

# Pengaruh Fluktuasi Suhu Penyimpanan Beku terhadap Perubahan Mutu *Pre-baked* Kroisan dan Produk Akhir

## *Effects of Frozen Storage Temperature Fluctuations on the Quality Changes of Prebaked Croissant and their Final Products*

Kelvin Muhammad Akbar, Nugraha Edhi Suyatma\*, Budi Nurtama

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor

**Abstract.** Frozen pre-baked products are widely used in the bakery industry as they enhance productivity, ensure product availability, and expand distribution networks. One of the pastry products that incorporates pre-baked dough is the croissant. However, in practice, frozen storage facilities often experience temperature fluctuations, which can affect the quality of both pre-baked products and their final baked forms. Storage under unstable temperature conditions tends to cause greater product deterioration compared to storage at stable temperatures. This study aimed to compare the quality changes in pre-baked croissants (PBCr) and their final baked products due to temperature fluctuations during PBCr frozen storage. The research was conducted in a bakery industry setting (PT XYZ) by observing product characteristics after freezing (PBCr) and after baking. The observed parameters included weight, volume, and color intensity. Storage under fluctuating temperature conditions led to a significant decline in product quality ( $p < 0.05$ ) in terms of both weight and volume for both PBCr and the final baked products. Conversely, in stable frozen storage conditions, quality deterioration occurred but was not statistically significant. The weight of PBCr showed a significant reduction ranging from -5.7 to -6.5%, while the weight of the final baked products decreased by -15.2 to -18.9%. Volume analysis showed varied results, with both increases and decreases in the volume of PBCr and the final products during storage. Meanwhile, the color intensity of the final products did not show significant differences between PBCr stored under stable and fluctuating temperature conditions.

**Keywords:** croissant, frozen pre-baked, frozen storage, stable temperature, temperature fluctuations

**Abstrak.** Produk siap panggang (*pre-baked*) beku banyak digunakan dalam industri bakeri karena dapat meningkatkan produktivitas, menjaga ketersediaan produk, serta memperluas jaringan distribusi. Salah satu produk pastry yang menggunakan *pre-baked* adalah kroisan. Namun, dalam praktiknya, ruang penyimpanan beku sering mengalami fluktuasi suhu, yang dapat memengaruhi kualitas *pre-baked* dan produk akhir. Penyimpanan dalam kondisi suhu yang tidak stabil cenderung menyebabkan kerusakan produk yang lebih besar dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu stabil. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan perubahan kualitas *pre-baked* kroisan (PBCr) dan produk akhirnya akibat fluktuasi suhu selama penyimpanan beku PBCr. Penelitian dilakukan di industri bakeri (PT XYZ), yaitu dengan melakukan pengamatan setelah pembekuan (PBCr) dan setelah pemanggangan. Parameter yang diamati adalah bobot, volume, dan intensitas warna. Penyimpanan dalam kondisi suhu tidak stabil menyebabkan penurunan kualitas produk secara signifikan ( $p < 0,05$ ) dalam hal bobot dan volume, baik pada PBCr maupun produk akhir. Sebaliknya, pada penyimpanan beku dengan suhu stabil, penurunan kualitas terjadi tetapi tidak signifikan ( $p > 0.05$ ). Bobot PBCr mengalami penurunan signifikan dalam rentang -5,7 hingga -6,5%, sedangkan bobot produk akhir berkurang antara -15,2 hingga -18,9%. Analisis volume menunjukkan hasil yang beragam, dengan adanya peningkatan maupun penurunan volume PBCr dan produk akhir selama penyimpanan. Sementara itu, intensitas warna produk akhir tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara PBCr yang disimpan dalam kondisi suhu stabil maupun fluktuatif.

**Kata kunci:** kroisan, fluktuasi suhu, *pre-baked* beku, penyimpanan beku, suhu stabil

**Aplikasi Praktis:** Hasil penelitian ini memberikan informasi kepada industri bakeri khususnya yang memproduksi kroisan. Perbaikan kerusakan produk yang disebabkan fluktuasi suhu penyimpanan beku adonan pastri diketahui sehingga mampu mengurangi persentase *reject* dan memperbaiki kualitas, khususnya pada bobot, volume, dan warna produk.

## PENDAHULUAN

Bakeri merupakan jenis pangan yang cukup diminati masyarakat Indonesia. Produk ini disukai oleh berbagai kalangan karena kemudahan dalam konsumsi. Salah satu ragam dari produk bakeri adalah pastri. Perbedaan produk pastri dengan produk bakeri lainnya yaitu, pastri memiliki tekstur yang lembut, berserpih dan mudah patah (Rizka *et al.* 2018). Produk pastri yang terkenal di masyarakat Indonesia adalah jenis *puff*, danish, dan juga kroisan. Karakteristik kroisan sangat dipengaruhi atas beberapa hal, salah satunya adalah suhu selama penyimpanan adonan (Cauvain dan Young 2009).

Fluktuasi suhu selama proses penyimpanan dan distribusi dapat meningkatkan kerusakan kualitas yang fatal pada adonan roti/pastri. Kerusakan itu disebabkan oleh perubahan struktur dan pembentukan kristal es (Phimolsiripol *et al.* 2008). Penyimpanan beku adonan merupakan indikator penting terhadap kualitas produk yang terbentuk dari produksi gas CO<sub>2</sub> selama proses *proofing*. Penelitian tentang pengaruh suhu dan laju suhu penyimpanan beku telah dilakukan oleh Ban *et al.* (2016) dengan membandingkan *frozen* kroisan dalam sistem pendingin *freezer/refrigerator* dengan *adiabatic box* (kustomisasi). Penggunaan mesin pendingin *refrigerator* dan *adiabatic box* menghasilkan suhu yang lebih sesuai dengan yang diharapkan, namun tidak dapat memperoleh hasil aktual yang terjadi dalam industri bakeri yang umumnya menggunakan penyimpanan beku jenis *walk in freezer* dengan mesin rotor sebagai tenaga pendingin.

Penelitian ini dilakukan di industri bakeri untuk mengatasi permasalahan yang terjadi selama proses penyimpanan beku *pre-baked croissant*. Permasalahan tersebut di antaranya adalah fluktuasi suhu penyimpanan beku yang berpengaruh terhadap kualitas *pre-baked* dan produk setelah pemanggangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan perubahan mutu *pre-baked* kroisan (PBCr) dan produk setelah pemanggangan yang diakibatkan oleh fluktuasi suhu penyimpanan beku dalam kondisi riil yang terjadi di industri bakeri.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah bahan dasar pembuatan kroisan, antara lain tepung terigu, *butter*, gula pasir, pelembut roti, ragi padat, susu bubuk, air, dan garam, masing-masing diperoleh secara pembelian retail di supermarket. Peralatan yang digunakan untuk produksi kroisan antara lain: *mixer* (KL200, Taiwan), *laminating* mesin (Rondo Kompas, USA), *proof box* (Sinmag, China), *rotary oven* (Revent, USA), timbangan (CAS-SW, China), plastik PE, *sheetpan*.

Peralatan untuk analisis antara lain *caliper*/jangka sorong, pisau roti, benang, tali, serta *baking paper*.

### Metode

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu: (1) pembuatan PBCr; (2) penyimpanan beku dan pemanggangan; (3) analisis bobot dan volume PBCr dan produk hasil pemanggangan, serta analisis intensitas warna pada produk hasil pemanggangan. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan faktor perbedaan ruang penyimpanan PBCr yang meliputi ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif selama 5, 10, dan 15 hari masa simpan sebagai data *block*. Pembagian kelompok analisis yaitu, sampel PBCr disimpan dalam penyimpanan bersuhu stabil dan kelompok sampel PBCr lain yang disimpan dalam penyimpanan bersuhu fluktuatif selama masa simpan yang telah ditentukan. Suhu stabil dan fluktuatif ditentukan berdasarkan riwayat pengecekan suhu dalam kurun waktu minimal enam bulan terakhir. Penyimpanan beku bersuhu stabil secara umum memiliki rentang suhu optimal pada -12-(-18 °C). Masa simpan 15 hari dipilih dengan menyesuaikan standar penyimpanan PT XYZ terhadap jenis produk tersebut. Percobaan dilakukan dengan dua kali ulangan. Hasil yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan *univariate ANOVA* dengan uji lanjut Duncan pada piranti lunak *Microsoft Excel 2019* dan *SPSS Statistics 26*.

### Pembuatan *pre-baked* kroisan

Formula kroisan berupa formula baku dari PT XYZ, yaitu berupa tepung terigu (56,7%), *butter* (2,8%), pelembut/*softener* (1,7%), ragi (3,4%), gula (6,5%), susu bubuk (2,2%), air (25,6%) serta garam (1,1%). Berbagai bahan tersebut diaduk hingga membentuk adonan padat bersuhu ±19 °C (Harte 2003). Adonan kemudian dilaminasi dan dibentuk menjadi kroisan mentah (PBCr). Sampel PBCr ditata dalam empat *tray sheetpan* dan dikemas dalam plastik PE berisi masing-masing 100 butir, kemudian dua *tray* disimpan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dengan rata-rata suhu -18,8±1,7 °C dan dua *tray* lain pada ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif dengan rata-rata suhu -3,4±2,3 °C selama 15 hari.

### Penyimpanan beku dan pemanggangan

Penyimpanan beku sampel PBCr dilakukan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan fluktuatif di PT XYZ, yang sebelumnya telah ditentukan berdasarkan riwayat verifikasi harian suhu ruang penyimpanan. Suhu aktual tiap ruang penyimpanan diverifikasi setiap dua jam di tiap harinya untuk mengetahui kualitas ruang penyimpanan, sehingga ruangan dengan suhu paling stabil dan suhu paling fluktuatif dipilih untuk dijadikan ruang penyimpanan sampel PBCr.

Sampel PBCr disimpan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan bersuhu fluktuatif selama 15 hari dan dipantau suhu aktualnya menggunakan data logger (Testo 174T) yang diletakkan dalam masing-masing plastik penyimpanan. Data logger merekam suhu ruang penyimpanan setiap lima menit sekali dalam kurun waktu 15 hari untuk melihat variasi suhu aktual selama masa simpan sampel PBCr.

Pada hari ke-5, hari ke-10 dan hari ke-15, sampel PBCr dilakukan penimbangan bobot dan volume di dalam masing-masing ruang penyimpanan dengan tenggat waktu maksimal 15 menit. Selanjutnya, PBCr dipanggang untuk dianalisis produk akhir. Sampel PBCr sebelumnya dilakukan *proofing* dengan suhu 30 °C dan RH 90% selama 90 menit dan dilanjutkan pemanggangan dengan suhu 180-200 °C selama 18 menit pada oven tipe *rotary* dengan penempatan sampel yang seragam (*sheetpan* rak oven bagian tengah), hingga didapatkan produk akhir berupa kroisan matang. Kroisan matang dianalisis bobot, volume serta intensitas warnanya.

Menurut Domingues dan Dowd (2016) beberapa saran penyimpanan beku yang baik adalah dengan memastikan variabel perubahan suhu selama rantai dingin berkurang untuk meminimalkan pembentukan kristal es yang berdampak negatif terhadap kelangsungan hidup *yeast* serta kemampuan gluten menahan gas. Selain itu, disarankan untuk melakukan penyimpanan beku dalam dua tahap, tahap awal untuk menurunkan suhu inti hingga -6,7 °C untuk menghambat fermentasi *yeast*, kemudian diikuti tahap penyimpanan beku kedua hingga -17,8-(-23,3 °C) untuk penyimpanan jangka panjang.

### Analisis bobot

Bobot sampel dihitung dengan menggunakan metode Phimolsiripol *et al.* (2008), yaitu mengukur bobot PBCr dan produk akhir selama 15 hari masa simpan sampel PBCr pada ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan bersuhu fluktuatif. Sampel diukur pada hari ke-5, hari ke-10, dan hari ke-15 dengan total sebanyak 200 pcs dalam secara duplo. Hasil analisis berupa persentase selisih antara bobot sampel sebelum dan setelah dilakukan penyimpanan pada setiap rentang waktu analisis di kedua ruang penyimpanan PBCr. Bobot PBCr diukur selama masa simpan beku, sedangkan bobot produk akhir diukur setelah proses pemanggangan. Pengukuran bobot menggunakan timbangan digital 15 kg CAS-SW terkalibrasi untuk mengukur berat produk per buah. Produk disiapkan dan ditimbang dengan  $\pm 0,1$  g presisi. Analisis bobot digunakan sebagai data pembeda berat produk sebelum dan setelah dilakukan penyimpanan pada dua ruang penyimpanan dan setelah dilakukan proses pemanggangan.

### Analisis volume

Pengukuran volume dilakukan terhadap sampel PBCr dan produk akhir dengan pengembangan metode pengukuran sebagai upaya dalam kebutuhan praktikal. Analisis dilakukan secara manual dengan menggunakan jangka sorong, penggaris serta benang/tali pengukur. Dalam pengukuran volume, PBCr dan produk akhir diukur menggunakan alat bantu benang yang digunakan untuk mengukur keliling dengan batas kanan-kiri  $\pm 2$  cm dan luasan area tengah. Benang kemudian diukur sebagai satuan panjang dan dinyatakan sebagai diameter. PBCr dan produk akhir dianggap berbentuk tabung (bentuk paling mendekati), sehingga analisis menggunakan rumus volume tabung ( $V = \pi \times r^2 \times t$ ). Kroisan merupakan produk dengan bentuk dasar bulan sabit tidak beraturan karena perbedaan sisi, panjang serta *angle* produk, sehingga dikategorikan sebagai *irregular shape*. Selain itu, kroisan memiliki karakteristik berserpih yang mudah rontok jika terkena benda tumpul keras, sehingga pengembangan metode pengukuran volume ini dipilih untuk menjamin produk tidak rusak selama proses pengukuran. Selain itu, proses pengukuran ini disesuaikan dengan metode yang digunakan di PT XYZ.

### Analisis intensitas warna

Penentuan warna menggunakan alat ukur warna. Pengukuran warna dilakukan terhadap kroisan matang dengan metode penilaian intensitas warna  $L^*a^*b^*$ . Pengukuran warna  $L^*a^*b^*$  dilakukan dengan memotret produk menggunakan kamera jenis Sony Alpha a6400 yang ditempatkan dalam sebuah *photo box* dengan besaran *lux* cahaya yang di standarisasi. *Photo box* memiliki sumber cahaya dari bagian dalam *box* dan diukur besaran *lux*-nya dengan menggunakan *lux meter* dan dipastikan memiliki intensitas *lux* sebesar 380–400 untuk pengukuran yang lebih teliti. Hasil pemotretan dari kamera digital kemudian diolah dan dianalisis menggunakan bantuan perangkat lunak pengolah gambar Adobe Photoshop hingga didapatkan satuan unit warna  $L^*a^*b^*$  antar masing-masing sampel. Menurut Rabbani (2016) nilai  $L^*a^*b^*$  yang dimiliki oleh kamera digital dengan koefisien regresi yang baik terhadap nilai  $L^*a^*b^*$  pada chromameter.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

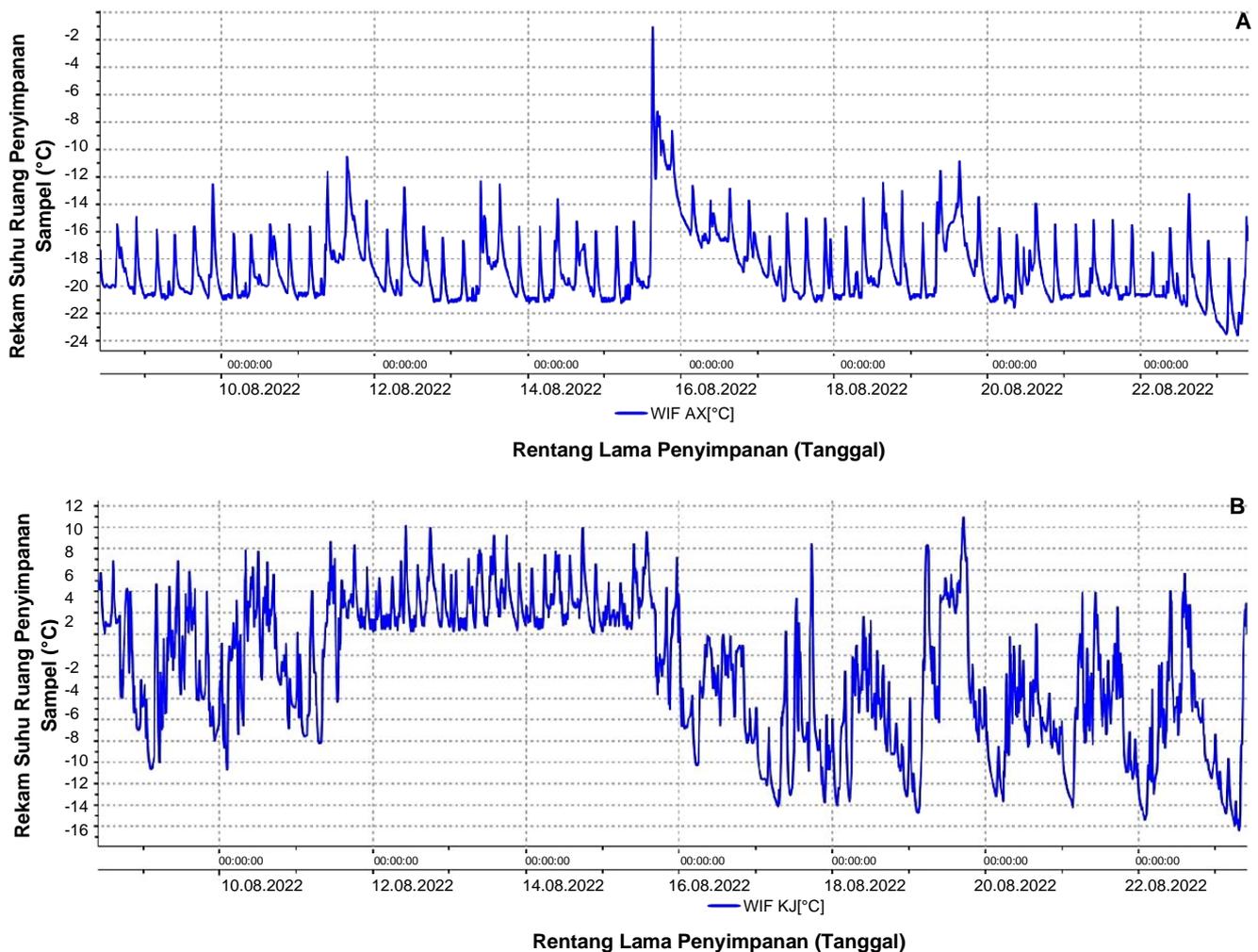
### Suhu aktual ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan bersuhu fluktuatif

Data perekaman suhu aktual penyimpanan beku bersuhu stabil dan bersuhu fluktuatif dapat dilihat di Gambar 1 yang memperlihatkan perbedaan grafik pembacaan suhu yang direkam. Data rekam ruang penyimpanan beku bersuhu stabil [A] terpantau suhu rata-rata di bawah -10 °C dengan satu kali terjadi lonjakan suhu pada hari ke-7 penyimpanan hingga

mencapai  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , namun perlahan turun kembali hingga suhu standar ( $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (Gambar 1A). Pada rekam data suhu ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif [B] peningkatan suhu terjadi sejak hari pertama penyimpanan, dan terus berlangsung hingga hari akhir penyimpanan (hari ke-15). Suhu tertinggi dalam penyimpanan beku bersuhu fluktuatif terjadi pada hari ke-11 penyimpanan, yaitu hingga  $11\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan perlahan suhu berfluktuasi hingga akhir hari penyimpanan (Gambar 1B).

Pada ruang penyimpanan beku bersuhu stabil, nilai maksimal suhu yang dapat direkam adalah suhu  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan suhu minimum penyimpanan hingga  $-23,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan rata-rata suhu selama 15 hari penyimpanan sebesar  $-18,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan pemantauan ruang penyimpanan, kenaikan suhu hingga  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  disebabkan *defrost* suhu otomatis karena diduga karyawan membuka pintu *freezer* yang terlalu lama, sehingga menimbulkan peningkatan suhu. Penyimpanan beku ini termasuk

dalam pembekuan lambat dengan kestabilan suhu berkisar antara  $-12$  hingga  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pembekuan lambat dapat lebih menekan formasi kristal es yang dapat merusak struktur protein pada produk (Yang *et al.* 2021). Yi dan Kerr (2009) menunjukkan bahwa produk *pre-baked* yang disimpan pada  $-10$  dan  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  menghasilkan tekstur keras (*firmness*) pada produk semakin menurun. *Firmness* pada produk bakeri-pastri berpengaruh terhadap laju *stalling* pada produk. *Stalling* adalah istilah yang digunakan untuk menyebutkan perubahan yang terjadi pada produk bakeri-pastri selama penyimpanan, namun bukan akibat kontaminasi mikroba (Ahlborn *et al.* 2005). Pendinginan dan penyimpanan beku memberikan dampak negatif terhadap struktur adonan dan komposisinya (Wang *et al.* 2014) yang berakibat pada menurunnya volume produk dan meningkatkan tekstur *hardness* pada produk (Meziani *et al.* 2012).



Keterangan: A= ruang penyimpanan beku bersuhu stabil; suhu minimum:  $-23,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; suhu maksimum:  $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; suhu rata-rata:  $-18,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; B= ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif; suhu minimum:  $-18,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; suhu maksimum:  $11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; suhu rata-rata:  $-3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Gambar 1.** Data rekam penyimpanan beku bersuhu stabil (A) dan bersuhu fluktuatif (B)

### Bobot *pre-baked* kroisan dan kroisan matang

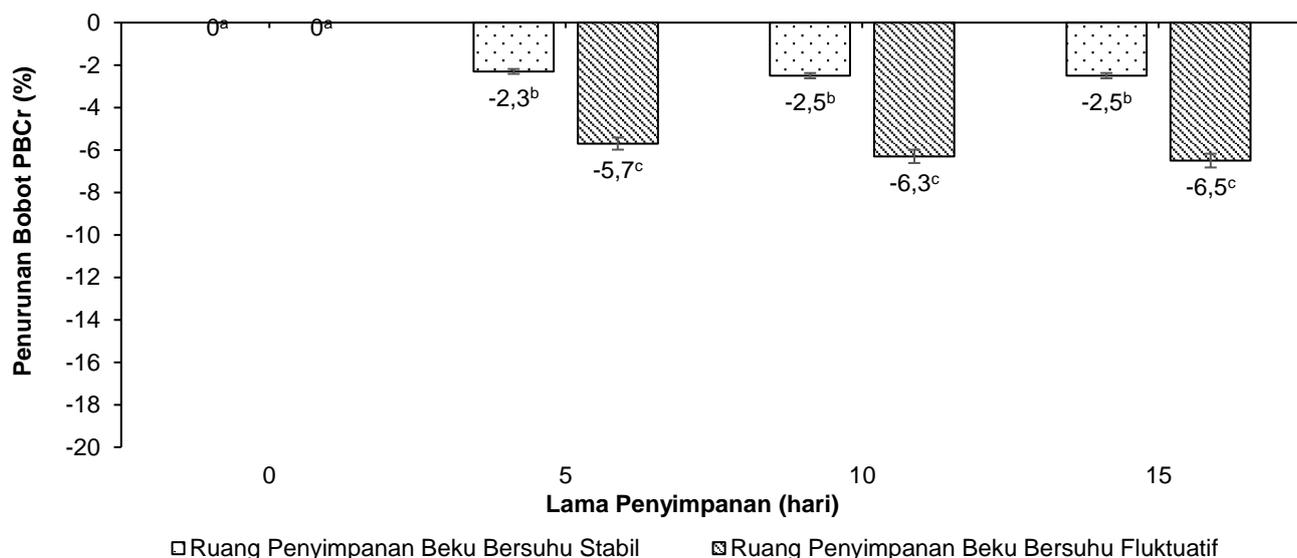
Perbedaan dua tempat penyimpanan *pre-baked* kroisan secara jelas memengaruhi bobot produk kroisan sejak berbentuk *pre-baked* kroisan (PBCr) hingga produk akhir (kroisan matang). Secara keseluruhan, sampel PBCr yang disimpan pada ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan penyimpanan beku bersuhu fluktuatif mengalami penurunan bobot seiring dengan masa simpan produk. Ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan bersuhu fluktuatif berpengaruh nyata terhadap bobot PBCr ( $p < 0,05$ ). Sampel PBCr yang disimpan pada ruang penyimpanan beku bersuhu stabil menurun sejak hari ke-5 penyimpanan, yaitu sebesar -2,3% dan relatif stabil hingga penyimpanan hari ke-15 sebesar -2,5% (Gambar 2). Pada ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif penurunan bobot PBCr lebih signifikan dibanding penyimpanan beku bersuhu stabil. Pada hari ke-5 penyimpanan, bobot secara drastis turun hingga -5,7% dan semakin menurun hingga -6,5% pada penyimpanan hari ke-15 (Gambar 2). Secara rata-rata, persentase bobot PBCr yang disimpan dalam penyimpanan beku bersuhu stabil menurun sebesar -1,8%, sedangkan dalam penyimpanan beku bersuhu fluktuatif menurun sebesar -4,6%.

Sejalan dengan hasil penelitian ini, Phimolsiripol *et al.* (2011) menunjukkan bahwa fluktuasi suhu dapat meningkatkan kehilangan bobot melalui mekanisme sublimasi yang semakin meningkat seiring dengan rentang perbedaan suhu antara kemasan dan adonan (produk *pre-baked*), namun hal tersebut tidak terjadi jika produk berada dalam rentang jarak fluktuasi suhu yang kecil. Jarak fluktuasi suhu penyimpanan sebesar 3-5 °C mampu menekan resiko susut bobot selama

penyimpanan, namun jika rentang fluktuasi suhu semakin tinggi, maka resiko susut bobot semakin membesar.

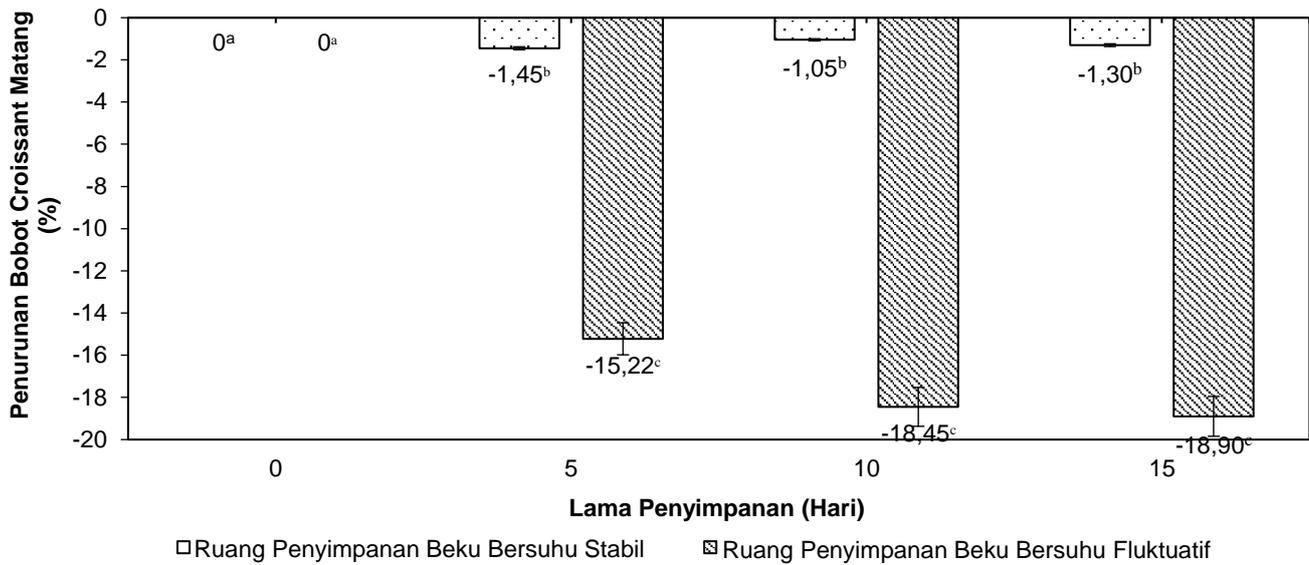
Pada Gambar 1 terlihat rata-rata suhu aktual ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif sebesar -3,4 °C dengan titik tertinggi sebesar 11 °C dan titik terendah sebesar -18,4 °C, sehingga terdapat rentang fluktuasi suhu sebesar  $\pm 29$  °C, rentang fluktuasi suhu selama masa simpan ini yang berpengaruh terhadap susut bobot PBCr. Penurunan bobot secara konsisten terjadi berdasarkan lama waktu penyimpanan dan kondisi kestabilan suhu ruang penyimpanan, semakin lama masa simpan PBCr dan semakin besar rentang fluktuasi suhu yang terjadi, maka penurunan bobot *pre-baked* semakin membesar.

Perbandingan bobot antara hasil panggang PBCr dengan standar bobot batas atas produk panggang di PT XYZ (65 g) menunjukkan bahwa terjadi penurunan bobot kroisan matang yang sejalan dengan penurunan bobot PBCr. Sampel PBCr yang disimpan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif berpengaruh positif pada penurunan bobot produk akhir. Penurunan bobot kroisan matang secara signifikan terjadi sejak hari ke-5 pada sampel PBCr yang disimpan di ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif, yaitu menurun sebesar -15,2% dan semakin menurun hingga -18,9% pada penyimpanan hari ke-15 (Gambar 3). Produk kroisan matang dengan sampel PBCr yang disimpan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu stabil, dimana terjadi penurunan namun tidak signifikan jika dibandingkan dengan sampel PBCr yang disimpan di ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif.



Keterangan: Huruf yang sama pada grafik yang berbeda menunjukkan tidak berbeda signifikan pada  $\alpha = 0,05$

**Gambar 2.** Penurunan bobot *pre-baked* croissant (PBCr) pada penyimpanan beku bersuhu stabil dan penyimpanan beku bersuhu fluktuatif



Keterangan: Huruf yang sama pada grafik yang berbeda menunjukkan tidak berbeda signifikan pada  $\alpha=0,05$

**Gambar 3.** Penurunan bobot croissant matang terhadap sampel PBCr yang disimpan pada penyimpanan beku bersuhu stabil dan penyimpanan beku bersuhu fluktuatif

Majzoobi *et al.* (2011) menunjukkan bahwa terjadi penurunan bobot produk akhir (*yeast based product*) sebesar  $-21,3 \pm 0,1\%$  terhadap produk yang disimpan beku. Kehilangan bobot dikaitkan dengan penurunan kapasitas retensi air dalam komponen molekul produk serta peningkatan jumlah molekul air bebas yang berubah menjadi kristal es dan semakin meningkat seiring dengan fluktuasi suhu pada ruang penyimpanan.

**Volume pre-baked kroisan dan kroisan matang**

Analisis terhadap volume PBCr yang disimpan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan bersuhu fluktuatif secara umum menunjukkan penurunan luasan volume dan berkorelasi positif terhadap volume kroisan matang. Pada penyimpanan beku bersuhu stabil, sampel PBCr sedikit mengalami kenaikan volume pada hari ke-5 penyimpanan, yaitu sebesar 0,2%, kemudian menurun pada hari ke-10 penyimpanan sebesar -1,0% dan relatif meningkat pada hari ke-15 sebesar -0,8% (Gambar 4). Kenaikan dan penurunan volume terjadi karena pada awal masa simpan penyimpanan beku suhu stabil, PBCr tersublimasi secara normal sehingga menyebabkan kenaikan volume, namun seiring berjalannya masa simpan, PBCr mengalami penurunan volume dengan potensi terjadinya *defrost* suhu penyimpanan serta kelalaian karyawan dalam membuka pintu *freezer* yang terlalu lama di sekitar hari ke-11 penyimpanan.

Sampel PBCr yang disimpan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif, yaitu pada hari ke-5 terjadi peningkatan volume sebesar 1,2%. Hal tersebut disebabkan peningkatan suhu yang cukup tinggi yaitu hingga  $\pm 9^\circ\text{C}$  yang menyebabkan ruang penyimpanan menjadi lembap. Sampel PBCr kemudian menyerap air lebih banyak dari ruang penyimpanan yang lembap

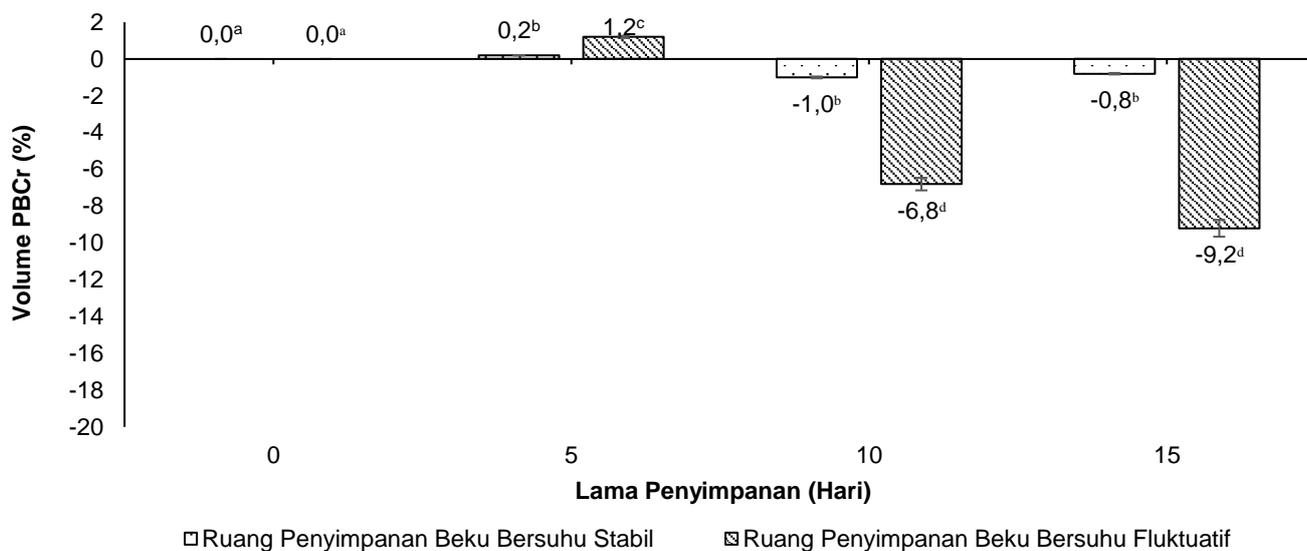
sehingga relatif mengembang meskipun disimpan dalam penyimpanan beku. Sampel PBCr yang disimpan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif menurun sebesar -6,8% pada hari ke-10 dan semakin menurun pada hari ke-15 sebesar -9,23% (Gambar 4), penurunan volume tersebut dipengaruhi oleh produksi gas  $\text{CO}_2$  yang tidak stabil pada sampel PBCr. Menurut Phimolsiripol *et al.* (2008) dijelaskan bahwa produksi  $\text{CO}_2$  dari produk merupakan parameter kunci terhadap kualitas *pre-baked* dan *baked* produk, namun seiring dengan penyimpanan produk di ruang penyimpanan beku, secara kumulatif produksi  $\text{CO}_2$  pada produk semakin menurun hingga 7% jika dibandingkan dengan produk fresh (tanpa simpan beku).

Analisis terhadap volume kroisan matang menunjukkan bahwa kedua ruang penyimpanan beku (stabil dan fluktuatif) berkorelasi positif atas penurunan volume produk. Produk kroisan matang dengan sampel PBCr yang disimpan dalam penyimpanan beku bersuhu stabil mengalami penurunan volume sejak hari ke-5 penyimpanan, yaitu sebesar -0,8% dan semakin menurun hingga didapatkan besaran penurunan volume akhir sebesar -2,4% pada hari ke-15 penyimpanan. Meskipun terjadi penurunan volume, nilai volume tersebut masih sesuai dengan standar volume produk kroisan matang PT XYZ. Pada sampel PBCr yang disimpan dalam penyimpanan beku bersuhu fluktuatif, terlihat bahwa efek penurunan volume sangat signifikan sejak hari ke-5 penyimpanan, yaitu volume kroisan matang turun sebesar -7,2 hingga -16,9% pada hari ke-15 (Gambar 5). Perbedaan signifikan tersebut didasari atas kenaikan rentang fluktuasi suhu yang sangat besar selama masa simpan sampel PBCr di penyimpanan beku bersuhu fluktuatif, yaitu hingga  $\pm 29^\circ\text{C}$  yang memicu penurunan performa gas *retention* pada

sampel PBCr dan berkorelasi positif pada produk kroisan matang. Ban *et al.* (2016) menyatakan bahwa sampel PBCr yang disimpan pada minimal suhu  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  menghasilkan produk yang mirip dengan produk tanpa pembekuan (*fresh*), sedangkan sampel PBCr dengan suhu yang lebih beku ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) menghasilkan produk dengan volume yang lebih kecil.

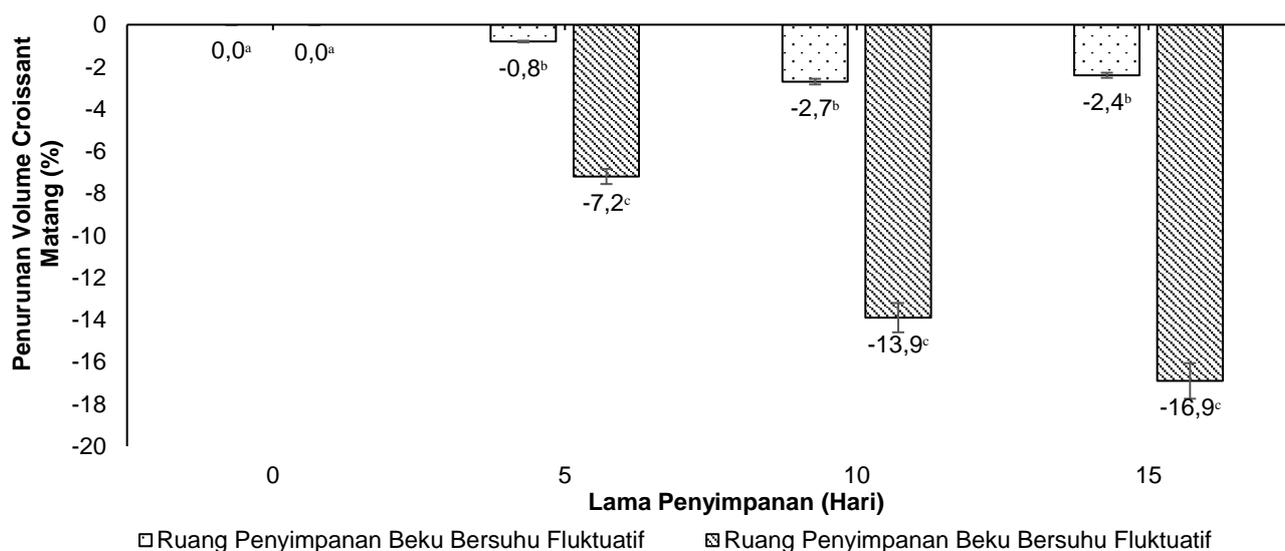
Ketidakstabilan suhu penyimpanan menyebabkan suhu ruang menjadi lebih lembap dan memicu produksi gas  $\text{CO}_2$  pada produk *pre-baked* kroisan. Produk pastri yang menggunakan ragi dalam proses pembuatannya terbantu kenaikan volume produk (produk mengembang) dengan mekanisme pembentukan gas  $\text{CO}_2$  dari ragi itu sendiri. Umumnya produk mengem-

bang pada proses *proofing* dengan waktu dan kondisi suhu yang telah disesuaikan. Berkaitan dengan hal tersebut, produksi gas  $\text{CO}_2$  yang telah dimulai sejak masa simpan produk beku, menghasilkan produk *over proofed* dan membuat retensi produk terhadap gas semakin menurun ketika proses pemanggangan, sehingga menghasilkan volume produk akhir yang semakin kecil. Hasil analisis tersebut sesuai yang dilaporkan oleh Le-Bail dan Gabric (2020) bahwa setidaknya terdapat dua hal utama yang berpengaruh pada penurunan volume *baked* produk, yaitu: 1) penurunan aktivitas fermentasi *yeast*; dan 2) penurunan performa gas *retention* pada produk *pre-baked*.



Keterangan: Huruf yang sama pada grafik yang berbeda menunjukkan tidak berbeda signifikan pada  $\alpha = 0,05$

**Gambar 4.** Volume *pre-baked* croissant (PBCr) pada penyimpanan beku bersuhu stabil dan penyimpanan beku bersuhu fluktuatif



Keterangan: Huruf yang sama pada grafik yang berbeda menunjukkan tidak berbeda signifikan pada  $\alpha = 0,05$

**Gambar 5.** Volume croissant matang terhadap sampel PBCr yang disimpan pada penyimpanan beku bersuhu stabil dan penyimpanan beku bersuhu fluktuatif

**Intensitas warna kroisan matang**

Analisis warna ( $L^*a^*b^*$ ) menunjukkan hasil yang tidak signifikan ( $p>0,05$ ) terhadap produk kroisan matang dengan penyimpanan PBCr di ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan bersuhu fluktuatif. Nilai  $L^*$  yang menunjukkan sebaran rentang warna hitam (0) dan warna putih (100) diperoleh rata-rata nilai sebesar  $57,47\pm 0,89$  pada ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan  $57,12\pm 0,69$  pada ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif. Hal tersebut menunjukkan warna cerah normal produk kroisan dan tidak terdapat perbedaan signifikan antar ruang penyimpanan. Sebagai contoh, Juwitasari (2016) menyatakan bahwa produk kukis tanpa pewarna menghasilkan nilai  $L^*=0$  atau dapat dikatakan kukis tersebut berwarna hitam (gosong), sehingga warna cerah normal setidaknya berada pada nilai  $>50$ .

Titik warna  $a^*$  yang mendeskripsikan rentang warna hijau (negatif  $a^*$ ) dan warna cerah (positif  $a^*$ ) menunjukkan nilai rata-rata sebesar  $15,31\pm 0,26$  pada ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan  $15,37\pm 0,24$  pada ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif. Pada titik warna  $b^*$ , diperoleh hasil sebesar  $32,57\pm 0,32$  pada ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan  $32,33\pm 0,45$  pada ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif. Hal tersebut sesuai dengan Slavica *et al.* (2007) yang menyimpulkan bahwa rentang produk tiap penyimpanan yang berkisar pada positif  $b^*$  menunjukkan warna produk normal atas kualitas nilai  $b^*$  pada produk, yaitu berwarna kuning-keemasan.

Tabel 1 menunjukkan bahwa analisis indeks warna  $\Delta E$  memperlihatkan hasil yang kecil, sehingga mengindikasikan jarak perbedaan sangat minim dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara produk kroisan matang dengan PBCr yang disimpan dalam penyimpanan stabil, maupun dalam penyimpanan fluktuatif. Sebaran warna pada  $\Delta E$  menunjukkan nilai  $L^* CrM$  berwarna terang, nilai  $a^*$  yang menandakan produk cerah, serta nilai Hue yang diwakili  $a^*$  positif lebih menguning.

Selama proses pemanggangan, PBCr mengalami perubahan fisik maupun biokimia yang disebabkan tekanan panas yang merubah produk dari bentuk adonan (*pre-baked*) menjadi bentuk produk jadi (*baked product*). Perubahan warna dan karakteristik dari *pre-baked* kroisan menjadi kroisan matang secara umum terjadi pada *crust* (permukaan produk) serta *crumb* (bagian dalam produk). *Crust* menunjukkan warna

kecoklatan pada bagian permukaan produk, sedangkan *crumb* yang merupakan bagian dalam produk menunjukkan warna putih, berstruktur rongga dan berada dibawah *crust*. *Crust* sangat dipengaruhi oleh reaksi Maillard dan karamelisasi selama proses pemanggangan yang memberikan fungsi penting pada karakteristik produk akhir (Zhao dan Kweon 2021). Reaksi Maillard pada produk kroisan dipengaruhi gula pereduksi yang terkandung didalam produk dan dipengaruhi pula oleh waktu serta suhu proses pemanggangan produk. Intensitas nilai  $L^*a^*b^*$  pada kroisan matang ditemukan tidak berbeda signifikan antara sampel PBCr yang disimpan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan bersuhu fluktuatif. Hal tersebut membuktikan bahwa tidak terdapat korelasi perbedaan warna produk kroisan matang antara *pre-baked* yang disimpan dalam penyimpanan beku bersuhu stabil dan *pre-baked* yang disimpan dalam penyimpanan beku bersuhu fluktuatif. Tidak adanya perbedaan warna diduga berkaitan dengan bahan baku yang digunakan dan alur proses pengolahan produk yang tidak berbeda.

**KESIMPULAN**

*Pre-baked* kroisan (PBCr) yang disimpan pada ruang penyimpanan beku bersuhu stabil dan penyimpanan beku bersuhu fluktuatif menghasilkan karakteristik PBCr dan produk akhir yang berbeda mutu bobot dan volumenya, sedangkan mutu warna tidak ditemukan perbedaan. Pengaruh terhadap mutu PBCr dan produk akhir sangat terlihat terutama terhadap PBCr yang disimpan dalam penyimpanan beku bersuhu fluktuatif. Bobot dan volume semakin menurun seiring dengan lamanya waktu penyimpanan PBCr, terutama pada penyimpanan beku bersuhu fluktuatif. Produk PBCr yang disimpan dalam ruang penyimpanan beku bersuhu fluktuatif menghasilkan produk kroisan matang dengan volume yang lebih kecil dan bobot yang lebih ringan namun warna produknya masih sesuai dengan standar. Isu fluktuasi suhu tidak hanya terjadi di PT XYZ, melainkan dapat terjadi pada industri bakeri lain, dan tidak hanya terjadi terhadap produk kroisan melainkan produk bakeri lainnya, sehingga strategi penyimpanan *pre-baked* ini tidak hanya dapat diaplikasikan di PT XYZ, namun dapat juga diaplikasikan pada industri serupa lainnya.

**Tabel 1.** Nilai  $\Delta E$  intensitas warna  $L^*a^*b^*$  produk croissant matang

Analisis	Hari ke-5		Hari ke-10		Hari ke-15	
	Stabil	Fluktuatif	Stabil	Fluktuatif	Stabil	Fluktuatif
$L^*$	56,85	56,80	57,90	57,50	57,45	57,55
$a^*$	15,40	15,35	15,35	15,50	15,55	15,25
$b^*$	32,80	32,80	32,50	32,00	32,35	32,45
Color difference ( $\Delta E$ )	0,97	0,72	0,47	0,86	0,72	0,98

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahlborn GJ, Pike OA, Hendrix SB, Hess WM, Huber CS. 2005. Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chem.* 82 (3): 328–335. doi:10.1094/CC-82-0328
- Ban C, Yoon S, Han J, Kim SO, Han JS, Lim S, Choi YJ. 2016. Effects of freezing rate and terminal freezing temperature on frozen croissant dough quality. *LWT-Food Sci Technol.* 73: 219–225. doi:10.1016/j.lwt.2016.05.045
- Cauvain, Stanley P, Young LS. 2009. *Pastries. More Baking Problems Solved.* United Kingdom: Woodhead Publishing. doi:10.1533/9781845697204.169
- Domingues D, Dowd C. 2016. Frozen dough. *Reference Module in Food Science.* 2016: 3-4. doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.00155-4
- Harte JB. 2003. Pastry Products : Types And Production. Benjamin C, editor. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition.* Maryland: Academic Press. hlm 4407–4412. doi:10.1016/B0-12-227055-X/00893-2
- Juwitasari MM. 2016. Pengukuran perubahan warna pada pencoklatan kukis selama pemanggangan dengan kamera digital [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Le-Bail A, Gabric D. 2020. Improving the quality of bread made from partially baked, refrigerated and frozen dough. *Breadmaking (Third Edition).* United Kingdom: Woodhead Publishing. doi:10.1016/B978-0-08-102519-2.00021-9
- Majzoobi M, Farahnaky A, Agah SH. 2011. Properties and shelf-life of part-and full-baked flat bread (barbari) at ambient and frozen storage. *J Agr Sci Tech.* 13: 1077–1090.
- Meziani S, Kaci M, Jacquot M, Jasniewski J, Ribotta P, Muller JM, Ghou M, Desobry S. 2012. Effect of freezing treatments and yeast amount on sensory and physical properties of sweet bakery products. *J Food Eng.* 111 (2): 336–342. doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.02.015
- Phimolsiripol Y, Siripatrawan U, Cleland DJ. 2011. Weight loss of frozen bread dough under isothermal and fluctuating temperature storage conditions. *J Food Eng.* 106 (2): 134–143. doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.04.020
- Phimolsiripol Y, Siripatrawan U, Tulyathan V, Cleland DJ. 2008. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. *J Food Eng.* 84 (1): 48–56. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.04.016
- Rabbani NS. 2016. Pendayagunaan kamera digital dan HP pintar (HP-P) untuk pengukuran warna pepaya dan pisang selama pematangan [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rizka Sk, Purnamadewi YL, Hasanah N. 2018. Produk roti dalam pola konsumsi pangan dan keberadaan label halal dalam keputusan konsumsi masyarakat (Kasus: Kota Bogor). *Al-Muzara'ah.* 6 (1): 15–27. doi:10.29244/jam.6.1.15-27
- Slavica G, Božana O, Dragana P. 2007. Application of sensory evaluation in the croissant quality assurance. Di dalam: Novi S, editor. Conference: I International Congress Food Technology, Quality and Safety, XVI Symposium Cereal-Bread and Confectionery Products; 2007 Nov 13-15; Serbia. I International Congress Food Technology, Quality and Safety. Vol 1. Hlm 61-68. doi:10.13140/2.1.4161.3606
- Wang P, Xu L, Nikoo M, Ocen D, Wu F, Yang N, Jin Z, Xu X. 2014. Effect of frozen storage on the conformational, thermal and microscopic properties of gluten: comparative studies on gluten-, glutenin- and gliadin-rich fractions. *Food Hydrocolloids.* 35: 238–46. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.05.015
- Yang J, Zhang B, Zhang Y, Rasheed M, Gu S, Guo B. 2021. Effect of freezing rate and frozen storage on the rheological properties and protein structure of non-fermented doughs. *J Food Eng.* 293 (February 2020): 110377. doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110377
- Yi J, Kerr WL. 2009. Combined effects of dough freezing and storage conditions on bread quality factors. *J Food Eng.* 93 (4): 495–501. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.02.018
- Zhao Y, Kweon M. 2021. Formula optimization of ready-to-proof and ready-to-bake frozen dough of sweet bread using response surface methodology. *LWT.* 139 (November 2020): 110581. doi:10.1016/j.lwt.2020.110581