4. PEMBAHASAN

Karakteristik tepung sangat berperan penting untuk produk pangan karena berhubungan dengan kualitas produk tersebut. Untuk mendapatkan karakter tepung yang sesuai dengan yang diinginkan, maka dilakukan modifikasi dengan cara proses fermentasi. Saat proses fermentasi terjadi perubahan kimia suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Pada penelitian ini bakteri yang digunakan adalah bakteri *Lactobacillus pentosus* LLA18 dan *Lactobacillus fermentum* LLB3.

Pada poses modifikasi tepung beras merah dengan cara fermentasi yang dibantu dengan mikroba secara enzimatik menunjukkan perubahan sifat fisiko-kimia dan fungsional pada tepung beras merah tersebut. Perubahan-perubahan yang terjadi pada tepung beras merah fermentasi antara lain adalah kadar lemak, nilai pH, densitas kamba, mengalami penurunan, sedangkan kadar protein, gula pereduksi, kapasitas penyerapan air, derajat putih, kelarutan dan *swelling power* mengalami peningkatan. Tekstur tepung beras merah yang terodifikasi juga didapat lebih halus dibandingkan dengan tepung aslinya. Pada penelitian tepung beras merah fermentasi ini tidak dilakukan pengujian terhadap air rendaman tepung fermentasi karena pada dasarnya penelitian ini untuk mengetahui perbedaan kandungan fisikokimiawi dari tepung beras merah kontrol dan tepung beras merah fermentasi yang dihasilkan. Hal ini diperjelas berdasarkan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya mengenai tepung fermentasi, diantaranya seperti penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan *et al*., (2017), Aini *et al*., (2016), Richana *et al*., (2010) dan Nafi *et al*., (2010) bahwa belum ditemukan metode yang pernah dilakuan untuk pengujian air rendaman tepung fermentasi.

4.1. Karakteristik Kimiawi

Berdasarkan Tabel 2., dapat diketahui bahwa kadar air tepung beras merah non fermentasi adalah sebesar 5,91%, sedangkan untuk kadar air tepung beras merah fermentasi yang menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 berkisar antara 5,84% hingga 8,54%. Lalu untuk beras merah fermentasi yang menggunakan bakteri *L. fermentum* LLB3, kadar air yang didapatkan berkisar antara 6,35% hingga 9,08%. Menurut

penelitian Aini *et al*., (2016) yaitu tepung jagung fermentasi yang menggunakan bakteri *Lactobacillus casei, Lactobacillus bulgaricus* dan ragi, kadar air yang didapat berkisar 7,4% hingga 9,27%. Kisaran kadar air yang berbeda ini disebabkan karena suhu pengeringan yang berbeda. Penelitian yang dilakukan Aini *et al*., (2016) menggunakan suhu 50°C selama 3 jam sedangkan pada penelitian tepung beras merah fermentasi dilakukan pengeringan dengan suhu 60°C selama 24 jam.

Berdasakan SNI 3751-2009 mengenai syarat mutu tepung terigu sebagai bahan baku makanan, kadar air yang didapatkan dari hasil penelitian tepung beras merah fermentasi sudah memenuhi SNI tepung terigu yaitu dibawah 14%. Kadar air pada tepung sangat berkaitan dengan umur simpan produk tersebut. Berdasarkan Richana *et al*., (2010) tepung terigu yang memiliki kadar air 13% hingga 15% memiliki umur simpan selama satu tahun, sedangkan kadar air hasil penelitian tepung beras merah fermentasi memiliki nilai dibawah 15% yang diharapkan dapat memiliki umur simpan sama atau lebih dari setahun. Proses fermentasi tidak berpengaruh terhadap kadar air tepung beras merah termodifikasi. Perbedaan kadar air pada tiap sampelnya dikarenakan pada saat proses pengeringan terjadi secara tidak merata karena suhu pengeringan pada *cabinet dryer* yang digunakan tidak konstan.

Abu adalah residu anorganik dari proses pembakaran atau oksidasi komponen organik bahan pangan. Kadar abu dari suatu bahan pangan menunjukkan total mineral yang terkandung dalam bahan tersebut. Kadar abu yang dihasilkan dari tepung beras merah hasil fermentasi dengan menggunakan bakteri L. *pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3 memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung beras merah kontrol (tanpa fermentasi). Menurut Anita (2009), penurunan jumlah komponen mineral (kadar abu) selama proses fermentasi disebabkan oleh proses pencucian dan perendaman sebelum dan selama proses fermentasi. Hal ini sesuai karena pada saat sebelum proses fermentasi, beras merah yang akan digunakan dicuci hingga bersih terlebih dahulu kemudian diproses menjadi tepung beras merah. Kemudian proses fermentasi yang dilakukan juga dengan cara proses fermentasi basah yaitu tepung beras merah direndam dengan menggunakan *aquades* steril yang ditambahkan dengan biakan bakteri yang yaitu biakan bakteri *L. pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3.

Mineral yang larut dalam air selama proses fermentasi akan digunakan sebagai nutrisi pertumbuhan mikroba. Hal ini sesuai dengan teori tepung fermentasi dimana hasil penelitian tepung beras merah fermentasi menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi yang dilakukan, maka kadar abu yang dihasilan cenderung semakin menurun. Berdasarkan penelitian lainnya yang sudah pernah dilakukan oleh Nafi *et al*., (2014) mengenai tepung koro fermentasi, hasil yang didapatkan juga menunjukkan hal yang sama yaitu semakin lama waktu fermentasi, maka kadar abu tepung koro komak terfermentasi semakin rendah yaitu sekitar 1,23% hingga 4,72%.

Berdasarkan penelitian tepung beras merah fermetnasi yang dilakukan kadar abu yang didapat sudah sesuai dengan teori yaitu dapat dilihat pada Tabel 2., bahwa kadar abu hasil tepung beras merah fermentasi baik itu yang menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3 semakin menurun seiring dengan lamanya waktu fermentasi yaitu antara 0,90% hingga 0,32%. Jika dibandingkan dengan tepung kontrol, kadar abu yang dihasilkan tepung beras merah fermentasi semakin menurun.

Berdasarkan Tabel 2., dan Gambar 5., dapat diketahui bahwa kadar protein pada tepung beras merah non fermentasi adalah 3,39%. Sedangkan untuk tepung beras merah fermentasi yang menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 menghasilkan kadar protein berkisar antara 5,49% hingga 9,92% dan untuk tepung beras merah fermentasi yang menggunakan bakteri *L. fermentum* LLB3 menghasilkan kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan tepung beras merah yang difermentasi menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 yaitu berkisar antara 11,91% hingga 18,56%. Kadar protein tertinggi pada tepung beras merah yang difermentasi terapat pada tepung beras merah fermentasi dengan lama fermentasi selama 120 jam menggunakan bakteri *L. fermentum* LLB3 yaitu sebesar 18,56%. Menurut hasil penelitian yang dilakukan Aini *et al.*, (2016) yaitu mengenai tepung jagung fermentasi, kadar protein yang dihasilkan setelah melalui fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus* dan ragi, berkisar antara 7,19% hingga 8,46%.

Berdasarkan penelitian Richana *et al.*, (2010) mengenai tepung jagung fermentasi menggunakan *Lactobacillus brevis* dan *Lactobacillus casei* serta bakteri dari mocal dan ragi tape selama 48 jam, kadar protein yang dihasilkan adalah 5,07% hingga 6,84%. Dalam hal ini, hasil analisa yang dilakuan sudah sesuai dengan teori yang ada bahwa semakin lama waktu fermentasi, maka kadar protein yang dihasilkan akan mengingkat. Hal tersebut dikarenakan mikroba mengandung sebagian besar protein sebagai penyusun selnya. Seiring dengan lamanya waktu fermentasi maka pertumbuhan mikroba semakin tinggi dan jumlah mikroba semakin banyak, hal ini ditandai dengan semakin menurunnya nilai pH karena mikroba terus menghasilkan asam laktat selama proses fermentasi. Semakin banyak sel mikroba maka akan semakin meningkatkan kadar proteinnya (Kurniawan *et al*., 2017).

Menurut Onyango *et al*., (2004), peningkatan kadar protein setelah proses fermentasi disebabkan karena adanya penurunan rasio karbon dalam massa total. Mikroorganisme akan menggunakan karbohidrat yang terkandung dalam bahan sebagai sumber energinya dan menghasilkan karbon dioksida sebagai produk samping. Hal ini menyebabkan kandungan nitrogen yang ada pada tepung yang difermentasi terkonsentrasi sehingga kadar protein dalam tepung semakin meningkat. Dengan tersedianya sumber energi bagi bakteri selama proses fermentasi, maka bakteri akan memiliki aktivitas metabolisme yang baik sehingga dapat meningkatkan kualitas dari bahan pangan yang di fermentasi tersebut.

Berdasarkan Tabel 2., dan Gambar 6., kadar lemak pada tepung beras merah non fermentasi adalah 12,57%. Namun setelah mengalami poses fermentasi kadar lemak pada tepung beras hasil fermentasi semakin menurun seiring dengan lamanya waktu fermentasi. Pada tepung beras merah fermentasi yang menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 menunjukkan penurunan kadar lemak tepung dari 4,83% (fermetnasi 24 jam) hingga 2,42% (fermentasi selama 120 jam). Sedangkan untuk tepung beras fermentasi yang menggunakan bakteri *L. fermentum* LLB3 kadar lemak yang dihasilkan lebih rendah lagi dibandingkan dengan yang menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 yaitu sebesar 3,53% (fermentasi 24 jam) hingga 1,92% (fermentasi 120 jam).

Menurut penelitian Setiarto *et al*., (2016) yaitu tentang fermentasi tepung sorgum dengan menggunakan *L. plantarum dan S. cerevisiae* selama 24 jam, hasil kadar lemak yang dihasilkan berkisar antara 2,03% hingga 4,69%. Berdasarkan penelitian tepung jagung fermentasi dan tepung koro fermentasi dapat diketahui bahwa semakin lama waktu fermentasi yang dibutuhkan, maka semakin rendah kadar lemak yang dihasilkan. Pada penelitian tepung jagung femetnasi yang dilakukan Aini *et al.,* (2016) waktu fermentasi terlama yaitu 72 jam menghasilkan kadar lemak yang paling rendah yaitu berkisar antara 1,8%-1,9%. Sedangkan pada penelitian tepung koro komak fermentasi yang menggunakan waktu fermentasi paling lama adalah 32 jam menghasilkan kadar lemak berkisar antara 1,43% hingga 2,64% (Nafi *et al*., 2014). Menurut Aini *et al*., (2009), fermentasi mengakibatkan terjadinya hidrasi, dan sebagian terlarut dari *germ*. Lemak merupakan komponen yang banyak terdapat di bagian *germ*, sehingga dengan larutnya beberapa bagian *germ* maka kandungan lemak pada tepung fermentasi juga akan ikut menurun.

Amilosa adalah polimer linier dari α-D glukosa yang dihubungkan dengan ikatan α-1,4-D-glukosa. Pada saat aplikasi ke dalam produk pangan, amilosa berperan utama terhadap tekstur produk (Aini *et al*., 2016). Berdasarkan Tabel 2., dan Gambar 7., dapat diketahui bahwa kadar amilosa tepung kontrol lebih rendah dibandingkan dengan tepung beras merah fermentasi. Kemudian pada tepung beras merah fermentasi baik itu yang menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3 kadar amilosa yang didapatkan semakin meningkat seiring dengan waktu fermentasi yang dilakukan. Kadar amilosa yang didapatkan oleh tepung beras merah fermentasi berkisar antara 17,71% hingga 22,50%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Aini *et al.,* (2016) mengenai tepung jagung fermentasi oleh *Aspergillus sp*, kadar amilosa pada lama fermentasi 24 jam adalah 26,45%. Semakin lama waktu fermentasi yang dibutuhkan, kadar amilosa yang didapatkan semakin menurun. Di lain hal, kandungan amilopektin yang menurun ditandai dengan nilai kekentalan yang rendah, pati dengan karakteristik demikian mempunyai sifat kelarutan tinggi (Kustyawati *et al*., 2013). Hasil yang didapatkan pada penelitian tepung beras merah fermentasi tidak sesuai dengan teori dari penelitian tepung jagung fermentasi yang sudah pernah dilakukan sebelumnya namun

sesuai dengan pernyataan Kustyawati *et al*., (2013) bahwa kelarutan yang dihasilkan semakin meningkat karena amilosa yang semakin tinggi.

Berdasarkan Tabel 2., dapat diketahui bahwa hasil analisa gula pereduksi pada tepung kontrol adalah 0,12%, sedangkan nilai gula pereduksi pada tepung beras merah fermentasi baik itu yang menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3 berkisar antara 0,14% hingga 0,28%. Dapat dilihat juga pada Gambar 8., bahwa semakin lama waktu fermentasi yang dibutuhkan nilai gula pereduksi akan semakin meningkat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Richana *et al*., (2010) mengenai tepung jagung fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus brevis* dan *Lactobacillus casei* serta bakteri dari mocal dan ragi tape selama 48 jam menyatakan bahwa akibat dari proses fermentasi menyebabkan kadungan gula reduksi semakin meningkat karena selama proses perendaman terjadi perombakan pati menjadi gula reduksi. Hal ini sudah sesuai dengan hasil analisa pada penelitian tepung beras merah fermentasi dimana proses fermentasi yang dilakukan akan menaikkan kandungan gula reduksi pada tepung akibat perombakan pati. Tingginya kandungan gula reduksi ini diharapkan dapat memperbaiki sifat pati dari tepung sehingga saat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan roti, adonan dapat lebih mengembang (Richana *et al*., 2010). Menurut Aini *et al*., (2009) menyatakan bahwa kadar gula reduksi yang semakin tinggi akan menyebabkan kekuatan gel yang semakin rendah.

Pada penelitian tepung beras merah termodifikasi ini dilakukan proses fermentasi dengan bantuan bakteri asam laktat yaitu bakteri *Lactobacillus* untuk mendapatkan karakteristik produk yang diinginkan. Pada penelitian Kurniawan *et al*., (2017) yaitu mengenai tepung jagung fermentasi yang difermentasi selama 72 jam menggunakan *Saccharomyces cereviseae* dan *Rhizopus oryzae* menghasilkan pH berkisar antara 4,36-3,93. Sedangkan pada penelitian tepung beras merah fermentasi selama 24 jam hingga 120 jam, pH yang didapatkan berkisar antara 4,54-3,6.

Pada saat proses fermentasi, terjadi hidrolisis pati menjadi glukosa dan asam-asam organik, terutama asam laktat. Semakin lama fermantasi, maka akan semakin banyak pati yang terhidrolisis dan asam laktat semakin banyak, sehingga pH mengalami

penurunan (Subagio *et al*., 2008). pH yang didapat pada penelitian tepung beras merah fermentasi memiliki *range* nilai pH lebih rendah dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan *et al*., (2017) mengenai tepung jagung fermentasi karena waktu fermentasi yang dilakukan berbeda, dimana pada penelitian tepung beras merah fermentasi dilakukan fermentasi dengan waktu yang lebih lama yaitu 120 jam sehingga pH yang didapatkan juga lebih rendah.

4.2. Karakteristik Fisik

Densitas kamba adalah perbandingan antara berat suatu bahan pangan terhadap volume bahan tersebut dalam suatu ruang. Berdasarkan hasil analisa tepung beras merah fermentasi yang dapat dilihat pada Tabel 3., nilai densitas kamba yang didapat seiring dengan lamanya waktu fermentasi semakin menurun, namun jika dibandingkan dengan tepung beras merah non fementasi (kontrol) nilai densitas kamba tepung kontrol lebih rendah dibandingkan dengan tepung beras merah dengan perlakuan fermentasi. Menurut Diniyah *et al.*, (2018) semakin lama waktu fermentasi yang dibutuhkan, maka nilai densitas kamba akan semakin menurun karena selama proses fermentasi, bakteri akan menghasilkan enzim amilolitik yang dapat memecah granula pati sehingga air dalam granula keluar dan kemudian pada saat proses pengeringan, air tersebut akan menguap dan membuat massa bahan menjadi lebih ringan. Nilai densitas kamba tepung kontrol dengan tepung beras merah fermentasi yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian lebih rendah karena dipengaruhi oleh kadar air dari tepung tersebut, dimana dapat kita lihat pada Tabel 3., bahwa kadar air tepung kontrol lebih rendah dibandingan dengan tepung beras fermentasi, sehingga hal ini dapat mempengaruhi hasil densitas kamba yang didapatkan karena kadar air berbanding lurus dengan nilai densitas kamba.

Kapasitas penyerapan air adalah kemampuan menyerap dan menahan air dalam suatu sistem pangan. Kapasitas penyerapan air menentukan jumlah air yang tersedia untuk proses gelatinisasi pati selama pemasakan. Bila jumlah air kurang maka pembentukan gel tidak akan optimum. Fungsi dari penyerapan air adalah kemudahan untuk membuat adonan tepung merata saat dicampur dengan air. Tepung yang memiliki kapasitas

penyerapan air tinggi cendrung lebih cepat untuk homogen dan mengalami gelatinisasi yang lebih merata.

Pada penelitian tepung beras merah fermentasi ini, dengan adanya perlakuan fermentasi menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3 menunjukkan nilai kapasitas penyerapan air yang lebih tinggi dibandingakan dengan perlakuan tanpa fermentasi (kontrol). Dalam penelitiain ini, berdasarkan Tabel 3., dapat dilihat bahwa nilai kapasitas penyerapan air tepung beras merah fermentasi baik itu yang menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3 yaitu antara 0,81% hingga 1,19%. Dalam hal ini semakin lama fermentasi yang dilakukan, maka nilai kapasitas penyerapan airnya akan cenderung meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Aini *et al*., (2016) tentang tepung jagung fermentasi, dimana proses fermentasi akan cenderung menyebabkan peningkatan kapasitas penyerapan air tepung yang dihasilkan. Berdasarkan Chelule *et al*., (2010), semakin lama waktu fermentasi terjadi degradasi makromolekul kompleks menjadi lebih sederhana yang membuat makromolekul yang relatif kompak menjadi agak porous sehingga menjadi sederhana dan bermassa kecil sehingga posisinya menjadi renggang dan lebih memudahkan untuk menyerap air.

Derajat Putih adalah suatu parameter fisik yang digunakan untuk mengetahui nilai kecerahan atau *lightness* (L*) dari suatu produk pangan. Berdasarkan hasil penelitian tepung beras merah fermentasi, didapatkan nilai derajat putih yang semakin mengingkat seiring dengan lamanya waktu fermentasi. Berdasarkan hasil analisa yang dapat dilihat pada Tabel 2., dan Grafik 6., hasil derajat putih tepung beras merah fermentasi baik itu yang menggunakan *L. pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3 berkisar antara -119,63 hingga 77,83. Apabila dibandingkan dengan tepung kontrol, tepung beras fermentasi memiliki nilai derajat putih yang lebih tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan *et al*., (2017) mengenai tepung mocaf, seiring dengan semakin lama waktu fermentasi, maka akan menghasilkan produk dengan nilai derajat putih yang semakin meningkat. Selain itu berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Iswari *et al*., (2016) tentang tepung mocaf juga menunjukkan bahwa proses fermentasi membuat nilai derajat putih yang dihasilkan oleh tepung lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya

degradasi senyawa kompleks oleh mikroorganisme sehingga bahan berpigmen yang terkandung dalam bahan juga ikut terurai dan larut dalam air. Berdasarkan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya mengenai tepung mocaf, hasil derajat putih yang dihasilkan dari penelitian tepung beras merah fermentasi sudah sesuai dengan teori.

Berdasarkan Tabel 3., dapat dilihat bahwa nilai kelarutan tepung kontrol dan tepung beras merah fermentasi cenderung mengalami peningkatan. Pada tepung beras merah fermentasi baik itu yang menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3 berkisar antara 2,33% hingga 14,57%. Menurut Akbar & Yuniata (2014), peningkatan kelarutan pati disebabkan karena proses fermentasi terjadi pemecahan pati karena aktivitas mikroba menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga pati lebih mudah larut dalam air. Berdasarkan penelitian tepung jagung fermentasi yang dilakukan Kurniawan *et al*., (2017), nilai kelarutan yang didapatkan setelah fermentasi selama 72 jam berkisar antara 2,85% hingga 7,46%. Rata-rata nilai kelarutan yang didapatkan pada penelitian tepung beras merah fermentasi lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian tepung jagung fermentasi karena waktu fermentasi yang digunakan lebih lama yaitu hingga 120 jam.

Swelling power adalah sifat suatu bahan pangan yang berhubungan dengan daya kembangnya. Ada beberapa hal yang mempengaruhi *swelling power* diantaranya adalah suhu pemanasan suspense tepung, lama pemanasan, dan kandungan amilosa dalam pati. Pada penelitian tepung beras merah fermentasi, dapat dilihat pada Tabel 3., bahwa nilai *swelling power* akan semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya fermentasi yang dilakukan. Dibandingkan dengan perlakuan kontrol, nilai *swelling power* pada tepung beras merah yang difermentasi baik itu dengan menggunakan *L. pentosus* LLA18 dan *L. fermentum* LLB3 menunjukkan hasil yang meningkat. Untuk tepung beras merah yang difermentasi menggunakan bakteri *L. pentosus* LLA18 dihasilkan nilai *swelling power* yang lebih rendah yaitu antara 5,17% hingga 10,37%, dibandingkan dengan tepung beras merah yang difermentasi menggunakan bakteri *L. fermentum* LLB3 yaitu nilai *swelling power* berkisar antara 8,86% hingga 12,68%. Berdasarkan penelitian mengenai tepung jagung fermentasi yang difermentasi

menggunakan *Sccharomyces cereviseae* dan *Rhizopus oryzae*, nilai *swelling power* yang dihasilkan adalah 8,40% hingga 10,47%. Berdasarkan penelitian tepung jagung fermentasi yang dilakukan oleh Kurniawan *et al*., (2017) dan Aini *et al*., (2016), semakin lama waktu fermentasi yang dibutuhkan nilai *swelling power* mengalami peningkatan, hal ini disebabkan karena aktivitas perombakan pati oleh enzim-enzim yang dihasilkan oleh mikroba akan membuat granula pati menjadi terpecah dan porous mengakibatkan tepung lebih mudah menyerap air, sehingga saat dipanaskan pati akan mudah mengembang.

4.3. Tepung Beras Merah Fermentasi Terbaik

Tepung beras merah fermentasi terbaik adalah dengan waktu fermentasi selama 120 jam dengan menggunakan bakteri *L. fermentum* LLB3 karena mengandung protein yang paling tinggi diantara tepung beras merah fermentasi lainnya yaitu sebesar 18,56%. Protein dalam jumlah tersebut sangat tinggi dan sudah melampaui SNI 3751-2009 tentang tepung terigu yang disyaratkan yaitu minimal protein sebesar 7%. Dalam hal ini penelitian tepung beras merah fermentasi memiliki kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar protein pada penelitian sebelumnya mengenai tepung jagung fermentasi dan SNI tepung terigu. Kemudian tepung beras merah fermentasi terbaik ini memiliki kadar lemak yang paling rendah yaitu 1,92%. Kadar lemak yang dihasilkan ini memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu tepung sorgum fermentasi dan tepung jagung fermentasi. Kadar lemak yang rendah dapat menguntungkan dalam segi penyimpanan karena semakin tinggi senyawa lemak dalam bahan pangan, dapat menyebabkan munculnya bau tengik akibat oksidasi lemak sehingga kondisi bahan menjadi rusak, baik fisik maupun kadar nutrisinya (Subagio, 2013).

Kadar air tepung beras merah fermentasi terbaik ini didapatkan hasil 7,64% dimana hasil kadar air ini sudah sesuai dengan standar SNI 3751-2009 tentang tepung terigu sebagai bahan baku makanan yaitu maksimal kadar air sebesar 14,5% (SNI, 2009). Kadar abu yang didapatkan tepung beras merah fermentasi terbaik adalah sebesar 0,38% yang mana sudah sesuai SNI yaitu kadar abu maksimal adalah 0,70% dan nilainya lebih

rendah dari pada standar yang ditetapkan dan sesuai dengan teroi Aini *et al*., (2016) mengenai tepung jagung fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus* dan ragi selama 72 jam bahwa semakin lama waktu fermentasi yang dilakukan, maka semakin rendah kadar abu yang didapatkan.

Kadar amilosa yang dihasilkan tepung beras merah fermentasi terbaik sebesar 22,50%. Nilai gula pereduksi tepung beras merah fermentasi terbaik adalah 0,28%. Kandungan gula pereduksi semakin lama fementasi semakin meningkat, hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu penelitian Richana *et al*., (2010) dimana kandungan gula pereduksi yang dihasilkan dari hasil fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus brevis* dan *Lactobacillus casei* semakin meningkat dan hasilnya berkisar antara 2,04%-4,40%. Perbedaan kandungan gula pereduksi ini disebabkan karena bahan dasar yang digunakan juga berbeda.

Nilai pH yang didapatkan pada penelitian tepung beras merah terbaik adalah sebesar 3,6. Hal ini sudah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan *et al*., (2017) yaitu mengenai tepung jagung fermentasi yang difermentasi selama 72 jam menggunakan *Saccharomyces cereviseae* dan *Rhizopus oryzae* menghasilkan pH berkisar antara 4,36-3,93. Selama proses fermentasi, bakteri akan menghasilkan asam laktat, sehingga pada penelitian tepung beras merah fermentasi didapatkan pH yang lebih rendah karena waktu fermentasi yang dilakukan lebih lama yaitu 120 jam sehingga bakteri menghasilkan asam laktat lebih banyak dan menyebabkan pH semakin menurun.

Hasil analisa fisik tepung beras merah fermentasi terbaik didapatkan nilai densitas kamba sebesar 20,33 dimana hal ini sudah sesuai dengan penelitian tentang tepung jagung fermentasi yaitu densitas kamba semakin menurun seiring dengan lamanya waktu fermentasi. Nilai kapasitas penyerapan air tepung beras merah fermentasi terbaik adalah 1,60%. Seiring dengan lamanya waktu fermentasi maka nilai kapasitas penyerapan air semakin tinggi sesuai dengan penelitian tepung jagung fermentasi yang dilakukan oleh Aini *et al*., (2016). Nilai derajat putih yang didapatkan oleh tepung beras merah fermentasi terbaik adalah 77,83 dimana hasil yang didapat ini merupakan nilai derajat putih yang paling tinggi sesuai dengan teori Kurniawan *et al*., (2017) bahwa

semakin lama fermentasi, nilai derajat putih semakin tinggi. Untuk nilai kelarutan yang didapat oleh tepung beras merah fermentasi terbaik adalah 8,81%. Berdasarkan penelitian tepung mocof yang dilakukan Kurniawan *et al*., (2017), nilai kelarutan yang didapatkan setelah fermentasi selama 72 jam berkisar antara 2,85% hingga 7,46%. Hasil yang didapatkan dari tepung beras merah fermentasi lebih tinggi dikarenakan waktu fermetnasi yang digunakan juga lebih lama, sehingga kelarutan tepungnya juga semakin baik. Untuk nilai *swelling power* yang didapatkan tepung beras merah fermentasi terbaik adalah sebesar 12,68%.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Kartikasari *et al*., (2016) tentang tepung mocaf, hasil SEM untuk tepung yang tanpa melalui proses fermentasi memiliki bentuk granula pati yang masih terikat satu sama lain dan bergerombol pada dinding sel ubi kayu, granula pati masih mempunyai bentuk yang beraturan dan utuh serta homogen. Uji SEM dilakukan pada penelitian tepung beras fermentasi ini adalah untuk melihat perubahan bentuk granula pati setelah proses fermentasi yang dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan hasil SEM tepung beras merah pada lama fermentasi 120 jam dengan bakteri *L. fermentum* LLB3, diketahui bahwa bentuk granula pati memisah dan tidak bergerombol, selain itu bentuk granula pati yang didapatkan juga tidak lagi memiliki bentuk bulat beraturan. Berdasarkan teori Kartikasari *et al*., (2016) semakin lama fermentasi maka akan terjadi perubahan bentuk granula pati karena aktivitas enzim selulolitik mendegradasi sebagian besar selulosa sehingga granula pati menjadi memisah satu sama lain. Selain itu ada enzim amilolitik yang berperan menghidrolsis pati yang ada pada granula sehingga rantai polimer pati menjadi lebih pendek.

Selain itu untuk tepung beras merah fermentasi terbaik didapatkan data rendemen sebesar 68,67%. Kehilangan massa tepung disebabkan karena selama proses fermentasi terdapat aktivitas metabolisme bakteri *L. fermentum* LLB3 yang mengurai komponen kompleks menjadi lebih sederhana dan lebih mudah larut dalam air. Proses fermentasi menyebabkan komponen yang mudah larut dalam air menjadi lebih banyak dan mengakibatkan terjadinya penurunan rendemen (Kurniawan *et al*., 2017).

Selain itu rendemen yang dihasilkan rendah diakibatkan adanya proses pergantian *aquades* steril setiap 24 jam sekali selama proses fermentasi berlangsung dan adanya proses penyaringan tepung beras merah fermentasi sehingga semakin banyak pula tepung yang ikut terbuang dan menyebabkan rendemennya rendah. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Kurniawan *et al*., (2017) yaitu tentang tepung jagung fermentasi menggunakan *Saccharomyces cereviseae* dan *Rhizopus oryzae* selama 72 jam, rendemen yang dihasilkan adalah berkisar antara 78,55-75,58%. Pada penelitian tepung beras merah fermentasi didapatkan data rendemen yang lebih rendah dikarenakan perbedaan waktu fermentasi yang digunakan yaitu lebih lama dari pada penelitian sebelumnya dan perbedaan metode selama proses fermentasi sehingga mempengaruhi hasil rendemen yang didapatkan.