih lembut. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari R.C. Hosney (1986) dalam Maghaydah *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa perbedaan persentase kadar air dipengaruhi oleh banyaknya kandungan pati dalam tepung beras (88-90%) dan tepung terigu (70-72%). Hal ini dapat memberikan dampak positif yaitu meningkatnya kapasitas mengikat air (*water holding capacity*) sehingga akan meningkatkan laju hidrasi dan menurunkan tingkat kekerasan roti.

Hal ini juga didukung dengan pernyataan dari Man (2014) yang menyatakan bahwa tepung kedelai dan tepung beras menyerap air yang lebih banyak. Elke dan Bello, (2008) dalam Mohammadi *et al.* (2013) menambahkan bahwa air merupakan *plasticizer* dalam makanan yang paling penting dan peningkatan penyerapan air dalam produk *bakery* dapat menambah kelembutan dan berkurangnya kekerasan roti. Nicholls *et al.* (1995) dalam Jakubczyk *et al.* (2008) juga menyatakan bahwa jika kelembaban meningkat melalui penyerapan air dari lingkungan ataupun dari perpindahan senyawa lain, akan menghasilkan produk dengan tekstur yang lembut dan lembab. Hasil uji yang dilakukan sama dengan hasil penelitian dari Hera *et al.* (2014) bahwa tingkat kekerasan bagian remah (*crumb*) roti dari tepung beras lebih rendah daripada produk roti bebas gluten komersial (Matos & Rosell, 2012 dalam Hera *et al.*, 2014). Hal ini mungkin disebabkan karena adanya pati pada dalam tepung yang digunakan.

Pati merupakan komposisi utama dalam tepung beras yang terdiri dari 2 polimer glukosa yaitu amilosa dan amilopektin (Champagne ET, 1996 dalam Thumrongchote *et al.*, 2012). Amilosa dan amilopektin mempengaruhi proses gelatinisasi dan retrogradasi

tepung beras (Singh *et al.*, 2000 dalam Thumrongchote *et al.*, 2012). Amilosa berfungsi sebagai penghalang pengembangan tetapi dapat membentuk jaringan gel dan membentuk perubahan struktur gel tepung dalam waktu pendek (kurang dari 1 hari), sedangkan amilopektin berkontribusi terhadap perubahan struktur dengan waktu yang lebih panjang (Bhattacharya *et al.*, 1999 dalam Thumrongchote *et al.*, 2012). Selain amilosa dan amilopektin, protein dan lemak yang merupakan komponen minor dari tepung beras juga dapat mempengaruhi sifat tepung beras seperti membatasi perluasan granula pati selama proses gelatinisasi atau membatasi retrogradasi amilopektin (Tester RF dan Morrison WR, 1990 dalam Thumrongchote *et al.*, 2012).

Berdasarkan Tabel 6 didapatkan hasil bahwa pada substitusi tepung beras di atas 30% (40% dan 50%) menghasilkan nilai *hardness* yang semakin tinggi. Semakin tinggi konsentrasi tepung beras maka kandungan karbohidrat yang mudah larut menjadi lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Aoki *et al.* (2012) dalam Araki *et al.* (2016) bahwa penggunaan bahan dengan kandungan amilosa yang tinggi akan memproduksi roti dengan tekstur yang keras. Roti tepung beras yang dibuat dengan tepung beras dengan suhu gelatinisasi yang tinggi ($>70^{\circ}\text{C}$) akan menghasilkan perbandingan tinggi terhadap rantai amilopektin yang lebih panjang dan hal tersebut menyebabkan laju pengerasan yang semakin tinggi. Rosell and Marco (2008) dalam Hera *et al.* (2014) menambahkan bahwa beras juga mengandung kandungan yang tinggi akan karbohidrat yang mudah untuk dicerna. Menurut Gambus *et al.* (2007) adanya kandungan karbohidrat yang mudah larut dalam jumlah tinggi menghasilkan proses gelatinisasi pati yang tinggi pada produk roti. Hal ini menyebabkan tekstur roti menjadi lebih keras. Hasil yang sama juga didapatkan pada penelitian dari Crockett *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa pada penambahan konsentrasi yang rendah menyebabkan tingkat kekerasan remah (*crumb*) roti menurun, akan tetapi pada penambahan konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan tingkat kekerasan meningkat.

Selain pengaruh dari kadar pati dalam tepung, faktor lain yang mempengaruhi tekstur roti bebas gluten adalah porositas dan volume pengembangan roti. Menurut Surono (2017) semakin tinggi volume pengembangan roti, maka rongga dalam roti akan menjadi lebih besar dan hal ini menyebabkan tekstur roti akan menjadi lebih empuk.

Roti bebas gluten yang dibuat dengan menggunakan tepung beras memiliki konsistensi 4x lebih tinggi daripada roti yang dibuat dengan tepung terigu. Kekerasan dipengaruhi oleh persebaran gelembung-gelembung remah roti (*crumb*). Hal ini berhubungan dengan komponen sel lamela (Ahlborn *et al.*, 2005 dalam Pasqualone *et al.*, 2010). Kekerasan, gaya penetrasi, dan pemotongan mempengaruhi peningkatan kekerasan pada roti bebas gluten. Oleh karena itu, dampak keseluruhan dari sifat mekanis roti bebas gluten mungkin dapat menentukan peningkatan kekerasan. Hal ini terjadi sebagai dampak dari pengurangan pembengkakan granula pati dan pengurangan larutnya amilosa dari granula (Alvarenga *et al.*, 2011).

Bagian remah roti (*crumb*) bersifat basah setelah pemanggangan dan saling berikatan. Akan tetapi setelah 72 jam terjadi proses *staling* sehingga berubah menjadi kering dan mudah hancur (Torbica *et al.*, 2010 dalam Dvořakova *et al.*, 2012). Hal ini disebabkan karena proses pengkristalan sebagian pati yang tergelatinisasi, dinamakan proses retrogradasi ketika mendinginkan roti sampai mencapai suhu ruang. Perubahan ini berhubungan dengan perpindahan kelembaban dan tidak adanya jaringan gluten yang menunjukkan perpindahan air melalui pembengkakan jaringan gluten (Sciarini *et al.*, 2010b dalam Dvořakova *et al.*, 2012). Meskipun pada bagian kulit roti (*crust*) termasuk pengerasan dari gel pati yang mengakibatkan peningkatan kekerasan pada remah roti (*crumb*) (Fessas dan Schiraldi, 1998 dalam Dvořakova *et al.*, 2012). Tidak adanya gluten memberikan dampak pada pembentukan sel, sifat remah (*crumb*) dan kulit (*crust*) roti, volume, porositas, parameter kualitas, (SivarzmaKrishnan *et al.*, 2004 dalam Mohammadi *et al.*, 2013), *mouth feel*, dan *flavor* (Bruce, 2008 dalam Mohammadi *et al.*, 2013).

4.2.2. Intensitas Warna Roti Bebas Gluten

Komponen yang cukup penting untuk menentukan penerimaan konsumen dan kualitas suatu produk pangan adalah warna. Jika parameter warna produk pangan baik maka penerimaan konsumen akan menjadi lebih baik pula. Walaupun produk pangan tersebut memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, enak, tekstur baik, tetapi jika warnanya tidak menarik maka kesan konsumen terhadap produk pangan tersebut juga kurang baik (Winarno, 1997 dalam Surono, 2017).

Berdasarkan Tabel 7 didapatkan hasil bahwa nilai *Lightness* (L) atau kecerahan tidak memberikan hasil yang berbeda nyata pada setiap sampel. Nilai L paling tinggi ada pada sampel roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 50% yaitu sebesar $73,17 \pm 2,60$, sedangkan nilai L paling rendah ada pada sampel roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 20% yaitu sebesar $69,85 \pm 4,25$. Hal ini disebabkan karena kandungan pati dalam masing-masing tepung yang digunakan. Kandungan pati pada tepung kedelai sebesar 30-35%, tepung jagung sebesar 70-75%, dan tepung beras 80-90%. Selama pemanggangan terjadi proses pencoklatan *Maillard* dari laktosa dalam susu yang digunakan dan kandungan lisin pada tepung kedelai. Namun reaksi pencoklatan tersebut menurun karena kandungan pati dalam tepung lebih tinggi daripada lisin. Kandungan pati yang ada dalam tepung akan berkontribusi terhadap penyerapan air dan hal tersebut akan mempengaruhi proses *Maillard* yang terjadi selama pemanggangan.

Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Mezaize *et al.* (2009) dalam Mohammadi *et al.* (2013) dampak kecerahan dari suatu produk dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti adanya distribusi air, yang dapat memberikan dampak pada reaksi pencoklatan *Maillard* dan karamelisasi. Ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kandungan air dan adanya pengenceran bahan maka reaksi pencoklatan akan semakin berkurang (Fatemi, 2010 dalam Mohammadi *et al.*, 2013). Semakin gelap warna suatu produk disebabkan karena adanya reaksi pencoklatan non enzimatis (*Maillard reaction*) antara molekul gula dan protein lisin (Singh *et al.*, 2007 dalam Man *et al.*, 2014). Semakin rendah nilai L* pada roti disebabkan karena adanya proses pencoklatan *Maillard* dan karamelisasi yang dipengaruhi oleh distribusi air dan reaksi dari pengurangan gula dan asam amino (Kent dan Evers, 1994 dalam Alvarenga *et al.*, 2011). Pylar (1973) dalam Maghaydah *et al.* (2013) menambahkan bahwa warna remah roti (*crumb*) dipengaruhi oleh warna endosperma alami dan partikel kulit biji dari tepung, daripada reaksi pencoklatan *Maillard* dan karamelisasi karena remah roti tidak sampai mencapai suhu yang setinggi bagian kulit roti (*crust*).

Selain itu, warna putih pada pati tepung jagung, kedelai, dan beras tersebut yang menyebabkan roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras memiliki warna yang

lebih terang atau putih. Nilai a^* menunjukkan nilai negatif yang berarti sampel mengarah ke warna hijau, sedangkan nilai b^* cenderung menunjukkan nilai positif yang berarti sampel mengarah ke warna kuning. Semakin tinggi konsentrasi substitusi tepung beras maka nilai a^* dan b^* cenderung semakin menurun. Hasil ini juga hampir sama dengan penelitian dari Clerici *et al* (2009) bahwa hasil uji warna terhadap remah (*crumb*) roti memiliki nilai L^* sekitar 65,68, nilai a^* negatif sekitar -1,63 (*less red*), dan nilai b^* positif sekitar 4,88 (*more yellow*).

4.2.3. Volume Pengembangan Roti Bebas Gluten

Berdasarkan Tabel 6 didapatkan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi substitusi tepung beras pada roti bebas gluten maka volume pengembangan roti akan menjadi lebih tinggi. Akan tetapi jika dibandingkan dengan roti tawar dengan menggunakan tepung terigu, roti bebas gluten ini memiliki volume pengembangan yang jauh lebih rendah. Hal ini disebabkan karena roti bebas gluten menggunakan tepung yang tidak mengandung gluten sehingga kemampuan untuk menahan gas selama fermentasi juga semakin rendah akibatnya volume pengembangannya juga menjadi lebih kecil. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Rosell and Marco (2008) dalam Hera *et al.* (2014) bahwa adonan yang dibuat dari tepung beras memiliki keterbatasan dalam menahan gas yang terbentuk selama proses pembuatan roti. Hal ini disebabkan karena roti yang dihasilkan tidak memiliki sifat viskoelastis sehingga volume pengembangan roti tidak terlalu tinggi. Cato *et al.* (2004) dalam Man *et al.*, 2014 menambahkan bahwa selain itu beras juga memiliki karakteristik seperti tidak adanya kemampuan untuk membentuk gluten, rendah akan natrium dan lemak, akan tetapi tinggi akan protein. Selain itu beras juga tinggi akan karbohidrat yang mudah dicerna.

Volume pengembangan roti bebas gluten yang paling tinggi ada pada sampel roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras 50% sebesar $159,09 \pm 0,03\%$, sedangkan volume pengembangan paling rendah ada pada sampel roti bebas gluten tanpa substitusi tepung beras yaitu sebesar $88,11 \pm 0,08\%$. Hasil uji volume pengembangan roti bebas gluten tanpa substitusi tepung beras (menggunakan tepung jagung dan kedelai) memiliki persentase volume pengembangan yang lebih rendah daripada roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras. Hasil yang sama juga didapatkan dalam penelitian Lopez *et al*

(2004) bahwa volume pengembangan yang paling tinggi adalah ada pada roti bebas gluten dengan bahan tepung *barley*, kemudian tepung beras, dan terakhir adalah tepung jagung.

Hal ini disebabkan karena kandungan pati dalam tepung beras lebih banyak yaitu sebesar 80-90% (terdiri dari 30% amilosa dan 70% amilopektin) daripada tepung jagung yang hanya sebesar 70-75% (terdiri dari 25% amilosa dan 75% amilopektin). Granula pati memiliki sifat higroskopis/mudah menyerap air. Dalam proses gelatinisasi, pati dengan kandungan amilosa yang lebih tinggi lebih cepat menyerap air dan volume pengembangan lebih tinggi, sebaliknya pati dengan amilosa yang lebih rendah lebih sedikit menyerap air dan volume pengembangannya kurang. Ketika campuran granula pati dan air tersebut dipanaskan, maka granula pati akan mengembang dan menyerap dengan cepat. Hal itulah yang menyebabkan roti bebas gluten dengan konsentrasi substitusi yang semakin tinggi menghasilkan volume pengembangan yang semakin tinggi pula.

Jumlah fraksi amilosa-amilopektin sangat berpengaruh pada profil gelatinisasi pati. Amilosa memiliki ukuran yang lebih kecil dengan struktur tidak bercabang. Sementara amilopektin merupakan molekul berukuran besar dengan struktur bercabang banyak dan membentuk *double helix*. Saat pati dipanaskan, beberapa *double helix* fraksi amilopektin merenggang dan terlepas saat ada ikatan hidrogen yang terputus. Jika suhu yang lebih tinggi diberikan, ikatan hidrogen akan semakin banyak yang terputus, menyebabkan air terserap masuk ke dalam granula pati. Pada proses ini, molekul amilosa terlepas ke fase air yang menyelimuti granula, sehingga struktur dari granula pati menjadi lebih terbuka, dan lebih banyak air yang masuk ke dalam granula, menyebabkan granula membengkak dan volumenya meningkat.

Volume roti mengalami peningkatan saat proses *proofing* dan pemanggangan. Arlene *et al* (2009) dalam Hamidah *et al* (2015) menyatakan bahwa pengembangan roti terjadi sebagai akibat dari aktivitas *yeast Saccharomyces cerevisiae* yang melepaskan gas CO₂ selama proses fermentasi dan gas tersebut ditahan di dalam adonan sehingga volume pengembangan roti meningkat. Volume pengembangan roti bebas gluten setelah

proofing dan setelah dipanggang disebabkan karena adanya panas yang menyebabkan struktur roti menjadi mengembang dan lebih kuat sehingga dapat menahan gas yang terbentuk selama proses fermentasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Chhanwal dan Anandharamakrishnan (2015) dalam Martinez (2017) bahwa *perubahan* fisikokimia dan biologis terjadi selama pemanggangan, seperti pelepasan gas CO₂, perluasan volume, penguapan air, dan gelatinisasi pati. Zhou dan Therdthai (2007) dalam Martinez (2017) menambahkan bahwa selama awal proses pemanggangan, temperatur akan meningkat dan menyebabkan penguapan air dan pelepasan gas CO₂. Pelepasan CO₂ membuat peningkatan volume pada kulit roti (*crust*) dan pengembangan remah roti (*crumb*). Perubahan struktural terjadi selama pemanggangan roti. Struktur jaringan pada remah roti (*crumb*) yang mendominasi proses gelatinisasi pati.

Hal lain yang dapat mempengaruhi volume pengembangan adalah kemampuan untuk membentuk gel. Menurut A.Gallagher *et al.* (2003) dalam Mohammadi *et al.* (2013) menambahkan bahwa adonan roti tanpa gluten dapat menahan gas jika gluten tersebut digantikan dengan gel lainnya. Amilosa berfungsi sebagai penghalang pengembangan tetapi dapat membentuk jaringan gel dan membentuk perubahan struktur gel tepung (Bhattacharya *et al.*, 1999 dalam Thumrongchote *et al.*, 2012). Berdasarkan pernyataan tersebut, dapat disimpulkan bahwa *gluten free read* dengan substitusi tepung beras dapat mengembang lebih besar daripada tanpa substitusi tepung beras karena adanya kandungan amilosa pada tepung beras yang dapat membentuk gel sehingga dapat menahan gas lebih baik dan volume pengembangannya menjadi lebih besar.

4.2.4. Rata-Rata Diameter Pori Roti Bebas Gluten

Berdasarkan Tabel 7 didapatkan hasil bahwa rata-rata diameter pori roti bebas gluten paling kecil ada pada sampel roti bebas gluten tanpa substitusi tepung beras yaitu sebesar $1,17 \pm 0,11$ mm, sedangkan rata-rata diameter pori paling besar ada pada roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 50% yaitu sebesar $1,52 \pm 0,21$ mm. Hasil ini sesuai dengan pernyataan dari Kuswardani *et al.* (2008) bahwa penggunaan tepung dari jagung dalam pembuatan roti akan menghasilkan pori-pori remah (*crumb*) roti yang seragam tetapi sangat kecil. Hal ini disebabkan karena tepung jagung tidak dapat menahan gas, sedangkan tepung beras digunakan sebagai bahan

pembuatan roti bebas gluten karena memiliki sifat yang lebih mirip dengan tepung terigu dalam hal rasa, kemampuan menyerap air, dan menahan gas dengan lebih baik karena kadar pati yang lebih tinggi sehingga memiliki diameter pori yang cenderung lebih besar. Selain itu menurut Surono (2017) rata-rata diameter pori berhubungan dengan volume pengembangan dan tekstur. Semakin tinggi volume pengembangan roti, maka rongga dalam roti akan menjadi lebih besar dan hal ini menyebabkan tekstur roti akan menjadi lebih empuk.

Pori-pori adalah lubang kecil dalam roti sebagai akibat dari adanya gas CO₂. Gas tersebut dihasilkan oleh *yeast* selama proses fermentasi. Gas tersebut terperangkap dan tertahan sehingga membentuk pori-pori roti. Tidak homogenya pori-pori disebabkan oleh kadar gluten roti dan pati. Tidak adanya gluten menyebabkan volume pengembangan menjadi tidak maksimal dan pori-pori tidak merata. Semakin tingginya kadar pati tanpa adanya gluten maka granula pati saling berikatan dan menjadi semakin tebal. Hal tersebut mengakibatkan elastisitas gluten terhalangi oleh pati dan pori-pori menjadi tidak merata. Sebaliknya jika selama proses fermentasi berjalan dengan baik dan pengadukan rata, udara yang terperangkap dalam adonan akan terperangkap dengan baik maka akan menghasilkan roti dengan porositas yang seragam (Surono, 2007).

4.3. Analisa Proksimat Roti Bebas Gluten

Analisa proksimat dilakukan pada 2 sampel yaitu roti bebas gluten tanpa substitusi tepung beras sebagai kontrol dan roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 30% sebagai hasil dari uji sensori yang paling disukai oleh responden. Berdasarkan Tabel 10 didapatkan hasil bahwa dalam uji proksimat pada sampel roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 30% memiliki kadar air yang lebih tinggi yaitu sebesar $51,13 \pm 1,02\%$ daripada roti bebas gluten tanpa substitusi tepung beras yaitu sebesar $51,03 \pm 0,59\%$. Kedua hasil tersebut tidak memberikan hasil yang berbeda nyata. Kandungan air yang tinggi pada kedua sampel tersebut disebabkan karena adanya kandungan pati dalam masing-masing tepung yang digunakan. Kandungan pati pada tepung kedelai sebesar 30-35%, tepung jagung sebesar 70-75%, dan tepung beras 80-90%.

Hal tersebut sesuai dengan pernyataan dari Hosenev (1986) dalam Maghaydah *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa perbedaan persentase kadar air suatu produk dipengaruhi oleh banyaknya kandungan pati dalam tepung beras (88-90%) dan tepung terigu (70-72%). Hal ini dapat memberikan dampak positif yaitu meningkatnya kapasitas mengikat air (*water holding capacity*) sehingga akan meningkatkan laju hidrasi. Hal ini juga didukung dengan pernyataan dari Man (2014) yang menyatakan bahwa tepung kedelai dan tepung beras menyerap air yang lebih banyak sehingga pada produk yang dihasilkan memiliki kadar air yang cenderung tinggi.

Kandungan air yang tinggi dalam roti menyebabkan umur simpan roti menjadi lebih pendek. Hal ini disebabkan karena kandungan air yang tinggi merupakan tempat yang baik bagi mikroorganisme untuk tumbuh khususnya jamur/kapang roti. Hal ini sesuai dengan penelitian Man *et al.* (2014) bahwa *muffin* dengan kelembaban yang tinggi memiliki umur simpan yang lebih pendek karena kelembaban menjadi indikator untuk umur simpan dan mendorong pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan roti. Sciarini *et al.* (2010b) dalam Dvořakova *et al.* (2012) menambahkan bahwa umur simpan roti dipengaruhi oleh hilangnya kelembaban, kondisi *stalling*, dan deteriorasi mikrobial serta proses pengerasan remah roti (*crumb*) yang disebabkan oleh kristalisasi amilopektin dan redistribusi.

Pada Tabel 10 juga menunjukkan bahwa kadar abu pada roti bebas gluten tanpa atau dengan substitusi tepung beras tidak memberikan hasil yang signifikan. Pada roti bebas gluten tanpa substitusi tepung beras memiliki kadar abu sebesar $0,82 \pm 0,05$, sedangkan roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras sebanyak 30% memiliki kadar abu sebesar $0,74 \pm 0,06$. Pada kadar abu, protein, lemak, dan karbohidrat didapatkan hasil yang tidak berbeda nyata antara sampel roti bebas gluten tanpa substitusi maupun dengan substitusi 30% tepung beras. Kadar abu diperoleh dari bahan-bahan organik dan mineral dalam bahan yang digunakan untuk membuat roti. Kadar protein pada roti bebas gluten tanpa substitusi tepung beras dan dengan substitusi 30% tepung beras masing-masing sebesar $4,05 \pm 0,33\%$ dan $3,93 \pm 0,59\%$. Kadar protein tersebut didapatkan dari bahan yang digunakan dalam pembuatan roti, seperti susu, telur, dan tepung yang digunakan. Bahan dasar dalam pembuatan roti bebas gluten kontrol adalah

tepung komposit yang terdiri dari jagung dan kedelai dengan kadar protein yang lebih tinggi daripada roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras.

Menurut Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY, kadar protein pada tepung beras sebesar 7%, tepung jagung sebesar 9,2%, dan tepung kedelai sebesar 35,9%. Hal tersebut yang menyebabkan kadar protein pada roti bebas gluten yang dihasilkan menjadi cukup tinggi dan tidak memberikan hasil yang berbeda nyata antar sampel. Tepung beras tinggi akan kandungan karbohidrat tetapi rendah akan kandungan lemak dan protein jika dibandingkan dengan tepung jagung dan kedelai. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Yu S *et al.* (2010) dalam Thumrongchote *et al.* (2012) menambahkan bahwa tepung beras memiliki komponen minor seperti protein dan lemak.

Kadar lemak roti bebas gluten tanpa substitusi dan dengan substitusi 30% tepung beras masing-masing sebesar $6,99 \pm 0,50\%$ dan $7,08 \pm 0,28\%$. Kadar lemak pada roti bebas gluten dengan substitusi 30% tepung beras tidak memberikan hasil yang berbeda nyata dengan kontrol. Kadar lemak pada produk disebabkan karena adanya kandungan lemak pada tepung beras, kedelai, dan jagung yang digunakan. Menurut Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY, kadar lemak pada tepung beras sebesar 0,5%, tepung jagung sebesar 3,9%, dan tepung kedelai sebesar 20,6%. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Cato *et al.* (2004) dalam Man *et al.*, 2014 yang menyatakan bahwa beras memiliki kandungan lemak yang rendah. Yu S *et al.* (2010) dalam Thumrongchote *et al.* (2012) menambahkan bahwa tepung beras memiliki komponen minor seperti protein dan lemak. Selain itu kandungan lemak pada roti bebas gluten dipengaruhi oleh bahan pembuatan roti bebas gluten seperti margarin, minyak, telur, dan tepung. Margarin termasuk salah satu *shortening* yang mengandung lebih dari 80% lemak, air sekitar 16%, kandungan laktosa 0,5%, dan abu sekitar 0,1%-3,0% (Matz, 1992 dalam Basuki *et al.*, 2011).

Kadar karbohidrat untuk roti bebas gluten tanpa substitusi tepung beras dan dengan substitusi 30% tepung beras masing-masing sebesar $37,11 \pm 0,49\%$ dan $37,13 \pm 0,78\%$. Perhitungan tersebut didapatkan dari hasil perhitungan *carbohydrate by difference*.

Kadar karbohidrat pada roti bebas gluten dengan substitusi 30% tepung beras tidak berbeda nyata dengan roti tanpa substitusi tepung beras. Hasil tersebut disebabkan karena tingginya kandungan karbohidrat pada tepung beras khususnya pati (amilosa dan amilopektin). Selain itu juga disebabkan karena adanya kandungan pati dalam tepung jagung dan kedelai. Menurut Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY, kadar karbohidrat pada tepung beras sebesar 80%, tepung jagung sebesar 73,3%, dan tepung kedelai sebesar 29,9%. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari R.C. Hosney (1986) dalam Maghaydah *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa kandungan pati dalam tepung beras cukup tinggi yaitu sekitar 88-90%. Champagne ET (1996) dalam Thumrongchote *et al.* (2012) menambahkan bahwa pati merupakan komposisi utama dalam tepung beras yang terdiri dari 2 polimer glukosa yaitu amilosa dan amilopektin. Tingginya kandungan karbohidrat dalam suatu produk akan menghasilkan total kalori yang lebih tinggi pula.

4.4. Total Kalori Roti Bebas Gluten

Akhir-akhir ini banyak konsumen yang lebih memperhatikan kualitas dan aspek nutrisi dari makanan yang mereka konsumsi. Para ahli nutrisi menyarankan untuk mengonsumsi produk sereal yang bebas gluten untuk memberikan manfaat kesehatan, seperti meningkatkan kadar glukosa dalam darah, mencegah obesitas, dan mengurangi risiko penyakit jantung (Horszward *et al.*, 2009 dalam Dvořakova *et al.*, 2012). Berdasarkan hasil penelitian terhadap perhitungan total kalori yang didapatkan dari perhitungan konversi karbohidrat, protein, dan lemak pada uji proksimat didapatkan hasil bahwa total kalori pada roti bebas gluten dengan substitusi tepung beras memiliki nilai yang lebih tinggi yaitu sebesar $227,96 \pm 3,07$ kkal daripada kontrol (tanpa substitusi tepung beras) yaitu sebesar $227,55 \pm 4,67$ kkal. Hasil tersebut tidak memberikan hasil yang berbeda nyata. Hasil tersebut didapatkan dari perhitungan konversi massa karbohidrat dan protein berat basah dikalikan dengan 4 kkal dan 9 kkal untuk massa lemak berat basah. Semakin tinggi kandungan karbohidrat pada suatu produk pangan maka total kalori juga akan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Rosell dan Marco (2008) dalam Hera *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa beras juga mengandung kandungan yang tinggi akan karbohidrat yang mudah untuk dicerna.

Penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa komposisi nutrisi pada produk-produk *gluten free* menunjukkan tingginya kandungan lemak, gula, dan garam. Para penderita *celiac disease* mengimbangi pembatasan diet bebas gluten dengan mengonsumsi makanan yang tinggi akan lemak, gula, dan kalori sehingga banyak pasien yang kelebihan konsumsi lemak dan lemak jenuh (Mariani *et al.*, 1998 dalam Saturni *et al.*, 2010). Pola makan *celiac disease* golongan remaja ditemukan banyak yang kelebihan asupan protein dan lemak serta mengandung sedikit karbohidrat, besi, kalsium, dan serat. Asupan protein dan lemak hewani berkontribusi terhadap tingginya persentase pasien obesitas (Rea *et al.*, 1996 dalam Saturni *et al.*, 2010). Sejauh kandungan lemak dalam produk *gluten free* adalah asam lemak *trans* yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan metabolisme (Caponio *et al.*, 2008 dalam Saturni *et al.*, 2010) jika dikaitkan dengan asupan asam lemak esensial yang tidak memadai (Judd *et al.*, 1994 dalam Saturni *et al.*, 2010).

