

#### **4. PENGUJIAN REOLOGI ADONAN DAN KUALITAS ROTI DENGAN PENAMBAHAN *FLOUR TREATMENT AGENTS***

Beberapa pustaka telah melakukan pengujian reologi adonan dengan penambahan *flour treatment agents* dengan menggunakan beberapa metode pengujian dapat dilihat pada masing-masing Tabel berikut.

##### **4.1. Agen Pengoksidasi**

Secara umum, penambahan agensia pengoksidasi dapat berperan dalam mendorong terjadinya reaksi oksidasi yang melibatkan kelompok protein sulfida (SH) menjadi jaringan ikatan disulfida (SS) (Coventry, *et al.*, 1972). Ikatan SS yang terbentuk akan memperkuat adonan (Lagrain, *et al.*, 2008). Dalam pengujian reologi adonan, pengaruh agensia pengoksidasi ditunjukkan dalam berbagai parameter, yaitu peningkatan *mixogram peak height* dalam uji mixograph, menurunkan nilai ekstensibilitas dalam uji kieffer rig, menurunkan ekstensibilitas sedangkan meningkatkan resistensi dalam uji ekstensograph, serta meningkatkan nilai tegangan awal, dan menurunkan tingkat relaksasi dalam uji farinograph (Tabel 6).

Agensia pengoksidasi yang digunakan dalam proses pembuatan roti telah banyak digunakan, di antaranya asam askorbat, azodikarbonamida, bromate, chloride, calcium peroxide, hidrogen peroksida, potassium iodate, dan calcium iodate (L. Popper, W. Schäfer, 2006). Namun informasi dan penelitian yang mengkaitkan penggunaan chloride, calcium peroxide, hidrogen peroksida, potassium iodate, dan calcium iodate dengan reologi adonan dan kualitas roti masih kurang, sehingga perlu ada penelitian mengenai hal tersebut.

Tabel 6 Pengujian Reologi Adonan dan Kualitas Roti dengan Penambahan *Flour treatment agents* Jenis Agen Pengoksidasi

Jenis <i>Flour treatment agents</i>	Metode Pengujian Reologi Adonan	Pengaruh Perubahan Reologi	Perubahan Kualitas Fisik	Pustaka
Asam Askorbat	Farinograph	– Menurunkan penyerapan air.	– Menurunkan <i>crumb firmness</i> roti. – Meningkatkan volume *	(Aamodt, <i>et al.</i> , 2003)
	Mixograph	– Meningkatkan <i>mixogram peak height</i> (MPH) secara signifikan lebih tinggi.		
	Kieffer Rig	– Menurunkan nilai ekstensibilitas		(Gras, <i>et al.</i> , 2000)
Azodikarbonamida	Farinograph	– Meningkatkan penyerapan air.		(Man-Chong, <i>et al.</i> , 2004)
	Ekstensograph	– Menurunkan ekstensibilitas sedangkan meningkatkan resistensi.		
Potassium Bromate	Farinograph dan <i>stress shear relaxation</i>	– Menurunkan tingkat relaksasi.		(Wikström dan Eliasson 1998)

Keterangan : \*= Pengujian dengan Image Pro Plus

Pada Tabel 6. dapat dilihat macam-macam agen pengoksidasi yang diuji dengan pengujian tertentu, parameter yang diamati serta perubahan reologi yang dihasilkan. Pada *flour treatment agents* jenis agen pengoksidasi terdapat askorbat, azodikarbonamida dan bromate dengan pengujian farinograph pada seluruh jenis *flour treatment agents*, pengujian mixograph pada asam askorbat, serta pengujian ekstensograph pada azodikarbonamida.

Penambahan agen pengoksidasi jenis asam askorbat dalam pembuatan adonan roti berpengaruh pada menurunnya penyerapan air dalam pengujian farinograph, meningkatkan *mixogram peak height* (MPH) dalam pengujian mixograph, serta menurunnya ekstensibilitas dalam pengujian kieffer rig. Perubahan pada penyerapan air bergantung pada kandungan protein yang terdapat pada tepung. Apabila kandungan protein meningkat, maka penyerapan air pada adonan akan meningkat pula. Hal ini dijelaskan oleh Hefnawy *et al.* (2012) bahwa peningkatan penyerapan air berperan dalam membantu gelatinisasi pati dalam adonan selama pembuatan dan dapat mencegah peregangan dan perobekan rantai gluten. Sebaliknya, apabila terjadi penurunan penyerapan air dapat dikarenakan adonan dengan penambahan *flour treatment agents* tertentu memiliki kandungan protein gluten yang rendah sehingga tidak memerlukan penyerapan air yang tinggi. Tentunya peningkatan atau penurunan penyerapan air ini demi mencapai viskoelastis dari adonan. Menurut Hagenimana, *et al.* (2006), penyerapan air yang tinggi menunjukkan kandungan kelembaban yang tinggi pula di adonan. Penyerapan air yang tinggi juga berperan sebagai *plasticizer* sehingga adonan menjadi lunak. Pada penambahan asam askorbat, terjadi penurunan penyerapan air. Hal ini sesuai dengan teori bahwa adonan tidak memiliki penyerapan air yang tinggi sehingga adonan cenderung kuat.

Dalam pengujian adonan roti dengan penambahan *flour treatment agents* jenis asam askorbat dapat meningkatkan *mixogram peak height* (MPH) secara signifikan. Menurut Dowell *et al* (2008), nilai MPH yang tinggi menunjukkan bahwa adonan tepung yang keras, sehingga cenderung membentuk adonan kering (mudah pecah) cepat saat pencampuran. Oleh karena itu, nilai MPH yang tinggi dari tepung menunjukkan karakteristik roti yang keras dimana adonan memiliki viskositas yang rendah dari segi

reologi. Namun tentu saja karakteristik ini tergantung pada dosis penambahan *flour treatment agents* asam askorbat. Adonan yang kering ini sejalan dengan hasil bahwa penambahan asam askorbat memberikan hasil menurunkan penyerapan air, serta menurunkan rasio antara resistensi maksimum dan ekstensibilitas ( $R_{max}/Ext$ ) dalam pengujian mixograph.

Hasil pengujian dengan kieffer rig menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai ekstensibilitas. Hal ini menunjukkan bahwa adonan semakin kuat dan memiliki nilai ekstensibilitas yang rendah. Adonan dengan ekstensibilitas rendah menandakan adonan tidak memiliki gliadin yang cukup sehingga mudah putus saat di regangkan, sedangkan banyak mengandung protein glutenin yang mampu membentuk jaringan yang memberikan kekuatan pada adonan (Goesaert *et al.*, 2005).

Penyerapan air pada adonan dapat mempengaruhi karakteristik adonan. Menurut Gras, *et al.* (2000), apabila kemampuan penyerapan air pada adonan yang tinggi akan menghasilkan resistensi maksimal ( $R_{max}$ ) yang rendah. Hal dikarenakan air dapat berperan sebagai pelumas antara gluten-pati dan lipid (dengan ikatan air) sehingga adonan akan cenderung melunak. Dengan begitu, nilai ekstensibilitas ( $Ext$ ) dari adonan juga akan meningkat dikarenakan air melunakkan adonan. Selain itu, nilai ekstensibilitas yang tinggi diperlukan adanya proses *mixing* yang lebih panjang. Sebaliknya, dalam hasil pengujian mixograph diketahui bahwa penambahan asam askorbat dalam adonan menurunkan penyerapan air serta menurunkan rasio antara resistensi maksimum dan ekstensibilitas ( $R_{max}/Ext$ ) dalam pengujian mixograph. Hal ini dikarenakan penurunan penyerapan air, mengakibatkan adonan tidak menyerap air secara berlebih sehingga adonan terhindar dari struktur yang lembek dikarenakan terbentuknya ikatan SH yang tidak diinginkan (Zaidel, *et al.*, 2010). Hal ini sesuai dengan karakteristik adonan roti dengan penambahan agen pengoksidasi, yaitu penambahan agen pengoksidasi mampu memperkuat gluten yang ada dalam adonan dan menghasilkan adonan dengan ketahanan yang tinggi. Oleh karena itu, penurunan rasio antara resistensi maksimum dan ekstensibilitas ( $R_{max}/Ext$ ) akan menghasilkan adonan yang lebih kuat, sedangkan elastisitasnya rendah.

Hasil pengujian reologi adonan tersebut memiliki korelasi dengan pengujian kualitas roti. Pengujian kualitas roti dengan *image pro plus* dilakukan dengan penambahan asam askorbat menunjukkan adanya perubahan kualitas akhir roti sehingga roti menjadi kuat dan pengembangannya maksimal. Dalam Aamodt, *et al.*, (2003) menunjukkan penambahan asam askorbat dengan kadar 0.03 gram/kilogram mampu meningkatkan 1,2 kali pengembangan dan 1,2 kali luas area, dibandingkan dengan roti tanpa penambahan asam askorbat. Selain itu dengan pengujian dengan *texture analyzer* diperoleh nilai *crumb firmness* dari roti menurun, hal ini menunjukkan bahwa roti memiliki umur simpan yang panjang, dikarenakan *crumb* mengalami penurunan kekerasan yang lama. Penambahan asam askorbat ini telah sesuai dengan teori bahwa dapat menghasilkan roti dengan pengembangan dan efek *anti stalling* yang baik.

Dalam pengujian adonan roti dengan penambahan *flour treatment agents* jenis azodiokarbomida dapat meningkatkan penyerapan air, serta menurunkan ekstensibilitas sedangkan meningkatkan resistensi. Peningkatan penyerapan air dikarenakan penambahan *flour treatment agents* dapat dikarenakan azodikarbonamida memiliki toleransi penyerapan air yang tinggi sehingga membuat adonan roti menjadi lebih kering sehingga perlu adanya menyerapan air yang lebih (Goesaert *et al.*, 2005). Penambahan air ini berperan untuk menjadikan adonan bersifat viskoelastis, karena hidrasi mempengaruhi karakteristik adonan (Hagenimana, *et al.* 2006). Selain itu, hasil pengujian dengan ekstensograph menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai ekstensibilitas sedangkan nilai resistensinya meningkat. Hal ini sejalan dengan teori Goesaert *et al.* (2005) bahwa penyerapan air yang lebih tinggi sehingga memaksimalkan konsistensi dari adonan. Konsistensi yang maksimal ini akan menghasilkan adonan dengan resistensi yang tinggi, sehingga bila diolah lebih lanjut menjadi roti akan menghasilkan roti yang kokoh dan kuat.

Dalam pengujian adonan roti dengan penambahan *flour treatment agents* jenis bromate dapat menurunkan tingkat relaksasi dalam pengujian farinograph dan *stress shear relaxation*. Penurunan pada proses relaksasi berkaitan dengan jumlah polimer gluten adonan yang sedikit sehingga adonan yang dihasilkan cenderung memiliki sifat yang elastisitasnya rendah (Patel dan Chakrabarti-Bell, 2013). Hal ini sesuai Wikström dan

Eliasson (1998) bahwa potassium bromate cenderung memberikan karakteristik adonan yang kuat, namun membentuk adonan dengan ekstensibilitas yang rendah. Penambahan agen pengoksidasi mampu mengubah reologi adonan seperti *mixogram peak height* (MPH), serta menurunkan tingkat relaksasi dan nilai ekstensibilitas dalam berbagai pengujian reologi adonan. Perubahan tersebut mampu untuk membentuk adonan menjadi lebih kuat dan kokoh untuk membentuk karakteristik volume roti yang besar.

#### 4.2. Agen Pereduksi

Secara umum, penambahan agensia pereduksi dapat berperan dalam menambah elastisitas adonan dengan memutus ikatan disulfide (SS) menjadi protein glutathione (GSH). Seiring dengan meningkatnya jumlah glutathione maka molekul yang bertanggung jawab terhadap nilai ekstensibilitas akan meningkat (Coventry, *et al.*, 1972). Oleh karena itu, adonan akan memiliki elastisitas yang tinggi. Dalam pengujian reologi adonan, pengaruh agensia pereduksi mampu meningkatkan ekstensibilitas adonan dalam uji ekstensograph, menurunkan waktu pengembangan, menurunkan nilai *mixing tolerance index*, meningkatkan stabilitas dalam uji farinograph, serta meningkatkan nilai  $\tan(\delta)$  dalam uji rheometer (Tabel 7).

Agensia pereduksi yang digunakan dalam proses pembuatan roti telah banyak digunakan, di antaranya sistein, sodium metabisulfite, ekstrak teh hijau, dan asam sorbat (Lutz Popper, *et al.*, 2006). Namun informasi dan penelitian yang mengkaitkan penggunaan asam sorbat dengan reologi adonan dan kualitas roti masih kurang, sehingga perlu ada penelitian mengenai hal tersebut.

Tabel 7 Pengujian Reologi Adonan dan Kualitas Roti dengan Penambahan *Flour treatment agents* Jenis Agen Pereduksi

Jenis <i>Flour treatment agents</i>	Metode Pengujian Reologi Adonan	Pengaruh Perubahan Reologi	Perubahan Kualitas Fisik	Pustaka
L-cysteine Hydrochloride (sistein)	Farinograph	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Menurunkan penyerapan air.</li> <li>– Menurunkan waktu pengembangan.</li> </ul>		(Ravi, <i>et al.</i> , 2000) (Elkhalifa dan El-Tinay, 2002)
Sodium metabisulfit	Ektensograph Rheometer	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Meningkatkan nilai ekstensibilitas.</li> <li>– Menurunkan nilai <math>G'</math> dan <math>G''</math>.</li> <li>– Meningkatkan nilai <math>\tan \delta</math>.</li> </ul>		(Pedersen <i>et al.</i> , 2005)
Asam Tanat	Farinograph Ekstensograph Rheometer	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Meningkatkan penyerapan air.</li> <li>– Meningkatkan stabilitas adonan.</li> <li>– Meningkatkan nilai resistance (<math>R_{max}</math>), extensibility (<math>E</math>) dan energy (<math>A</math>)</li> <li>– Menurunkan nilai <math>G'</math> dan <math>G''</math>.</li> <li>– Meningkatkan nilai <math>\tan \delta</math>.</li> </ul>	– Volume meningkat; kemampuan menahan gas menurun	(Zhang <i>et al.</i> , 2010)
Ekstrak teh hijau	Farinograph	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Meningkatkan stabilitas adonan.</li> <li>– Tidak berpengaruh terhadap nilai penyerapan air dan waktu pengembangan secara signifikan.</li> <li>– Menurunkan nilai <i>Mixing Tolerance Index</i>.</li> </ul>	– Tidak mempengaruhi <i>hardness</i> dan volume roti spesifik secara signifikan.	(Ananingsih dan Zhou, 2012)

Pada *flour treatment agents* jenis agen pereduksi terdapat l-cysteine hydrochloride (sistein), sodium metabisulfit, asam tanat dan ekstrak teh hijau. Pengujian penambahan sistein, asam tanat, dan ekstrak teh hijau dilakukan dengan metode farinograph, pengujian asam tanat dilakukan pula dengan metode ekstensograph, sedangkan penambahan sodium metabisulfit dan asam tanat dengan pengujian rheometer.

Penambahan agen pereduksi jenis sistein dalam pembuatan adonan roti berpengaruh pada menurunnya penyerapan air dan menurunkan waktu pengembangan dalam pengujian farinograph. Hal ini sesuai dengan teori Ravi, *et al.* (2000) bahwa penambahan *flour treatment agents* l-sistein secara bertahap mengurangi kapasitas penyerapan air (*water absorption capacity*). Penyerapan air yang optimal pada tepung berperan dalam membuat adonan yang optimal yaitu adonan yang viskoelastis. Apabila penambahan air berlebihan, maka akan menghasilkan karakteristik adonan yang terlalu lunak atau terlalu plastis.

Ditambahkan pula bahwa pengujian sistein didapati menurunnya atau percepatan waktu pengembangan adonan atau waktu pengembangan selama 2,5 menit. Menurut Tronsmo *et al.* (2003), waktu pengembangan atau waktu pengembangan adonan berkaitan dengan kualitas dari protein. Tepung dengan protein yang tinggi akan memerlukan waktu pengembangan adonan yang panjang, dikarenakan proses *mixing* yang panjang pula dikarenakan viskositas adonan yang tinggi. Oleh karena itu, penurunan waktu pengembangan mengindikasikan protein yang terdapat pada adonan adalah tepung protein rendah dengan viskositas adonan yang rendah pula. Hal ini diperkuat oleh Elkhalfa dan El-Tinay (2002) bahwa sistein mampu merusak molekul protein pembentuk jaringan gluten, sehingga pengembangan adonan lebih cepat. Hal ini diungkapkan pula oleh Reuben dan Coultate (2009) bahwa penambahan agen pereduksi akan mempercepat terputusnya ikatan disulfide sehingga waktu pengembangan adonan akan makin singkat pula.



Penambahan sodium metabisulfid dan asam tanat dilakukan dengan pengujian yang sama. Hasil pengujian ekstensograph menghasilkan meningkatnya nilai ekstensibilitas. Serta hasil dalam pengujian rheometer memberikan hasil penurunan nilai  $G'$  dan  $G''$  dan meningkatnya nilai  $\tan(\delta)$ . Nilai ekstensibilitas yang meningkat ini menunjukkan bahwa adonan memiliki kemampuan untuk meregang tanpa putus yang tinggi (Wheat Marketing Center, 2004). Sedangkan penurunan nilai  $G'$  dan  $G''$  ini menunjukkan adanya penurunan berat molekul dari protein gluten sehingga menurunkan jaringan gluten. Hal ini dapat dicapai dikarenakan agen pereduksi bekerja dengan melakukan pemotongan ikatan disulfid yang mampu menurunkan berat molekul sehingga adonan menjadi elastis (Pedersen, *et al.*, 2005). Nilai  $\tan(\delta)$  yang meningkat ini pula mengindikasikan bahwa adonan memiliki viskositas yang rendah sehingga menunjukkan karakteristik serupa dengan tepung protein rendah (Zhang *et al.*, 2010).

Dalam pengujian penambahan agen pereduksi jenis asam tanat juga diketahui bahwa penambahan asam tanat mampu meningkatkan nilai resistance ( $R_{max}$ ), extensibility ( $E$ ) dan energy ( $A$ ) dalam pengujian ekstensograph. Peningkatan ekstensibilitas dapat dikarenakan asam tanat mampu untuk memotong ikatan disulfid dari adonan. Namun, dengan adanya penambahan asam tanat juga berdampak pada peningkatan kekuatan adonan. Peningkatan kekuatan adonan dapat dikarenakan asam tanat menyebabkan terbentuknya ikatan kovalen baru antara gugus amino dan gugus hidroksil (-OH) yang mampu memperkuat adonan. Zhang *et al.* (2010) menegaskan bahwa ikatan disulfida bukan merupakan satu-satunya faktor penting yang dapat mempengaruhi kualitas tepung karena ikatan kovalen dan ikatan hidrogen jenis lain juga dapat meningkatkan kualitas tepung. Berdasarkan kualitas fisik produk roti dapat meningkatkan kekuatan, namun menurunkan kemampuan menahan gas. Oleh karena itu, konsentrasi atau dosis yang berlebih justru tidak mempengaruhi parameter kualitas (*crumb hardness* dan *volume spesifik*) secara signifikan (Bonet *et al.* 2006).

Penambahan *flour treatment agents* jenis asam tanat dan ekstrak teh hijau diketahui meningkatkan stabilitas adonan dalam pengujian farinograph. Reduktor pada umumnya menurunkan kekuatan adonan dan meningkatkan elastisitas dikarenakan terputusnya ikatan disulfida. Hal ini berbeda dengan penambahan asam tanat dan ekstrak teh hijau, yang menunjukkan stabilitas adonan roti menjadi lebih baik yakni adonan memiliki sifat yang kuat (Gupta dan MacRitchie, 1994). Seperti yang disebutkan sebelumnya, hal ini dikarenakan asam tanat mampu membentuk ikatan kovalen baru antara gugus amino dan gugus hidroksil (-OH) (Zhang *et al.*, 2010) Begitu pula dengan penambahan ekstrak teh hijau, ekstrak teh hijau mampu membentuk ikatan katekin-tiol yang juga berperan dalam memperkuat adonan dikarenakan adanya proses *mixing* dalam pembuatan roti (Ananingsih, *et al.*, 2013).

Penambahan *flour treatment agents* jenis ekstrak teh hijau diketahui tidak berpengaruh terhadap *water absorption* (penyerapan air) dan waktu pengembangan adonan secara signifikan. Tidak berpengaruhnya nilai penyerapan air serta waktu pengembangan dapat dikarenakan rendahnya dosis penambahan agen pereduksi yang digunakan dalam pustaka. Menurut Wang *et al* (2006) ekstrak teh hijau mampu menghambat aktivitas  $\alpha$ -amilase. Penghambatan aktivitas  $\alpha$ -amilase ini dapat mengurangi jumlah gula fermentasi yang tersedia untuk fermentasi ragi. Penghambatan yang terjadi ini dapat berdampak pada menurunnya volume produk akhir roti dikarenakan ragi yang terbatas untuk menghasilkan kekuatan gas yang cukup pengembangan adonan. Apabila dosis ditambahkan pada pembuatan roti akan berdampak pada menurunnya kualitas produk akhir.

Penambahan *flour treatment agents* jenis ekstrak teh hijau diketahui menurunkan *Mixing Tolerance Index*, serta meningkatkan stabilitas dalam pengujian farinograph. Kenaikan nilai stabilitas adonan dengan penambahan ekstrak teh hijau terjadi karena adanya peningkatan pati akibat degradasi oleh ekstrak teh hijau. Kenaikan pati dalam campuran inilah yang menurunkan *Mixing Tolerance*

*Index* (MTI). *Mixing Tolerance Index* menunjukkan tingkat pelunakan saat pencampuran yang dilihat dari perbedaan nilai BU antara waktu puncak dan 5 menit setelah waktu puncak. Semakin tinggi nilai MTI maka mengindikasikan tepung terurai cepat. Hasil dalam penelitian Ananingsih, *et al.* (2013) menunjukkan tingkat pelunakan yang lebih rendah, yang berarti diperlukan waktu pencampuran yang lebih lama. Hasil ini bertentangan dengan teori Joye, *et al.* (2009) bahwa agen pereduksi mendorong terjadinya reaksi pertukaran SH / SS dan menghasilkan waktu pencampuran yang berkurang dan meningkatkan *machinability* adonan. Menurut Ananingsih dan Zhou (2012) hal ini terjadi dikarenakan penambahan ekstrak teh hijau mampu meningkatkan viskositas adonan yang dipengaruhi oleh pembentukan ikatan kovalen katekin-thiol.

Penambahan ekstrak teh hijau dalam pengujian *texture analyzer* ini tidak memberikan efek apapun terhadap karakteristik roti. Hal ini dapat dikarenakan ekstrak teh hijau dalam jumlah besar dapat menghambat aktivitas  $\alpha$ -amilase. Penghambatan aktivitas  $\alpha$ -amilase ini dapat mengurangi jumlah gula fermentasi yang tersedia untuk fermentasi ragi. Penghambatan yang terjadi ini berdampak pada menurunnya volume produk akhir roti dikarenakan ragi yang terbatas untuk menghasilkan kekuatan gas yang cukup untuk pengembangan adonan. Sehingga apabila dosis ditambahkan pada pembuatan roti akan berdampak pada menurunnya kualitas produk akhir (Wang *et al.*, 2006). Secara umum, penambahan agen pereduksi mampu mengubah reologi adonan seperti menurunkan waktu pengembangan, meningkatnya nilai ekstensibilitas, menurunkan nilai  $G'$  dan  $G''$ , serta meningkatkan nilai  $\tan \delta$  dalam berbagai pengujian reologi adonan. Perubahan tersebut mampu untuk membentuk karakteristik volume roti yang besar dikarenakan adonan elastis namun tetap kuat dalam menahan gas.

### 4.3. *Emulsifier*

Secara umum, penambahan *emulsifier* dapat dalam mendorong terdistribusinya dispersi lemak yang mengandung sel-sel udara. Dengan begitu, *emulsifier* dapat meningkatkan volume, menghasilkan tekstur yang lebih lembut (Lauridsen, 1976), serta berperan sebagai *crumb softener* (Stampfli dan Nersten, 1995). Dalam pengujian reologi adonan, pengaruh *emulsifier* ditunjukkan dalam berbagai parameter, yaitu meningkatkan nilai penyerapan air dalam uji farinograph, memperbesar luas area di bawah kurva dalam uji ekstensograph serta meningkatkan nilai ekstensibilitas uji alveograph yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Emulsifer yang digunakan dalam proses pembuatan roti telah banyak digunakan, di antaranya ester sukrosa, lesitin, DATEM, sodium stearoyl-2-lactylate, calciumstearoyl-2-lactylate, monodiglycerides, dan polysorbate (Stampfli dan Nersten, 1995). Namun informasi dan penelitian yang mengkaitkan penggunaan sodium stearoyl-2-lactylate, calciumstearoyl-2-lactylate, monodiglycerides, dan polysorbate dengan reologi adonan dan kualitas roti masih kurang, sehingga perlu ada penelitian mengenai hal tersebut.

Tabel 8 Pengujian Reologi Adonan dan Kualitas Roti dengan Penambahan *flour treatment agents* Jenis *Emulsifier*

Jenis <i>Flour treatment agents</i>	Metode Pengujian Reologi Adonan	Pengaruh Perubahan Reologi	Perubahan Kualitas Fisik	Pustaka
Ester Sukrosa	Alveograph	– Meningkatkan nilai ekstensibilitas.		(Punturug dan Netiwaranon 2013)
Lecitin	Farinograph Ekstensograph	– Meningkatkan nilai penyerapan air. – Menurunkan nilai ekstensibilitas. – Memperbesar luas area di bawah kurva dan rasio ekstensibilitas dan resistensi.		(Azizi, <i>et al.</i> , 2003)
<i>Diacetyl Tartaric Ester Monodigliserida</i> (DATEM)	Alveograph	– Meningkatkan nilai ekstensibilitas.	– Meningkatkan volume. – Menurunkan nilai <i>crumb</i> – Meningkatkan tekstur roti.	(Gómez <i>et al.</i> , 2004)

Pada *flour treatment agents* jenis *emulsifier* terdapat Ester Sukrosa, lesitin, dan *Diacetyl Tartaric Ester Monodiglicerida* (DATEM). Pengujian penambahan Ester Sukrosa dan DATEM dilakukan dengan metode *alveograph*, sedangkan penambahan lesitin dilakukan pengujian menggunakan metode *farinograph* dan *esktensograph*. Dengan adanya penambahan *emulsifier*, diketahui terjadi peningkatan ekstensibilitas dikarenakan jaringan gluten menjadi lebih kuat sehingga kemampuan gluten untuk menahan gas CO<sub>2</sub> tinggi pula. Peningkatan kemampuan gluten dalam menahan gas ini dapat berpengaruh pada peningkatan volume roti (Baiano and Terracone, 2011). Hal ini pun didukung oleh teori Crockett, *et al.* (2011) bahwa jaringan gluten yang kuat akan memberikan sifat viskoelastis pada struktur adonan sehingga adonan mampu menahan ekspansi gas selama proses pembuatan roti. Jaringan gluten yang kuat ini dapat terbentuk dari adanya ikatan antara protein dengan *emulsifier* sehingga membentuk emulsi yang stabil yang dilihat dari nilai HLB yang tinggi (Rodríguez *et al.*, 2006).

Nilai HLB pada *emulsifier* berpengaruh terhadap tingkat rekristalisasi amilopektin. Pada umumnya, *emulsifier* berperan dalam mengontrol proses retrogradasi atau rekristalisasi pati, menghambat migrasi air dari gluten ke pati, serta mencegah air dari luar roti untuk masuk ke dalam roti yang memungkinkan terjadinya migrasi dari *crumb* ke *crust* roti (Rao, *et al.*, 1992). Stampfli and Nersten (1995) mengemukakan bahwa selama pembuatan roti, butiran pati membengkak, sehingga sebagian amilosa keluar dari butirannya, dan amilopektin membesar. Amilosa akan berasosiasi dengan cepat dalam roti setelah dipanggang oleh karena itu akan mempengaruhi kekerasan (*firmness*) awal, sementara amilopektin akan berperan selama penyimpanan, menyebabkan roti *staling*. Dengan adanya agen pengemulsi, jumlah amilosa keluar dari butiran menurun, sehingga kekerasan (*firmness*) roti menjadi menurun. Oleh karena itu, amilosa secara pasif berperan dalam kekerasan *crumb* roti dalam membentuk kompleks, namun faktor utama dalam kekerasan *crumb* dikaitkan dengan rekristalisasi amilopektin dikarenakan amilopektin berinteraksi dengan *emulsifier*. Nilai HLB dari *emulsifier* memiliki efek yang bervariasi pada rekristalisasi amilopektin.

Makin tinggi nilai HLB maka akan semakin tinggi pula kemampuan rekristalisasi amilopektin yang mengakibatkan adonan roti menjadi lebih lunak.

Peningkatan jaringan gluten ini dapat mendorong terjadinya perbaikan sebaran dan ukuran porositas. Dengan memperbaiki struktur dan ukuran dari porositas, maka struktur roti menjadi lebih halus dapat dicapai (Hyun, *et al.*, 2006). Sedangkan, penurunan nilai *crumb* dapat dipengaruhi beberapa factor di antaranya kadar gluten serta lama waktu *proofing* (Błaszczak, *et al.*, 2004). Kadar gluten yang tinggi berasal dari adonan tepung protein tinggi akan memiliki sturuktur yang kuat dan kurang elastis, dikarenakan hasil interaksi antar molekul yang sangat kuat. Sehingga roti dengan adonan tepung protein tinggi setelah dipanggang akan menghasilkan tekstur yang kokoh dan pori yang padat (Tronsmo *et al.*, 2003). Sedangkan apabila waktu *proofing* semakin lama maka tingkat *hardness* akan semakin menurun, hal ini dikarenakan adanya pengemulsi yang semakin berinteraksi baik dengan adonan dan menghasilkan roti yang lembut (Primo-marti dan Harmen, 2006).

Penambahan *emulsifier* jenis Ester Sukrosa dan DATEM akan menghasilkan struktur adonan roti yang lunak. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya nilai ekstensibilitas dalam pengujian dengan alveograph (Gómez *et al.*, 2004). Ester sukrosa dan DATEM memiliki nilai *Hydrophilic-Lipophilic Balance* (HLB) yang tinggi. Nilai HLB yang tinggi ini menjadikan ester sukrosa dan DATEM sebagai *emulsifier* yang memiliki sifat yang larut dalam air, sehingga akan membentuk emulsi minyak dalam air dan adonan roti menjadi lunak. Hal ini didukung oleh teori Rodríguez *et al* (2006), bahwa semakin tinggi HLB maka memiliki sifat yang larut dalam air yakni membentuk emulsi *oil in water*, sedangkan nilai HLB yang lebih rendah memiliki sifat yang larut dalam minyak yakni membentuk emulsi *water in oil*.

Pengujian lesitin dengan farinograph dilakukan untuk meningkatkan nilai absorpsi (penyerapan air). Peningkatan nilai penyerapan air dapat meningkat

secara signifikan dengan penambahan surfaktan disebabkan oleh disperse lemak yang merata serta sifat mudah larut dalam air (Azizi, *et al.*, 2003). Sedangkan pengujian dengan Ekstensograph menunjukkan penurunan nilai ekstensibilitas namun terjadi meningkatnya luasan di bawah kurva dan rasio antara ekstensibilitas dan resistensi. Penurunan nilai ekstensibilitas ini diimbangi dengan peningkatan nilai *resistance*. Oleh karena itu, kurva yang terbentuk menunjukkan semakin tinggi kekuatan adonan terhadap penarikan berpengaruh pada semakin besar volume roti. Hal ini sejalan dengan peran lesitin yakni sebagai *emulsifier* yang berperan dalam peningkatan volume roti. Secara umum, penambahan *emulsifier* meningkatkan penyerapan air, memperbesar luas area di bawah kurva, serta meningkatkan nilai ekstensibilitas dalam berbagai pengujian reologi adonan. Perubahan tersebut mampu untuk membentuk karakteristik roti dengan tekstur, pengembangan dan *crumb* yang baik.

#### 4.4. Enzim

Penambahan enzim dalam adonan roti dapat memberikan efek yang berbeda-beda di antaranya memperpanjang umur simpan, meningkatkan adonan stabilitas adonan selama proses pembuatan roti, meningkatkan volume akhir roti, memperbaiki struktur *crumb* (*finer* dan *whiter*) (Cauvain, 2012), memperbaiki proses fermentasi (*dough leavening*) selama proses pembuatan roti, serta memperbaiki mutu simpannya (*keeping quality*). Efek yang berbeda-beda ini dikarenakan enzim bekerja secara spesifik dalam memberi pengaruh seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4. Dalam pengujian reologi tentunya masing-masing enzim memberi pengaruh yang berbeda-beda pula seperti yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Enzim yang digunakan dalam proses pembuatan roti telah banyak digunakan, di antaranya amilase, phospholipase, glukosa oksidase, lipoksigenase, protease, transglutaminase (Kirk, Borchert, dan Fuglsang 2002), transferase, dan xylosidase (Melim Miguel, *et al.*, 2013). Namun informasi dan penelitian yang mengkaitkan



penggunaan enzim phospholipase, lipoksigenase, transferase dan xylosidase dengan reologi adonan dan kualitas roti masih kurang, sehingga perlu ada penelitian mengenai hal tersebut.



Tabel 8 Pengujian Reologi Adonan dan Kualitas Roti dengan Penambahan *Flour treatment agents* Jenis Enzim

Jenis <i>Flour treatment agents</i>	Metode Pengujian Reologi Adonan	Pengaruh Perubahan Reologi	Perubahan Kualitas Fisik	Pustaka
Amilase	Farinograph	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tidak berpengaruh terhadap <i>water absorption</i> (penyerapan air).</li> <li>-Menurunkan <i>arrival</i>, waktu pengembangan, dan waktu stabilitas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Meningkatkan volume dan tekstur.</li> <li>-Menurunkan nilai <i>crumb</i></li> </ul>	Maarel dan Veen (2002); Hyun, <i>et al.</i> , (2006)
Protease	Farinograph	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menurunkan waktu pengembangan dan stabilitas adonan.</li> <li>-Meningkatkan ekstensibilitas adonan</li> </ul>		(Ravi, <i>et al.</i> , 2000)
Pentosanase	Ekstensograph Farinograph	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menurunkan ekstensibilitas</li> <li>-Meningkatkan resistance.</li> <li>-Meningkatkan <i>water absorption</i>.</li> </ul>		(Maarel dan Veen 2002); (Hyun, <i>et al.</i> , 2006); (Jaekel, <i>et al.</i> , 2012)
Glucose oxidase	Alveograph	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menurunkan nilai ekstensibilitas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Meningkatkan <i>hardness</i> roti</li> <li>-Menurunkan kemampuan menahan gas</li> </ul>	(Bonet <i>et al.</i> , 2006) (Martin, <i>et al.</i> 2003)
Transglutaminase	Rheometer	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Meningkatkan nilai G'.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menurunkan volume secara signifikan</li> </ul>	(Steffolani <i>et al.</i> , 2008); (Song dan Zheng 2007)

Pada *flour treatment agents* jenis enzim, terdapat beberapa jenis enzim di antaranya adalah amilase, pentosanase, protease, transglutaminase, dan glukosa oksidase. Terdapat berbagai pengujian yang dilakukan pada efektivitas enzim tertentu. Pada Tabel 8 diatas, dapat dilihat penambahan enzim glukosa oksidase dilakukan dengan metode alveograph; pengujian penambahan enzim amilase, pentosanase, dan protease dilakukan pengujian menggunakan metode farinograph; pengujian penambahan enzim pentosanase dilakukan pengujian menggunakan metode eskstensograph; serta pengujian penambahan enzim transglutaminase dilakukan pengujian menggunakan metode rheometer.

Penambahan enzim amilase dan protease memiliki perubahan serupa yakni perubahan pada melunaknya adonan roti. Dalam pengujian reologi adonan, penambahan enzim amilase dengan pengujian metode farinograph diketahui tidak terdapat perubahan penyerapan air. Namun, terdapat perubahan pada *arrival*, waktu pengembangan, dan waktu stabilitas yang menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan menjadi lebih cepat. Kecenderungan ini dapat dikaitkan dikarenakan melemahnya campuran adonan yang disebabkan oleh adanya dekstrin akibat pati yang terhidrolisis, sehingga waktu *arrival* dan waktu pengembangan menjadi lebih cepat. Tercapainya waktu *arrival* dan waktu pengembangan yang lebih cepat ini dapat dikarenakan proses *mixing* yang cepat pula. Proses *mixing* yang cepat mengindikasikan bahwa adonan tepung tidak terlalu kuat atau memiliki ketahanan yang rendah sehingga memiliki waktu stabil yang rendah (Goesaert *et al.*, 2005). Maarel dan Veen (2002) menambahkan bahwa dekstrin hasil hidrolisis ini digunakan untuk memfermentasikan *yeast* agar volume roti menjadi lebih besar. Oleh karena itu, penambahan enzim amilase pada proses pembuatan roti dapat menghasilkan roti dengan volume yang besar.

Begitu pula dengan penambahan enzim protease. Penambahan enzim protease mampu melunakkan adonan dikarenakan enzim protease merupakan enzim proteolitik yang mampu memotong polimer molekul protein sehingga dapat dihasilkan molekul-molekul yang lebih sederhana. Dalam hal pembuatan roti,

enzim protease akan menghidrolisis ikatan polipeptida sehingga akan dihasilkan produk dekomposisi berupa senyawa sederhana seperti peptida dan asam amino. Penambahan dosis enzim protease dalam jumlah sedikit mampu memecah beberapa ikatan peptida yang mengakibatkan penurunan viskositas yang lebih cepat dari dispersi glutenin. Namun, optimasi terhadap aktivitas protease ini perlu diperhatikan, karena dapat menyebabkan pecahnya ikatan peptida terlalu banyak, yang memungkinkan menurunnya elastisitas gluten yang terbentuk sehingga produk akhir roti menjadi lebih kaku (Gänzle, *et al*, 2008). Hal ini sejalan dengan pengujian reologi menggunakan farinograph yang menghasilkan penurunan waktu pengembangan adonan dan stabilitas; serta peningkatan ekstensibilitas. Penurunan waktu pengembangan adonan dan stabilitas ini berkaitan dengan lemahnya struktur adonan, sehingga meningkatkan nilai ekstensibilitas adonan.

Sebaliknya penambahan enzim pentosanase, glucose oxidase, transglutaminase mempengaruhi pada terbentuknya adonan roti yang lebih kuat. Menurut Gómez *et al.* (2004) dan Martin, *et al.* (2003), penambahan enzim pentosanase, dan glucose oxidase memberikan hasil yang sama dalam pengujian alveograph yaitu meningkatkan nilai *resistance* atau kekuatan adonan. Peningkatan kekuatan adonan ini terjadi dikarenakan pembentukan kompleks dengan protein gluten (Gómez *et al.* 2004; Martin, *et al.*, 2003). Oleh karena itu terbentuk adonan yang lebih kuat. Adonan yang kuat ini dikarenakan penambahan enzim pentosanase berperan dalam membelah rantai polisakarida, sehingga pembentukan gluten menjadi menurun. Pentosan yang dihasilkan dari pembelahan polisakarida terlalu tinggi, maka pentosane akan bersaing dengan pati untuk menyerap air. Penurunan pembentukan gluten ini menyebabkan turunnya viskositas adonan (Jaekel, *et al.*, 2012). Oleh karena itu, enzim pentosanase berperan dalam mengendalikan kandungan pentosane yang terbentuk sehingga mengubah struktur menjadi roti yang keras.

Begitu pula dengan penambahan enzim glucose oxidase yang dapat meningkatkan kekuatan adonan, namun menurunkan kemampuan menahan gas. Oleh karena itu,

konsentrasi atau dosis yang berlebih justru tidak mempengaruhi parameter kualitas (*crumb hardness* dan volume spesifik) secara signifikan (Bonet *et al.* 2006). Meningkatnya kekerasan dikarenakan kuatnya jaringan gluten yang diperoleh dari penggabungan monosakarida ke dalam matriks protein glutenin yang tidak larut. Kompleks tersebut memiliki kemampuan untuk mempertahankan jumlah air dalam jumlah yang tinggi melalui asosiasi rantai protein yang melibatkan pasangan oksidatif dan keterikatan rantai (Gujral dan Rosell, 2004). Mekanisme glucose oksidase dalam mempengaruhi kualitas roti belum banyak dibahas sebelumnya.

Dalam pengujian penambahan transglutaminase menggunakan metode rheometer dapat meningkatkan nilai  $G'$ . Menurut Weipert (1990) bahwa nilai  $G'$  menggambarkan kekuatan adonan yang memiliki struktur seperti gel (*gel like structure*). Maka, nilai  $G'$  tersebut mengindikasikan peningkatan kekuatan adonan karena semakin banyak ikatan silang yang terbentuk. Terbentuknya ikatan silang gluten ini akan menyebabkan kekuatan gluten yang meningkat dan makin kompleks (Upadhyay, *et al.*, 2012). Ustunol (2015) menambahkan bahwa terbentuknya ikatan silang yang tinggi ini akan menghasilkan adonan dengan kapasitas menahan air yang tinggi. Kekuatan gluten berbanding lurus dengan penambahan dosis dari transglutaminase (Steffolani, *et al.*, 2008). Dengan adanya peningkatan kekuatan maka akan mengakibatkan volume roti menurun secara signifikan (Steffolani, *et al.*, 2010). Ketahanan yang meningkat ini dikarenakan adanya perubahan pada struktur protein yaitu terjadi ikatan silang terutama pada subunit glutenin (Kuraishi, *et al.*, 2007). Penggunaan enzim pada adonan roti bekerja secara spesifik, sehingga mampu menghasilkan perubahan yang berbeda-beda tergantung dari enzim yang ditambahkan.