

# Pengaruh Penggunaan Trehalosa dalam Adonan Beku dan Waktu Pembekuan terhadap Viabilitas *Yeast* dan Karakteristik Roti Manis

Effect of Trehalose in Frozen Dough and Freezing Time on Yeast Viability and Sweet Bread Characteristics

**Desiana Nuriza Putri\***, Damat Damat, Okta Pringga Pakpahan, Erika Novena Santoso, Elfi Anis Saati

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang,  
Jl. Raya Tlogomas No. 246, Malang 65144, Jawa Timur, Indonesia

\*Penulis korespondensi: Desiana Nuriza Putri, Email: [desiana@umm.ac.id](mailto:desiana@umm.ac.id)

Submisi: 7 Juni 2020; Revisi: 23 Juli 2021; Diterima: 23 Agustus 2021

## ABSTRAK

Trehalosa sebagai krioprotektan dalam adonan beku berfungsi untuk mencegah kerusakan adonan roti saat penyimpanan beku dengan cara melindungi membran ragi dan mencegah melemahnya jaringan gluten. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi penambahan trehalosa yang efektif untuk mempertahankan karakteristik roti manis selama pembekuan. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Tersarang (Nested) dengan 2 faktor yaitu penambahan trehalosa (0; 0,1; 0,15 dan 0,2% b/b) dan waktu pembekuan (0, 15, 30, 45, dan 60 hari). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan trehalosa efektif mempertahankan *yeast* yang hidup sebanyak 4,29%, dimana pada hari ke-0 ragi yang hidup sebanyak  $33 \times 10^6$  CFU/g dan pada hari ke-60 ragi yang hidup sebanyak  $141,5 \times 10^6$  CFU/g, selain itu juga dapat mempertahankan spread ratio sebanyak 2,4 cm, volume spesifik sebesar 1%, volume pengembangan sebesar 1,6%, dan menurunkan daya tekan sebanyak 0,6 N sehingga roti menjadi semakin lembut. Skor organoleptik untuk rasa agak enak, aroma agak harum, tekstur agak lembut dan warna agak menarik.

**Kata kunci:** Adonan beku; trehalosa; volume spesifik, viabilitas *yeast*

## ABSTRACT

Trehalose is often used as a cryoprotectant for frozen dough because it helps to prevent damage to the bread during storage by protecting the yeast membrane. It also prevents the loss of gluten tissue by replacing the parts lost during the process. Therefore, this study aims to determine the effectiveness of trehalose conversion in maintaining the characteristics of sweet bread during freezing. The Nested Experimental Design (Stacked) was used with 2 factors, namely trehalose concentrations of 0, 0.1, 0.15, and 0.2% w/w and freezing durations of 0, 15, 30, 45, and 60 days. The results showed that the additive was effective in maintaining the viability of  $33 \times 10^6$  CFU/g and  $141.5 \times 10^6$  CFU/g live yeast on days 0 and 60, respectively. Approximately 4.29% of the organisms survived after 60 freezing days. The addition of trehalose also decreased the compressive power by 0.6N and helped to maintain a spread ratio, specific volume, and development volume of 2.4 cm, 1%, and 1.6%, respectively. Furthermore, the organoleptic scores obtained for taste, aroma, texture, and color were rather good, slightly fragrant, rather soft, and rather attractive, respectively.

**Keywords:** Frozen dough; specific volume; trehalose; yeast viability

## PENDAHULUAN

Roti manis merupakan salah satu jenis roti yang digemari masyarakat Indonesia karena rasanya yang manis dan bentuknya yang menarik (Halim dkk., 2015; Suryatna, 2015). Menurut Badan Pusat Statistik (2019) tingkat konsumsi roti manis di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 27.1% dari tahun 2018 ke Maret 2019. Bagi produsen roti manis, tingkat konsumsi roti manis yang meningkat 27.1% (161.8 ton) (Rizka dkk., 2018) perlu diiringi dengan peningkatan efisiensi proses produksi, dan juga meningkatkan mutu produk. Inovasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi namun tetap menjaga mutu produk adalah pembuatan roti yang dapat mempercepat proses produksi yaitu pembuatan roti dari adonan beku. Belakangan, teknologi roti adonan beku digunakan karena dapat meningkatkan efisiensi kebutuhan tenaga kerja di industri roti dan memungkinkan konsumen untuk membeli roti segar (Sasano dkk., 2012). Kelebihan metode adonan beku antara lain lebih menghemat ruang, biaya peralatan dan tenaga kerja, produksi adonan terpusat dan adonan beku mudah didistribusikan (Sze-Yin & Lai-Hoong, 2013).

Beberapa kelemahan pembuatan roti dari adonan beku adalah terbentuknya kristal es dan dehidrasi intraseluler selama proses pembekuan yang dapat mempengaruhi kinerja *yeast* pada adonan (Momose dkk., 2010). Sebagian besar ragi roti mengalami banyak tekanan yaitu pada proses thawing, pengeringan udara, pemanggangan dan konsentrasi sukrosa yang tinggi (Sasano dkk., 2012). Menurut Akbarian dkk. (2015) pembekuan dan thawing merupakan proses yang dapat menurunkan bahkan merusak sel-sel ragi pada adonan. Ragi berperan untuk menghasilkan karbondioksida sehingga adonan dapat mengembang. Oleh karena itu kerusakan sel ragi pada adonan karena proses pembekuan dapat menurunkan karbondioksida sehingga roti tidak dapat mengembang (Meziani dkk., 2012).

Masalah pada adonan beku dapat diatasi dengan penambahan krioprotektan yang diharapkan dapat menjaga kualitas adonan roti dengan mencegah terjadinya kematian *yeast* dan kerusakan granula pati serta melindungi matriks gluten dari kerusakan selama proses penyimpanan beku (Meziani dkk., 2012). Krioprotektan dapat mengurangi terbentuknya kristal es yang menyebabkan ekskresi air keluar dari sel (Momose dkk., 2010), salah satunya adalah trehalosa. Trehalosa memiliki peranan penting pada adonan beku yaitu dapat meningkatkan toleransi stress ragi saat proses pembekuan (Sze-Yin & Lai-Hoong, 2013). Trehalosa diaplikasikan pada roti adonan beku dengan hasil

terbaik yaitu dengan konsentrasi trehalosa 800 ppm dengan waktu pembekuan selama 42 hari (Gerardo-Rodríguez dkk., 2017). Pada Chinese Steamed Bread (CSB), penambahan trehalosa dilakukan sebanyak 0,1% dan maltodekstrin sebanyak 2% dengan waktu pembekuan sampai dengan 5 bulan (Sze-Yin & Lai-Hoong, 2013). Namun demikian, aplikasi trehalosa dan pengaruh lama pembekuan pada roti manis Indonesia belum diteliti.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan konsentrasi dan lama penyimpanan beku maksimal yang dapat dilakukan oleh perusahaan rumah tangga. Dengan fokus evaluasi trehalosa sebagai alternatif agen krioprotektan dalam melindungi *yeast*, dan mengevaluasi efek penggunaan trehalosa pada beberapa lama waktu penyimpanan.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan roti adalah tepung terigu protein tinggi 13,1% (cakra kembar), tepung terigu protein sedang 16% (segitiga biru), telur, ragi instant, gula, *bread improver*, *emulsifier*, garam, mentega, butter, air es, susu skim, dan *trehalosa* dengan tingkat kemurnian 100% yang diperoleh dari *Swason Health Products* (USA). Bahan kimia yang digunakan adalah media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan aquades.

### Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan adonan beku dan roti manis adalah *mixer*, *chest freezer*, *proofing* (Getra), oven, pisau, loyang, timbangan analitik (Ohaus), baskom, solet, sendok, timbangan, *texture analyzer* merk (Shimadzu TPA EZ-SX test model SM-500N-168), jangka sorong, *petridish*, incubator, tabung reaksi dan *colony counter*.

### Analisis Statistik

Hasil analisis sifat fisik dan mikrobiologi adonan beku dan roti manis dianalisis secara statistik (Anova) menggunakan perangkat lunak Minitab 16 kemudian dilakukan uji lanjut metode DMRT dengan taraf kepercayaan 5%.

### Metode Pembuatan Roti Manis

Metode pembuatan roti manis dilakukan berdasarkan metode yang telah dilaporkan oleh Damat dkk (2017) dengan modifikasi. Pembuatan roti manis diawali dengan mencampurkan beberapa bahan kering antara lain tepung terigu, ragi, gula, susu bubuk, *bread*

*improver*, pelembut roti dan trehalosa sesuai dengan formulasi yang sudah ditentukan (Tabel 1), serta telur dan air, kemudian diaduk dengan *mixer* dengan kecepatan sedang (120 rpm) (selama  $\pm 5$  menit, kemudian sisa bahan (garam, mentega dan butter) dimasukkan dan diaduk dengan kecepatan tinggi (200rpm) selama  $\pm 15$  menit atau sampai menjadi kalis. Adonan yang sudah kalis dibagi rata dengan berat 20 g (*dividing*) lalu dibulat-bulatkan (*moulding*) dan didiamkan. Adonan dimasukkan ke dalam loyang plastik kemudian ditutup dengan *plastic wrap* dan penutup loyang dilanjutkan dengan pembekuan cepat dengan suhu  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 0, 15, 30, 45, dan 60 hari. Setelah penyimpanan dalam freezer, adonan beku dilanjutkan dengan proses *thawing* menggunakan *proofer* ( $T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t=1$  jam) setelah itu dilanjutkan dengan fermentasi (*proofing*) menggunakan *proofer* ( $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t=1$  jam,  $\text{RH}=80\text{-}85\%$ ). Selanjutnya, adonan dioven pada suhu  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 10 menit sampai warna roti manis menjadi kuning kecoklatan. Formula penambahan trehalosa pada adonan beku roti manis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi penambahan trehalosa (%) pada adonan beku roti manis

Komposisi (%)	T0	T1	T2	T3
Tepung terigu protein tinggi	80	80	80	80
Tepung terigu protein rendah	20	20	20	20
Margarin	6	6	6	6
<i>Butter</i>	10	10	10	10
Telur	10	10	10	10
Susu bubuk	4	4	4	4
Gula pasir	20	20	20	20
Bread improver	0,2	0,2	0,2	0,2
Emulsifier	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>Yeast</i>	3	3	3	3
Air	45	45	45	45
Garam	1,5	1,5	1,5	1,5
Trehalosa	0	0,1	0,15	0,2

### Spread Ratio

Pengukuran spread ratio dilakukan berdasarkan metode yang telah dilaporkan oleh Sze-Yin & Lai-Hoong (2013). Roti manis yang telah dipanggang diukur tinggi dan lebar (adonan) dengan menggunakan penggaris, pengukuran dilakukan pada tiga tempat berbeda,

kemudian hasilnya dirata-rata. Rasio penyebaran dihitung dengan membagi antara lebar roti dengan tingginya.

### Volume Spesifik Roti

Pengukuran volume spesifik roti menggunakan metode pemindahan biji, dimana pada penelitian ini digunakan biji wijen (Almeida dkk., 2013). Roti manis ditimbang setelah didiamkan selama 1 jam setelah pemanggangan. Roti dimasukkan dalam wadah yang terdapat volume lalu ditutup dengan biji wijen sampai volume penuh. Volume biji yang tergantikan (volume roti) oleh roti dicatat, volume spesifik dihitung dengan Persamaan 1.

$$\text{Volume spesifik} = \frac{\text{Volume roti}}{\text{Berat roti}} \quad (1)$$

### Daya Potong Roti

Pengukuran daya potong roti atau *hardness* dilakukan dengan menggunakan texture analyzer (TA HD Plus) dengan prinsip pengukuran gaya potong (Bhat dkk., 2015). Roti manis diukur ketebalan dan diameternya kemudian diletakkan diatas meja sampel texture analyzer yang telah dipasang knife probe. Texture Analyzer diatur mode: *test* (normal), *trigger* (0,5 g), *deformation* (30 mm), dan *speed* (0,5 mm/s). Kompresi menghasilkan kurva antara kekuatan jarak dan nilai puncak pertama tertinggi dengan pecah atau terbelahnya potongan roti pada satu titik dan nilai gaya yang sesuai diambil sebagai pengukuran kekerasan.

### Daya Tekan Roti

Sebelum dilakukan pengukuran daya tekan, roti bagian tengah dipotong dadu dengan ukuran  $2 \times 2 \times 2$  cm kemudian diletakkan dibawah probe (p/36 probe silinder (36mm)). Analisis ini menggunakan sel beban 5 kg dan sampel dikompresi hingga 45% dari ketinggian aslinya (Feili, 2013). Strain yang diperlukan untuk kompresi 45% Texture Analyzer diatur mode: kecepatan pretest: 1,0 mm/dt, kecepatan pengujian: 1,7 mm/s, kecepatan post test: 10 m/s, jarak kompresi: 25% dan tipe pemicu: otomatis 5 g. Nilai yang dilaporkan adalah rata-rata dari tiga bacaan. Data dianalisis menggunakan software Tekstur Versi 1.05 (Stable Micro system Ltd).

### Volume Pengembangan

Pengukuran volume pengembangan dilakukan pada adonan sebelum proofing dan adonan yang telah dipanggang. Adonan sebelum proofing dan telah dipanggang diukur jari-jarinya secara horizontal dengan

menggunakan jangka sorong, kemudian masing-masing dihitung volumenya dengan rumus setengah bola (Imami & Sutrisno, 2018). Volume pengembangan dihitung dengan Persamaan 2.

$$\% \text{Volume Pengembangan} = \frac{\text{Volume roti}}{\text{Volume adonan}} \times 100\% \quad (2)$$

### Viabilitas Yeast

Penentuan viabilitas sel dilakukan berdasarkan metode yang telah dilaporkan oleh Rosli dkk., (2019) dengan modifikasi. Alat-alat dan media potato dextrose agar (PDA) disterilkan menggunakan autoklaf (121 °C, 15 menit). Adonan roti sebanyak 1 g diencerkan dalam tabung reaksi berisi 9 mL aquades yang telah disterilkan. Pengenceran dilakukan hingga tingkat 6 ( $10^{-6}$ ). Isolate yeast sebanyak 1 mL dari pengenceran ke-6 dipindahkan pada media PDA dengan menggunakan metode spread plate. Setelah itu dilakukan inkubasi dengan suhu 35 °C selama 48 jam. Setelah inkubasi dilakukan perhitungan dengan menggunakan *colony counter*.

### Intensitas Warna

Pengukuran warna *crust* dan *crumb* roti dilakukan dengan menggunakan *color reader*, dimana roti diukur warnanya berdasarkan tingkat kecerahan (L), hijau atau merah (a), dan biru atau kuning (b) (Almeida dkk., 2013).

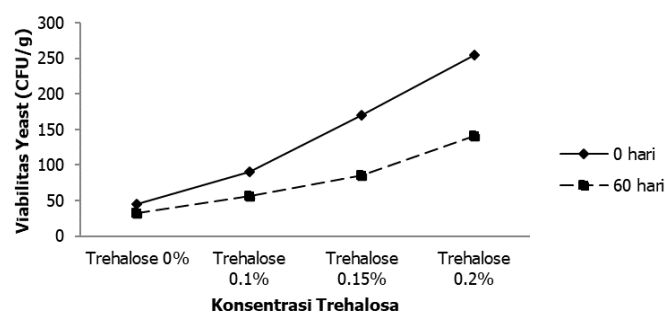
### Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk mengetahui tingkat kesukaan atau kelayakan suatu produk agar dapat diterima oleh panelis atau konsumen. Metode pengujian yang dilakukan adalah metode hedonik (uji kesukaan) meliputi warna, aroma, tekstur dan rasa dari roti manis. Dalam metode hedonik ini, panelis diminta memberikan penilaian berdasarkan tingkat kesukaan (Damat dkk., 2017; Pusuma dkk., 2018). Skor yang digunakan adalah 7 (sangat suka), 6 (suka), 5 (agak suka), 4 (netral), 3 (agak tidak suka), 2 (tidak suka), 1 (sangat tidak suka). Penilaian organoleptik ini dilakukan oleh 25 orang panelis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Viabilitas Yeast

Penggunaan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap viabilitas yeast adonan beku roti manis ( $p < 0,05$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah yeast pada adonan tanpa penambahan trehalosa dan tanpa penyimpanan beku yaitu  $45 \times 10^6$  CFU/g dan menurun setelah 60



Gambar 1. Grafik viabilitas yeast roti manis dengan penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda

hari pembekuan menjadi  $33 \times 10^6$  CFU/g (Gambar 1). Namun, setelah penambahan trehalosa sebanyak 0,2% dengan pembekuan selama 60 hari jumlah yeast yang hidup sebanyak  $141,5 \times 10^6$  CFU/g. Viabilitas yeast pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Meziani dkk. (2012) bahwa dengan penggunaan *simple yeasted dough* pada adonan manis, semakin lama waktu pembekuan maka viabilitas yeast akan semakin menurun, yaitu pada hari ke 0 sebanyak  $10 \times 10^6$  CFU/g dan pada hari ke 60 menurun menjadi  $6,5 \times 10^6$  CFU/g.

Penambahan trehalosa dapat mempengaruhi viabilitas yeast roti manis, semakin tinggi penambahan trehalosa maka viabilitas yeast akan meningkat. Penambahan trehalosa 0,2% memiliki viabilitas yeast lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan trehalosa 0%, 0,1% dan 0,15% pada hari yang sama. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Mellado dan Chang (2003) bahwa viabilitas yeast adonan roti manis dengan konsentrasi trehalosa 5% pada hari ke 0 yaitu  $950 \times 10^4$  CFU/g dan menurun pada hari ke 45 yaitu  $763 \times 10^4$  CFU/g, sedangkan viabilitas yeast adonan manis roti dengan konsentrasi trehalosa 10% pada hari ke 0 yaitu  $1033 \times 10^4$  CFU/g dan menurun pada hari ke 45 yaitu  $957 \times 10^4$  CFU/g. Viabilitas yeast roti manis dengan penambahan trehalosa 0,2% setelah 60 hari pembekuan yaitu  $141,5 \times 10^6$  CFU/g sedangkan tanpa penambahan trehalosa yaitu  $33 \times 10^6$  CFU/g.

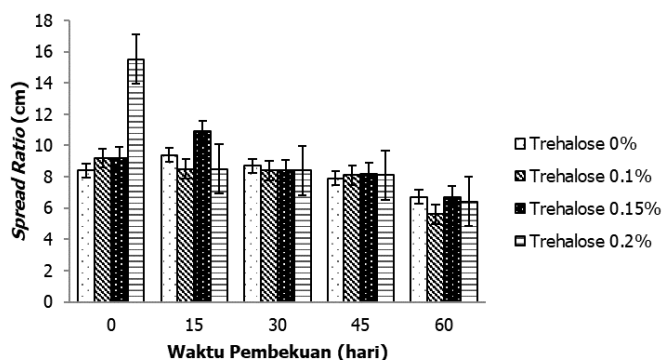
Meningkatnya viabilitas yeast dikarenakan sifat trehalosa yang dapat melindungi sel ragi saat proses pembekuan. Penambahan trehalosa dapat mengurangi bahkan mencegah jumlah ragi yang mati. Salah satu penyebab kematian ragi saat proses pembekuan adalah terbentuknya kristal es yang besar. Kristal es yang besar dapat menyebabkan kerusakan ragi. Fluktuasi suhu yang parah selama penyimpanan beku dan transportasi juga menyebabkan peningkatan ukuran kristal es sehingga mengakibatkan kerusakan



beku pada ragi (Shi dkk., 2013). Menurut Sze-Yin & Lai-Hoong (2013) penambahan trehalosa sebagai krioprotektan memiliki peranan penting pada adonan beku yaitu dapat meningkatkan toleransi *stress* ragi saat proses pembekuan. Kristal es besar yang terbentuk karena pembekuan lambat dapat merusak sel membran ragi.

### Spread Ratio

Rasio penyebaran merupakan perbandingan antara tinggi dengan luas roti manis, semakin tinggi nilai rasio penyebaran maka semakin bagus kualitas roti manis (Dogan dkk., 2010). Perlakuan konsentrasi trehalosa dan waktu pembekuan yang berpengaruh nyata terhadap rasio penyebaran roti manis ( $p < 0,05$ ) (Gambar 2). Penambahan trehalosa 0,15% lebih efektif dalam mempertahankan *spread ratio* roti manis pada waktu pembekuan 15 hari sebanyak 2,4 cm daripada roti manis dengan penambahan trehalosa 0,1%. *Spread ratio* roti manis dengan penambahan trehalosa 0,15% setelah pembekuan 15 hari yaitu 10,9 cm sedangkan dengan penambahan trehalosa 0,1% yaitu 8,5 cm.



Gambar 2. Grafik *spread ratio* roti manis dengan penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda

Rasio penyebaran roti manis pada penelitian ini mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu pembekuan adonan roti manis. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sze-Yin & Lai-Hoong (2013) bahwa rasio penyebaran Chinese Steamed Bread (CSB) dari adonan beku dengan penambahan trehalosa sebanyak 0, 0,1 dan 0,2% dan maltodekstrin sebanyak 0, 1 dan 2% serta waktu pembekuan selama 1, 3 dan 5 bulan menurun secara signifikan seiring dengan lamanya waktu pembekuan. Rasio penyebaran pada penelitian Sze-Yin & Lai-Hoong (2013) ini lebih rendah dibandingkan rasio penyebaran roti manis pada penelitian ini, rasio penyebaran tertinggi yaitu 2. Penambahan trehalosa pada roti manis dari adonan

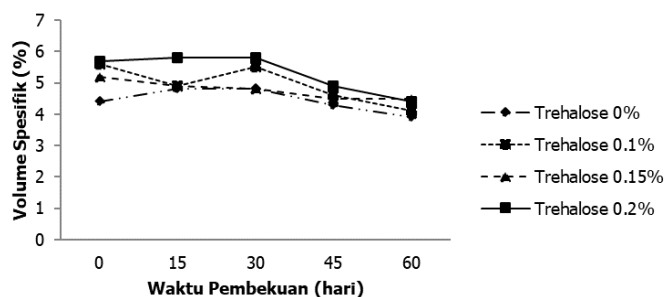
beku dapat meningkatkan rasio penyebaran, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sze-Yin & Lai-Hoong (2013) bahwa pada penambahan trehalosa sebesar 0,2% dengan waktu pembekuan 1 bulan menghasilkan rasio penyebaran 1,95, hasil ini lebih tinggi dari penambahan trehalosa 0,1% yaitu sebesar 1,8.

Menurut Dogan dkk. (2010) tingginya rasio penyebaran berkaitan dengan adonan gandum yang lebih menyebar yaitu berasal dari kekentalan adonan. Penurunan rasio penyebaran disebabkan oleh turunnya elastisitas adonan, hal ini disebabkan oleh meningkatnya kekakuan adonan selama penyimpanan beku. Selain itu juga disebabkan oleh degradasi fisik pada molekul gluten (Sze-Yin & Lai-Hoong, 2013). Menurut Sze-Yin & Lai-Hoong (2013), proses pembekuan dapat mengakibatkan hilangnya kandungan air sehingga adonan menjadi kaku, molekul gluten yang kering akibat proses pembekuan kemungkinan tidak mudah tegang selama proses *proofing* dan pemanggangan untuk mempengaruhi kenaikan adonan secara merata.

### Volume Spesifik

Penambahan trehalosa dan waktu pembekuan berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap volume spesifik roti manis (Gambar 3). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Gerardo-Rodríguez dkk. (2017) yang menyatakan bahwa penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda berpengaruh terhadap volume spesifik roti manis secara signifikan. Volume spesifik roti manis tertinggi pada perlakuan Trehalosa 0,2% dan waktu pembekuan 30 hari yaitu 5,8 mL/g, sedangkan volume spesifik roti manis terendah pada perlakuan trehalosa 0% dan waktu pembekuan 60 hari yaitu 3,9 mL/g. Penambahan trehalosa 0,2% dengan waktu pembekuan 30 hari efektif untuk meningkatkan volume spesifik roti manis sebanyak 1 mL/g dibandingkan dengan penambahan trehalosa 0,15% dan perlakuan lainnya. Volume spesifik roti manis dengan penambahan trehalosa 0,2% setelah 30 hari pembekuan yaitu 5,8 mL/g sedangkan dengan penambahan trehalosa 0,15% hanya 4,8 mL/g.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi trehalosa maka volume spesifik roti manis juga semakin meningkat. Hasil ini sejalan dengan laporan Gerardo-Rodríguez dkk. (2017) yaitu semakin tinggi penambahan trehalosa menghasilkan volume spesifik roti dari adonan beku semakin meningkat, volume spesifik roti dari adonan beku dengan penambahan trehalosa sebanyak 0, 400 dan 800 ppm secara signifikan meningkat dari 3,5-4 cm<sup>3</sup>/g. Hal ini dikarenakan dengan semakin tinggi konsentrasi trehalosa maka ragi lebih terlindungi saat proses pembekuan. Menurut Sze-Yin



Gambar 3. Grafik volume spesifik roti manis dengan penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda

& Lai-Hoong (2013) penambahan trehalosa sebagai krioprotektan memiliki peranan penting pada adonan beku yaitu dapat meningkatkan toleransi *stress* ragi saat proses pembekuan. Semakin lama waktu pembekuan maka semakin menurun volume spesifik roti manis. Hal tersebut dikarenakan semakin lama waktu pembekuan maka banyak ragi yang mengalami kematian. Proses pembekuan dapat mengakibatkan terganggunya metabolisme sel ragi yang bertahan serta penurunan aktivitas ragi (Akbarian dkk., 2015). Hal ini sesuai dengan pernyataan Sze-Yin & Lai-Hoong (2013) bahwa penyimpanan beku dapat menurunkan volume spesifik *Chinese Steamed Bread* dari adonan beku secara signifikan, volume spesifik CSB dengan penambahan trehalosa 0,2% dan maltodekstrin 2% dengan waktu pembekuan 0, 1,3 dan 5 bulan berturut-turut adalah 4 mL/g, 3 mL/g, 2,9 mL/g, dan 2,4 mL/g. Hasil tersebut lebih rendah dibandingkan volume spesifik roti manis pada penelitian ini. Selain itu juga terdapat interaksi antara trehalosa dengan waktu pembekuan adonan terhadap volume spesifik.

Penurunan volume spesifik diakibatkan matinya sel ragi selama proses pembekuan adonan. Kristal es besar yang terbentuk selama pembekuan dapat merusak sel membran ragi. Kemudian, mengakibatkan terganggunya metabolisme sel ragi yang bertahan serta penurunan aktivitas ragi (Akbarian dkk., 2015). Selanjutnya, proses pembekuan dan *thawing* merupakan tahapan yang dapat menyebabkan kerusakan sel-sel ragi dan menurunkan kemampuan ragi yang lebih parah (Akbarian dkk., 2015). Dengan penambahan krioprotektan kedua fase ini dapat dihindari dengan cara melindungi ragi selama proses pembekuan. Menurut Momose dkk. (2010), krioprotektan berfungsi untuk melindungi matriks gluten dari kerusakan serta mengurangi terjadinya kematian ragi dengan cara mengurangi terbentuknya kristal es dengan cara mengekskresi air keluar dari sel.

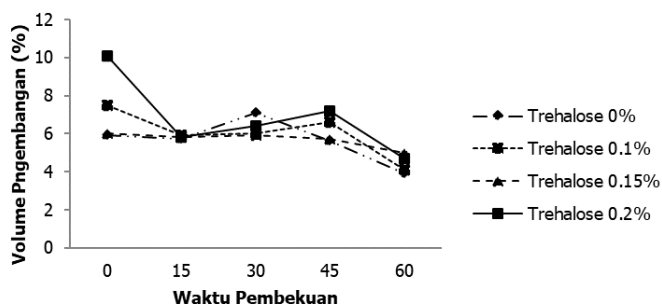
Penambahan trehalosa sebagai krioprotektan dapat meningkatkan toleransi *stress* ragi saat proses

pembekuan (Sze-Yin & Lai-Hoong, 2013). Menurut Kontogiorgos dkk. (2008) dan Leray dkk. (2010) menyatakan bahwa kristal es dalam jumlah tinggi dapat mempengaruhi kemampuan jaringan gluten dalam mempertahankan gas. Trehalosa memiliki kemampuan untuk meningkatkan kemampuan retensi gas dari jaringan gluten karena sifatnya yang dapat menurunkan titik beku, sehingga dapat mencegah terjadinya kristalisasi air yang merusak jaringan gluten. Hal ini sesuai Lerbret dkk. (2005), trehalosa mencegah terjadinya kristalisasi air. Kim dkk. (2008) menyatakan bahwa trehalosa meningkatkan viabilitas sel-sel ragi serta kemampuan retensi gas dari jaringan gluten untuk memastikan gas yang terperangkap tidak hilang pada saat *proofing* dan pemanggangan yang dapat mempengaruhi volume roti.

### Volume Pengembangan

Roti manis dengan penambahan trehalosa dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap volume pengembangan roti manis (Gambar 4). Hal ini sesuai dengan pernyataan Sze-Yin & Lai-Hoong (2013) bahwa penyimpanan beku dapat menurunkan volume pengembangan *Chinese Steamed Bread* dari adonan beku secara signifikan, selain itu juga terdapat interaksi antara trehalosa dengan waktu pembekuan adonan terhadap volume pengembangan. Konsentrasi penambahan trehalosa yang semakin tinggi dapat meningkatkan volume spesifik. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Gerardo-Rodríguez dkk., (2017) bahwa semakin tinggi konsentrasi trehalosa maka volume spesifik roti dari adonan beku semakin meningkat, volume spesifik roti dari adonan beku dengan penambahan trehalosa sebanyak 0, 400 dan 800 ppm secara signifikan meningkat dari 3,5-4 cm<sup>3</sup>/g. Penambahan trehalosa 0,2% dengan waktu pembekuan 45 hari efektif untuk meningkatkan volume pengembangan roti manis sebanyak 1,6% dibandingkan tanpa penambahan trehalosa. Volume pengembangan roti manis dengan penambahan trehalosa 0,2% setelah 45 hari pembekuan yaitu 7,2% sedangkan tanpa penambahan trehalosa hanya 5,6%.

Proses pengembangan roti berkaitan dengan gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan ragi saat proses fermentasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ali dkk. (2012) bahwa ragi mengubah gula dalam adonan menjadi karbondioksida dan alkohol. Gelembung gas karbondioksida inilah yang menyebabkan adonan mengembang. Proses pembekuan dapat menyebabkan tekanan pada ragi sehingga sel ragi mengalami lisis. Penambahan trehalosa sebagai krioprotektan memiliki peranan penting pada adonan beku yaitu dapat meningkatkan toleransi *stress* ragi saat proses pembekuan Sze-Yin & Lai-Hoong (2013). Volume pengembangan roti manis dari adonan beku dipengaruhi



Gambar 4. Grafik volume pengembangan roti manis dengan penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda

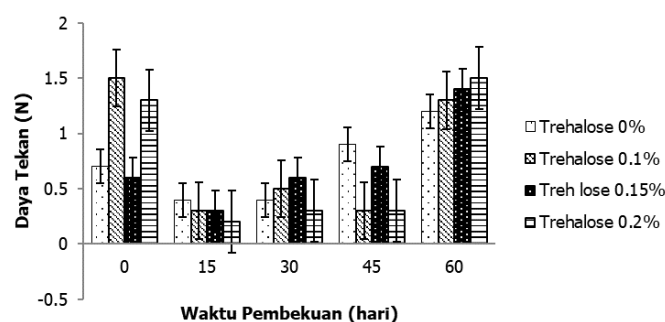
oleh jumlah gas hasil fermentasi *yeast* yang dihasilkan saat *proofing*. Pada proses pembekuan, banyak sel ragi yang mengalami kematian. Salah satu penyebab kematian ragi saat proses pembekuan adalah terbentuknya kristal es yang besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Shi dkk. (2013) bahwa fluktuasi suhu yang parah selama penyimpanan dan transportasi menyebabkan peningkatan ukuran kristal es sehingga mengakibatkan kerusakan beku pada ragi. Selain itu, hilangnya kekuatan jaringan gluten akibat proses pembekuan dapat mengakibatkan rendahnya karbondioksida Meziani dkk. (2012). Menurut Rauf dan Andini (2019) lamanya pencampuran adonan juga mempengaruhi pengembangan roti. Lamanya pencampuran adonan dapat mempengaruhi strain adonan, karena berhubungan dengan terbentuknya jaringan gluten. Menurut Meerts dkk. (2017), pada kadar air yang cukup tinggi, air bebas dalam adonan akan melemahkan interaksi pati-pati dan gluten-pati. Karakterisasi adonan setelah waktu pencampuran yang berbeda menunjukkan bahwa *overmixing* mungkin menyebabkan disagregasi atau bahkan depolimerisasi jaringan gluten. Kerusakan jaringan selama pencampuran dapat dijelaskan melalui dua mekanisme yaitu pencampuran adonan yang terlalu singkat menyebabkan jaringan gluten yang terbentuk tidak maksimal sehingga saat adonan meregang mudah putus. Sedangkan pencampuran adonan yang terlalu lama mengakibatkan depolimerisasi gluten atau mengalami kerusakan (Rauf & Andini, 2019).

### Daya Tekan

Roti manis dengan penambahan trehalosa dengan berbagai konsentrasi tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap daya tekan roti manis (Gambar 5). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Gerardo-Rodríguez dkk. (2017) bahwa konsentrasi trehalosa dan penyimpanan beku berpengaruh nyata ( $p < 0,01$ ). Semakin lama waktu pembekuan adonan maka daya tekan roti manis

juga semakin tinggi yang menandakan bahwa roti menjadi semakin keras akibat hilangnya air dari adonan saat proses pembekuan dan *thawing*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Parwiyanti dkk. (2019) bahwa nilai tekstur yang semakin tinggi maka tekstur roti menjadi semakin keras. Sze-Yin & Lai-Hoong (2013) menyatakan bahwa semakin lama waktu pembekuan maka daya tekan atau kekerasan akan meningkat dan semakin tinggi konsentrasi trehalosa maka tekstur akan menurun.

Penambahan trehalosa 0,2% dengan waktu pembekuan 45 hari efektif untuk menurunkan daya tekan roti manis sebanyak 0,6 N dibandingkan tanpa penambahan trehalosa. Semakin tinggi daya tekan

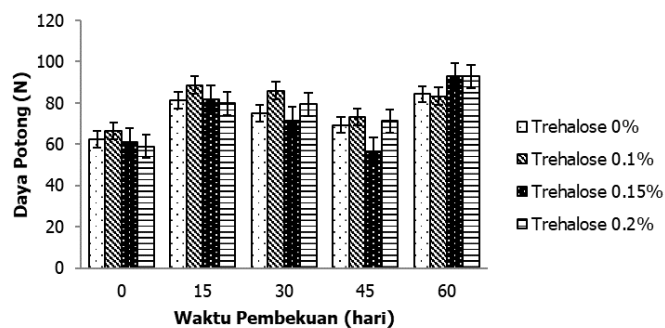


Gambar 5. Daya tekan roti manis dengan penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda

roti manis maka tekstur roti akan semakin keras. Daya tekan roti manis dengan penambahan trehalosa 0,2% setelah 45 hari pembekuan yaitu 0,3 N sedangkan tanpa penambahan trehalosa mencapai 0,9 N. Daya tekan roti manis pada penelitian ini lebih rendah dari hasil penelitian Sze-Yin & Lai-Hoong (2013), sehingga daya tekan roti yang dihasilkan lebih baik. Meningkatnya kekerasan roti manis disebabkan oleh air yang sebelumnya terikat oleh protein dan pati telah keluar dari adonan saat proses *thawing* dan tidak dapat kembali ke tempat asalnya Gerardo-Rodríguez dkk. (2017). Trehalosa dapat menyerap air dan mencegah penyebaran (Bar, 2000). Penyimpanan beku dapat mengakibatkan hancurnya remah (*crumb*), terbentuknya kristal es yang besar dan kehilangan air pada saat proses *thawing* Gerardo-Rodríguez dkk. (2017).

### Daya Potong

Hasil penelitian menunjukkan semakin lama waktu pembekuan adonan maka daya potong roti semakin besar yang berarti roti menjadi semakin keras (Gambar 6). Sze-Yin & Lai-Hoong (2013) menyatakan bahwa kekerasan CSB meningkat seiring dengan lamanya waktu pembekuan adonan.



Gambar 6. Grafik daya potong roti manis dengan penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda

Menurut Gerardo-Rodríguez dkk., (2017) meningkatnya kekerasan roti manis disebabkan oleh air yang sebelumnya terikat oleh protein dan pati telah

keluar dari adonan saat proses *thawing* dan tidak dapat kembali ke tempat asalnya. Selain itu daya potong roti juga dipengaruhi oleh besarnya pori-pori pada *crumb* roti. Banyaknya ragi yang mati akibat proses pembekuan dapat menyebabkan kecilnya pori-pori yang terbentuk saat proses fermentasi. Proses pembekuan menyebabkan menurunnya kekuatan gluten untuk menahan karbondioksida hasil fermentasi. Penambahan krioprotektan yang sesuai dapat mengontrol pelelehan es dan rekristalisasi pada adonan saat penyimpanan beku, sedangkan penambahan krioprotektan yang terlalu banyak dapat menyebabkan kerusakan pada tekstur roti (Sze-Yin & Lai-Hoong, 2013).

### Intensitas Warna Crust

Penambahan trehalosa dan waktu pembekuan berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap tingkat kecerahan (L) dan tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat kemerahan (a) dan tingkat kekuningan (b) *crust* roti manis (Tabel 2).

Tabel 2. Intensitas warna *crust* roti manis dengan penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda

Perlakuan		Intensitas warna <i>crust</i>		
Konsentrasi trehalosa	Waktu pembekuan	L	a	b
T0 (Trehalosa 0,0%)	P0 (0 hari)	60,3 <sup>a</sup>	+3,7 <sup>a</sup>	+24,7 <sup>a</sup>
	P1 (15 hari)	55,8 <sup>abc</sup>	+5,3 <sup>a</sup>	+21,9 <sup>a</sup>
	P2 (30 hari)	56,8 <sup>abc</sup>	+6,1 <sup>a</sup>	+23,6 <sup>a</sup>
	P3 (45 hari)	53,9 <sup>bc</sup>	+6,8 <sup>a</sup>	+21,4 <sup>a</sup>
	P4 (60 hari)	52,6 <sup>c</sup>	+7,4 <sup>a</sup>	+22,2 <sup>a</sup>
T1 (Trehalosa 0,1%)	P0 (0 hari)	56,4 <sup>abc</sup>	+7,3 <sup>a</sup>	+23,6 <sup>a</sup>
	P1 (15 hari)	58,0 <sup>abc</sup>	+6,6 <sup>a</sup>	+23,9 <sup>a</sup>
	P2 (30 hari)	55,6 <sup>abc</sup>	+6,0 <sup>a</sup>	+22,3 <sup>a</sup>
	P3 (45 hari)	53,9 <sup>bc</sup>	+6,8 <sup>a</sup>	+21,4 <sup>a</sup>
	P4 (60 hari)	54,1 <sup>bc</sup>	+8,1 <sup>a</sup>	+21,9 <sup>a</sup>
T2 (Trehalosa 0,15%)	P0 (0 hari)	56,4 <sup>abc</sup>	+6,3 <sup>a</sup>	+22,8 <sup>a</sup>
	P1 (15 hari)	57,9 <sup>abc</sup>	+4,4 <sup>a</sup>	+22,0 <sup>a</sup>
	P2 (30 hari)	53,9 <sup>bc</sup>	+6,2 <sup>a</sup>	+21,6 <sup>a</sup>
	P3 (45 hari)	55,6 <sup>abc</sup>	+6,8 <sup>a</sup>	+23,4 <sup>a</sup>
	P4 (60 hari)	53,7 <sup>bc</sup>	+7,7 <sup>a</sup>	+22,3 <sup>a</sup>
T3 (Trehalosa 0,2%)	P0 (0 hari)	57,8 <sup>abc</sup>	+5,3 <sup>a</sup>	+23,8 <sup>a</sup>
	P1 (15 hari)	59,0 <sup>ab</sup>	+5,3 <sup>a</sup>	+23,1 <sup>a</sup>
	P2 (30 hari)	54,5 <sup>bc</sup>	+5,5 <sup>a</sup>	+21,3 <sup>a</sup>
	P3 (45 hari)	55,4 <sup>abc</sup>	+5,3 <sup>a</sup>	+20,9 <sup>a</sup>
	P4 (60 hari)	56,0 <sup>abc</sup>	+7,2 <sup>a</sup>	+22,8 <sup>a</sup>

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p > 0,05$ )



Hasil penelitian ini hampir sama dengan hasil penelitian Phimolsiripol dkk. (2012) bahwa *crust* roti memiliki tingkat kecerahan antara 61,56-76,12 sedangkan tingkat kemerahan antara 1,62-7,73 dan tingkat kekuningan antara 14,93-28,49. Penambahan trehalosa tidak dapat mempengaruhi warna roti manis karena tidak ikut berperan dalam reaksi Maillard. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gerardo-Rodríguez dkk. (2017), bahwa trehalosa tidak akan mempengaruhi warna roti karena tidak ikut berpartisipasi pada reaksi Maillard. Proses pembekuan dapat menghilangkan kandungan air dalam adonan sehingga roti yang telah dipanggang memiliki warna yang lebih gelap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Topaloglu (2015) bahwa setelah 7 hari penyimpanan beku produk dapat meningkatkan hilangnya kandungan air dalam adonan.

### Intensitas Warna *Crumb*

Perlakuan konsentrasi trehalosa dan waktu

pembekuan yang berbeda berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap tingkat kecerahan (L) dan tingkat kemerahan (a) *crumb* roti manis namun tidak berpengaruh nyata ( $p > 0,01$ ) terhadap tingkat kekuningan (b) (Tabel 3). Nilai b *crust* roti manis lebih cenderung ke nilai positif yang berarti menunjukkan warna kekuningan.

Penambahan trehalosa tidak dapat mempengaruhi warna roti manis karena tidak ikut berperan dalam reaksi Maillard. Proses pembekuan dapat menghilangkan kandungan air dalam adonan sehingga roti yang telah dipanggang memiliki warna yang lebih gelap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Topaloglu (2015) bahwa setelah 7 hari penyimpanan beku produk dapat meningkatkan hilangnya kandungan air dalam adonan.

### Organoleptik

Tabel 3. Intensitas warna *crust* roti manis dengan penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda

Perlakuan		Intensitas warna <i>crumb</i>		
Konsentrasi trehalosa	Waktu pembekuan	L	a	b
T0 (Trehalosa 0% )	P0 (0 hari)	56,1 <sup>ab</sup>	+0 <sup>ab</sup>	+14,4 <sup>a</sup>
	P1 (15 hari)	55,2 <sup>ab</sup>	-0,4 <sup>ab</sup>	+14,8 <sup>a</sup>
	P2 (30 hari)	55,4 <sup>ab</sup>	-0,9 <sup>b</sup>	+14,3 <sup>a</sup>
	P3 (45 hari)	57,1 <sup>ab</sup>	-0,5 <sup>ab</sup>	+14,4 <sup>a</sup>
	P4 (60 hari)	57,9 <sup>ab</sup>	-0,3 <sup>ab</sup>	+15,1 <sup>a</sup>
T1 (Trehalosa 0,1% )	P0 (0 hari)	56,9 <sup>ab</sup>	-0,1 <sup>ab</sup>	+15,0 <sup>a</sup>
	P1 (15 hari)	57,0 <sup>ab</sup>	-0,5 <sup>ab</sup>	+13,0 <sup>a</sup>
	P2 (30 hari)	56,9 <sup>ab</sup>	-0,8 <sup>ab</sup>	+14,6 <sup>a</sup>
	P3 (45 hari)	57,5 <sup>ab</sup>	-0,6 <sup>ab</sup>	+13,5 <sup>a</sup>
	P4 (60 hari)	58,1 <sup>ab</sup>	-0,2 <sup>ab</sup>	+13,8 <sup>a</sup>
T2 (Trehalosa 0,15%)	P0 (0 hari)	53,0 <sup>b</sup>	+0,6 <sup>a</sup>	+14,1 <sup>a</sup>
	P1 (15 hari)	54,0 <sup>ab</sup>	-0,4 <sup>ab</sup>	+14,1 <sup>a</sup>
	P2 (30 hari)	56,6 <sup>ab</sup>	-0,9 <sup>ab</sup>	+15,4 <sup>a</sup>
	P3 (45 hari)	59,1 <sup>a</sup>	-0,5 <sup>ab</sup>	+15,9 <sup>a</sup>
	P4 (60 hari)	56,4 <sup>ab</sup>	-0,8 <sup>ab</sup>	+14,7 <sup>a</sup>
T3 (Trehalosa 0,2% )	P0 (0 hari)	57,5 <sup>ab</sup>	+0 <sup>ab</sup>	+14,8 <sup>a</sup>
	P1 (15 hari)	57,1 <sup>ab</sup>	-0,8 <sup>ab</sup>	+13,2 <sup>a</sup>
	P2 (30 hari)	54,0 <sup>ab</sup>	-0,8 <sup>ab</sup>	+13,3 <sup>a</sup>
	P3 (45 hari)	56,0 <sup>ab</sup>	-0,6 <sup>ab</sup>	+15,1 <sup>a</sup>
	P4 (60 hari)	56,6 <sup>ab</sup>	-0,2 <sup>ab</sup>	+13,1 <sup>a</sup>

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p > 0,05$ )

Perlakuan konsentrasi trehalosa dan waktu pembekuan tidak berpengaruh nyata ( $p>0,05$ ) terhadap sifat organoleptik roti manis baik dari segi rasa, aroma, tekstur dan warna (Tabel 4). Hasil analisa organoleptik terhadap rasa menunjukkan bahwa perlakuan penambahan trehalosa pada adonan beku menghasilkan roti dengan rasa agak enak atau cukup enak sampai enak (skor 4,5-5,7). Skor rasa roti manis pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Thuy & Phuong (2017), bahwa rasa roti dari adonan beku memiliki skor rasa antara 3- 4,3.

Hasil analisa organoleptik terhadap tekstur menunjukkan bahwa perlakuan penambahan trehalosa pada adonan beku menghasilkan roti dengan tekstur netral sampai agak lembut (skor 4,1-5,1). menghasilkan roti dengan aroma netral sampai agak harum (skor 4,3-5,1). Hal tersebut menandakan bahwa aroma roti manis masih diterima oleh konsumen. Hasil penelitian ini memiliki skor tekstur yang lebih tinggi dibandingkan dengan roti dari adonan beku hasil penelitian Thuy & Phuong (2017), bahwa

tekstur roti dari adonan beku memiliki skor tekstur antara 2,9-4,4. Tekstur roti manis dipengaruhi oleh banyaknya gas karbondioksida yang terbentuk saat proses fermentasi. Proses pembekuan menyebabkan menurunnya kekuatan gluten untuk menahan karbondioksida hasil fermentasi.

Hasil analisa organoleptik terhadap warna menunjukkan bahwa perlakuan penambahan trehalosa pada adonan beku menghasilkan roti dengan warna agak menarik sampai menarik (skor 4,5-5,7). Hasil pengujian organoleptik warna roti manis pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Thuy & Phuong (2017) bahwa warna roti dari adonan beku hasil penelitiannya memiliki skor tertinggi 4,7. Penambahan trehalosa tidak dapat mempengaruhi warna roti manis karena tidak ikut berperan dalam reaksi maillard. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gerardo-Rodríguez dkk. (2017), bahwa trehalosa tidak akan mempengaruhi warna roti karena tidak ikut berpartisipasi pada reaksi Maillard (Gerardo-Rodríguez dkk., 2017).

Tabel 4. Rerata skor organoleptik roti manis dengan penambahan trehalosa dan waktu pembekuan yang berbeda

%Trehalosa	Waktu pembekuan (hari)	Rasa	Aroma	Tekstur	Warna
0	0	4,8±0,21	4,5±0,47	5,0±0,21	4,5±0,07
	15	5,0±0,07	4,3±0,26	4,4±0,28	4,8±0,05
	30	5,2±0,12	4,4±0,16	4,7±0,14	4,7±0,19
	45	5,1±0,02	4,7±0,19	4,7±0,02	4,6±0,52
	60	4,5± 0,07	4,2±0,49	4,1±0,21	5,3±0,33
0,1	0	5,4±0,33	5,0±0,21	4,6±0,62	5,3±0,26
	15	5,3±0,54	5,0±0,07	5,0±0,12	5,4±0,57
	30	5,3±0,30	4,9±0,14	4,9±0,78	5,3±0,42
	45	5,7±0,35	5,0±0,05	5,1±0,76	5,3±0,21
	60	5,1±0,47	4,7±0,19	4,7±0,19	5,3±0,71
0,15	0	5,2±0,33	4,9±0,07	5,0±0,05	5,1±0,14
	15	5,2±0,16	4,7±0,02	4,7±0,02	4,8±0,33
	30	5,1±0,14	4,7±0,26	4,9±0,30	4,9±0,26
	45	4,5±0,02	4,7±0,02	5,0±0,69	4,6±0,35
	60	4,8±0,16	4,2±0,40	4,4±0,07	4,6±0,28
0,2	0	5,2±0,73	4,9±0,42	4,4±0,40	5,2±0,62
	15	5,2±0,40	4,5±0,09	4,8±0,12	5,5 ±0,30
	30	5,3±0,42	4,9±0,26	4,7±0,35	5,6±0,57
	45	5,5±0,47	5,1±0,42	4,9±0,54	5,7±0,47
	60	5,3±0,35	4,8±0,33	5,0±0,45	5,6±0,62

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi penambahan trehalosa dan waktu pembekuan berpengaruh nyata terhadap viabilitas *yeast*, rasio penyebaran, volume spesifik, volume pengembangan, daya potong, tingkat kecerahan (L) *crust*, tingkat kecerahan (L) *crumb*, dan tingkat kekuningan (b) *crumb*. Trehalosa efektif meningkatkan viabilitas *yeast* sebanyak  $108,5 \times 10^6$  CFU/g, spread ratio sebanyak 2,4 cm, volume spesifik sebanyak 1%, volume pengembangan sebanyak 1,6%, dan menurunkan daya tekan sebanyak 0,6 N. Skor organoleptik untuk rasa agak enak, aroma agak harum, tekstur agak lembut dan warna agak menarik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Pertanian Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang yang secara finansial mendukung penelitian ini melalui hibah penelitian Blockgrant Fakultas.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan terkait dengan naskah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbarian, M., Dehkordi, M. S. M., Ghasemkhani, N., Koladoozi, M., Niknam, O., & Morshedi, A. (2015). Hydrocolloids and Cryoprotectant used in Frozen Dough and Effect of Freezing on Yeast Survival and Dough Structure: A Review. *International Journal of Life Sciences*, 9(3), 1–7. <https://doi.org/10.3126/ijls.v9i3.12439>
- Ali, A., Shehzad, A., Khan, M., Shabbir, M., & Amjid, M. (2012). Yeast, its types and role in fermentation during bread making process-A. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22(3), 171–179.
- Almeida, E. L., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2013). Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 545–553. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.012>
- Badan Pusat Statistik. (2019). Ringkasan Eksekutif Pengeluaran dan Konsumsi Penduduk Indonesia. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 1(1). <https://doi.org/10.32487/jst.v1i1.19> (2015).
- Bhat, J., Afzal, S., Gull, A., Haq, R., & Safapuri, T. A. (2015). *Textural and Sensory Characteristics of Bread Made from Wheat Flour Supplemented with Water Chestnut*. 2(3), 94–97.
- Damat, D., Tain, A., Handjani, H., & Khasanah, U. (2017). *Mikroskopi dan Sifat Organoleptic Kue Kering Fungsional dari Pati Garut (Maranta arundinaceae L.) Termodifikasi*. 6(4), 185–189. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17728/jatp.266>
- Dogan, I. S., Yildiz, O., & Tasan, B. (2010). Spread and microwave oven baking test for bread making quality. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(5), 697–700.
- Feili, R. (2013). Physical and Sensory Analysis of High Fiber Bread Incorporated with Jackfruit Rind Flour. *Food Science and Technology*, 1(2), 30–36. <https://doi.org/10.13189/fst.2013.010203>
- Foods, N. (2000). Produced By a Novel Enzymatic Process. *Regulation*, 2–3.
- Gerardo-Rodríguez, J. E., Ramírez-Wong, B., Ledesma-Osuna, A. I., Medina-Rodríguez, C. L., Ortega-Ramírez, R., & Silvas-García, M. I. (2017). Management of freezing rate and trehalose concentration to improve frozen dough properties and bread quality. *Food Science and Technology*, 37(1), 59–64. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.00482>
- Halim, H., Ali, A., & Rahmayuni, R. (2015). Evaluasi Mutu Roti Manis dari Tepung Komposit (Tepung Terigu, Pati Sagu, Tepung Tempe). *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 7(2). <https://doi.org/10.17969/jtipi.v7i2.3277>
- Imami, R. H., & Sutrisno, A. (2018). Pengaruh proporsi telur dan gula serta suhu pengovenan terhadap kualitas fisik, kimia, dan organoleptik pada bolu bebas gluten dari pasta ubi kayu (*Manihot Esculenta*). *The effect of Egg and Sugar Proportion as Well as Baking Temperature on Physical, C*. 6(3), 89–99.
- Kim, Y. S., Huang, W., Du, G., Pan, Z., & Chung, O. (2008). Effects of trehalose, transglutaminase, and gum on rheological, fermentation, and baking properties of frozen dough. *Food Research International*, 41(9), 903–908. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.07.013>
- Kontogiorgos, V., Goff, H. D., & Kasapis, S. (2008). Effect of aging and ice-structuring proteins on the physical properties of frozen flour-water mixtures. *Food Hydrocolloids*, 22(6), 1135–1147. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.06.005>
- Leray, G., Oliete, B., Mezaize, S., Chevallier, S., & Lamballerie, M. De. (2010). *Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough*. 100, 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.029>
- Lerbret, A., Bordat, P., Affouard, F., Descamps, M., & Migliardo, F. (2005). How homogeneous are the trehalose, maltose, and sucrose water solutions? An

- insight from molecular dynamics simulations. *Journal of Physical Chemistry B*, 109(21), 11046–11057. <https://doi.org/10.1021/jp0468657>
- Meerts, M., Cardinaels, R., Oosterlinck, F., Courtin, C. M., & Moldenaers, P. (2017). The Impact of Water Content and Mixing Time on the Linear and Non-Linear Rheology of Wheat Flour Dough. *Food Biophysics*, 12(2), 151–163. <https://doi.org/10.1007/s11483-017-9472-9>
- Meziani, S., Jasniewski, J., Ribotta, P., Arab-Tehrany, E., Muller, J. M., Ghoul, M., & Desobry, S. (2012). Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet dough. *Journal of Food Engineering*, 109(3), 538–544. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.026>
- Momose, Y., Matsumoto, R., Maruyama, A., & Yamaoka, M. (2010). Comparative analysis of transcriptional responses to the cryoprotectants, dimethyl sulfoxide and trehalose, which confer tolerance to freeze-thaw stress in *Saccharomyces cerevisiae*. *Cryobiology*, 60(3), 245–261. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2010.01.001>
- Thuy, N. T. T. & Phuong, N. N. M. (2017). Improving of bread quality from frozen dough using ascorbic acid and  $\alpha$ -amylase. *Can Tho University Journal of Science*, 06, 121. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2017.035>
- Parwiyanti, P., Pratama, F., Wijaya, A., & Malahayati, N. (2019). Karakteristik Roti Bebas Gluten Berbahan Dasar Pati Ganyong Termodifikasi. *agriTECH*, 38(3), 337. <https://doi.org/10.22146/agritech.16946>
- Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A., & Schoenlechner, R. (2012). Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 389–395. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.001>
- Pusuma, D. A., Praptiningsih, Y., & Choiron, M. (2018). Karakteristik Roti Tawar Kaya Serat Yang Disubstitusi Menggunakan Tepung Ampas Kelapa. *Jurnal Agroteknologi*, 12(01), 29. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v12i1.7886>
- Rauf, R., & Andini, K. T. (2019). Sifat Fisik dan Penerimaan Roti Tawar dari Tepung Komposit Terigu dan Singkong dengan Variasi Lama Pencampuran Adonan. *agriTECH*, 39(2), 169. <https://doi.org/10.22146/agritech.41515>
- Rosli, N. A., Azilan, N. A., Mahyudin, N. A., Mahmud Ab Rashid, N. K., Meon, F. N. S., Ismail, Z., Chern, P. E., & Kanasan, S. (2019). Effect of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and coriander (*Coriandrum sativum* L.) on microbial quality and sensory acceptability of frozen paratha. *International Food Research Journal*, 26(3), 945–952.
- Sasano, Y., Haitani, Y., Hashida, K., Ohtsu, I., Shima, J., & Takagi, H. (2012). Simultaneous accumulation of proline and trehalose in industrial baker's yeast enhances fermentation ability in frozen dough. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 113(5), 592–595. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2011.12.018>
- Shi, K., Yu, H., & Lee, T. C. (2013). A novel approach for improving yeast viability and baking quality of frozen dough by adding biogenic ice nucleators from *Erwinia herbicola*. *Journal of Cereal Science*, 57(2), 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.11.010>
- Suryatna, B. S., & Teknik, F. (2015). Peningkatan kelembutan tekstur roti melalui fortifikasi rumput laut *Euchema Cottoni*. *Teknobuga*, 2(2), 18–25.
- Sze-Yin, S., & Lai-Hoong, C. (2013). Effects of maltodextrin and trehalose on the physical properties of chinese steamed bread made from frozen doughs. *International Food Research Journal*, 20(4), 1529–1535.
- Tenggara, S. (2017). Dengan penambahan emulsifier lesitin. *Sweet Bread Characterization from Modified Arrowroot Starch within Lecithin Addition*. September, 20–21.
- Topaloglu T. (2015). *Evaluation of Valution of the Effects of Maltodextrine and Microfluidization on the Rheological and Textural Properties of Cookie and Cookie Dough* [Thesis]. Department of Engineering. Middle East Technical University.