

PENGARUH SUHU DAN LAMA PEMBEKUAN TERHADAP KUALITAS NASI SORGUM INSTAN

Effect of Freezing Temperature and Duration on Quality of Instant Sorghum

Hesti Ramdayani, Erni Sofia Murtini*

¹Jurusan Teknologi Hasil Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jl. Veteran – Malang 65145

*Penulis Korespondensi, email: erni.murtini@ub.ac.id

Disubmit : 19 Januari 2022

Direvisi : 12 April 2022

Diterima : 26 April 2022

ABSTRAK

Biji sorgum berpotensi untuk menggantikan beras sebagai makanan pokok karena kemiripan kandungan nutrisinya. Namun, diperlukan waktu yang cukup lama untuk memasak biji sorgum. Nasi sorgum instan dikembangkan untuk mempercepat penyajian dan juga untuk memperpanjang umur simpan. Suhu dan waktu pembekuan merupakan tahapan penting dalam proses instanisasi nasi sorgum. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama pembekuan terhadap karakteristik nasi sorgum instan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak kelompok faktorial. Faktor pertama menggunakan suhu pembekuan -4, -12, dan -20 °C dan faktor kedua lama pembekuan yaitu 12, 18, dan 24 jam. Suhu dan lama pembekuan berpengaruh nyata terhadap karakteristik kimia dan fisik nasi sorgum instan yaitu diperoleh. Perlakuan terbaik didapatkan pada produk dengan suhu pembekuan -20 °C dan lama pembekuan 24 jam. Karakteristik produk nasi sorgum instan terbaik yaitu kadar air 61,62%, kadar abu 0,18%, kadar protein 5,40%, kadar lemak 2,27%, kadar karbohidrat 30,53%, waktu rehidrasi 4,18 menit, daya serap air 157,28%, rendemen 95,33%, hardness 77,2 g, densitas kamba 0,48 g/ml, nilai kecerahan (L*) 43,13, kemerahan (a*) 2,33, dan kekuningan (b*) 8,43

Kata kunci : Nasi Sorgum Instan; Pembekuan; Suhu; Waktu

ABSTRACT

Sorghum grain has the potential to substitute rice as a staple food due to the similarity of their nutritional composition. However, the cooking time of sorghum grain is quite long. Instant sorghum is developed to shorten cooking time and to extend shelf life. The freezing temperature and duration are critical stages in the manufacture of instant sorghum. The study aimed to observe the effect of freezing temperature and duration on the characteristics of instant sorghum. The study followed the Randomized block design (RBD), two factors: freezing temperatures (-4, -12, and -20 °C) and freezing durations (12, 18, and 24 h). Freezing temperature and time significantly affected the chemical and physical characteristics of instant sorghum. The freezing temperature of -20 °C and freezing duration of 24 h made up the best treatment. The best instant sorghum contained moisture 61.62%, ash 0.18%, protein 5.40%, fat 2.27%, carbohydrate 30.53%. It had rehydration time 4.18 min, water absorption 157.28%, yield 95.33%, hardness 77.2 g, bulk density 0.48 g/ml, brightness value (L*) 43.13, redness (a*) 2.33, and yellowness (b*) 8.43

Keywords: *Duration; Freezing; Instant Sorghum; Temperature*

PENDAHULUAN

Komposisi nutrisi sorgum yang hampir sama dengan beras menjadikan sorgum berpotensi untuk diolah menjadi nasi sebagai alternatif makanan pokok masyarakat Indonesia. Pada umumnya menanak sorgum membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan menanak nasi dari beras dan tekstur nasi sorgum yang dihasilkan cenderung lebih padat (Taylor dan Duodu, 2018). Dibutuhkan pengembangan produk instan untuk mempercepat proses pemasakan nasi sorgum. Nasi instan merupakan produk pangan dengan persiapan masak cepat karena hanya membutuhkan waktu rehidrasi 3-5 menit. Keunggulan lain dari nasi instan yaitu memiliki umur simpan yang lebih lama dan mudah untuk dibawa (Sripinyowanich dan Noomhorm, 2013).

Proses pengolahan nasi sorgum instan meliputi perendaman, pencucian, pemasakan, pembekuan, proses *thawing*, dan pengeringan. Beberapa tahapan proses pengolahan tersebut dapat mempengaruhi kualitas nasi sorgum instan (Widowati *et al.*, 2010). Metode pembekuan dapat membantu instanisasi nasi instan dengan meningkatkan porositas, sehingga dapat mempercepat waktu rehidrasi (Widowati *et al.*, 2010). Berdasarkan penelitian sebelumnya metode pembekuan lambat dapat menghasilkan karakteristik nasi instan yang lebih baik dibandingkan dengan metode pembekuan cepat (Rhim *et al.*, 2011). Suhu dan lama pembekuan merupakan faktor yang dapat mempengaruhi instanisasi nasi sorgum instan. Hal ini berkaitan dengan karakteristik kristal es yang terbentuk pada granula pati. Proses pembekuan dapat meningkatkan ekspansi molekul pati melalui ikatan hidrogen (Sasmitaloka *et al.* (2020). Dengan demikian struktur granula pati akan lebih porous dan terbuka. Pembentukan porositas pada granula pati akan membantu instanisasi nasi sorgum instan melalui gelatinisasi kembali saat rehidrasi. Menurut Le dan Jittanit (2015), adanya *pretreatment* pembekuan dapat membantu meningkatkan porositas struktur nasi instan, sehingga dapat mempercepat proses pengeringan dan rehidrasi. Pembekuan nasi instan juga

dapat menghasilkan pati resiten. Berdasarkan penelitian Millati dan Nurhayati (2020), ditemukan bahwa beras *parboiled* memiliki pati resiten yang lebih tinggi dibanding beras putih karena adanya proses pembekuan. Pembentukan pati resiten selama pembekuan dipengaruhi oleh proses retrogradasi pati, dimana molekul amilosa saling berikatan kembali membentuk struktur yang lebih kuat (Kapelko *et al.*, 2012). Pati resiten memiliki manfaat yang baik bagi penderita diabetes melitus karena sifatnya yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim amilase, namun dapat difermentasi dalam usus besar, sehingga berpengaruh pada indeks glikemik yang rendah (Palupi dan Nafilah, 2021). Kriteria nasi sorgum instan yang baik diantaranya harus dapat disajikan dengan cepat dan dengan cara penyajian yang sederhana. Karakteristik baik tekstur, aroma, dan rasa dari nasi sorgum instan harus sama seperti nasi sorgum tanpa proses instanisasi (Widowati *et al.*, 2010). Menurut Sasmitaloka *et al.* (2020), suhu dan lama pembekuan menjadi salah satu tahapan kritis yang dapat mempengaruhi karakteristik akhir nasi instan. Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh bahwa pada nasi instan dari beras Inpari 32 dan IR 42 dengan semakin lama pembekuan dan suhu yang semakin rendah menghasilkan waktu rehidrasi yang semakin singkat serta semakin lama pembekuan dapat meningkatkan daya serap air nasi instan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama pembekuan serta interaksi dari kedua perlakuan terhadap karakteristik fisik berupa waktu rehidrasi, daya serap air, rendemen, kekerasan (*hardness*), densitas kamba, kecerahan (L^*), kemerahan (a^*), dan kekuningan (b^*), dan karakteristik kimia berupa kadar air, pati dan amilosa, serta organoleptik berupa parameter warna, kenampakan, rasa, tekstur, dan *overall liking* dari nasi sorgum instan.

METODE

Bahan yang digunakan untuk pembuatan nasi sorgum instan terdiri dari sorgum varietas Numbu (Roemah Sorgum),

aquades, Na₂HPO₄ (merck), dan air. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis kimia terdiri dari aquades, HCl (smartLab), NaOH (smartLab), NaOH (merck) reagen nelson somogyi (smartLab), reagen arsenomolibdat (smartLab), etanol, CH₃COOH (smartLab), Iodine (smartLab), Kalium Iodida (smartLab), amilosa murni, tablet Kjedadhl, H₂SO₄ pekat (smartLab), asam borat (smartLab), indikator Kjedadhl (metil merah), petroleum eter.

Alat yang digunakan dalam penelitian terdiri dari termometer digital (HT-5), freezer (*Standing freezer*/Maspion USF-200/daya 108 Watt/dimensi 535 × 586 × 1450 mm), oven (Cosmos CO-9919 R/kapasitas 19 L/ daya 700 Watt/ dimensi 45 × 34,5 × 34,5 cm), pipet tetes, corong kaca, dan labu ukur, timbangan digital (i2000). Alat-alat yang digunakan untuk analisis fisik dan kimia terdiri dari color reader, texture analyzer (TexturePro CT V1.4 Build 17, Brookfield Engineering Labs, Inc.) timbangan analitik (Denver instrumen), oven listrik (Mempert UN 55), kompor listrik (Maspion), tanur (Thermolyne F6010), lemari asam (Diamond Tempered), shaker (Heidolph un.), pompa vakum (LW Scientific, Inc.), pendingin balik (Royal Beinforced RED), Spektrofotometer (Shimadzu uv 1700), alat soxhlet (Gerhardt), desikator (BUCHI), dan *glassware* pendukung.

Tahap penelitian dimulai dengan melakukan analisis fisik meliputi waktu rehidrasi, daya serap air, rendemen, kekerasan (*hardness*), densitas kamba, kecerahan (L*), kemerahan (a*), dan kekuningan (b*). Setelah itu, dilakukan analisis kimia meliputi kadar air (AOAC 2005), kadar pati (AOAC 2005), dan kadar amilosa (AOAC 2005). Analisis terakhir berupa organoleptik menggunakan 40 panelis tidak terlatih dengan 5 parameter berupa warna, kenampakan, rasa, tekstur, dan *overall liking*.

Penelitian dilakukan menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan 2 perlakuan yaitu suhu pembekuan dengan tiga level berbeda yaitu -4, -12, dan -20 °C dan lama pembekuan dengan tiga level berbeda yaitu 12, 18, dan 24 jam. Data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan

selang kepercayaan 95%. Apabila terdapat pengaruh yang signifikan pada kedua faktor akan dilakukan uji lanjut dengan uji BNT atau DMRT dengan selang kepercayaan 95%. Data pengamatan organoleptik dianalisis secara statistik menggunakan uji *Hedonic Scale Scoring* dan dilanjutkan dengan analisis menggunakan uji *Friedman*. Pemilihan perlakuan terbaik menggunakan metode *Multiple Atribut* berdasarkan hasil analisis fisik, kimia, dan organoleptik.

Pembuatan Nasi Sorgum Instan (Modifikasi Widowati *et al.*, 2010)

Sorgum varietas numbu yang sudah disosoh direndam dalam larutan perendam Na₂HPO₄ 0,2% dengan perbandingan sorgum dan larutan perendam 1:3 selama 2 jam. Selanjutnya dicuci menggunakan air mengalir. Setelah dicuci, sorgum ditanak menggunakan metode aron kukus, terlebih dahulu beras sorgum direbus dengan perbandingan beras dan air 1:3 sambil diaduk sampai air terserap, lalu dikukus selama 45 ± 2 menit. Nasi sorgum yang baru dimasak didinginkan pada suhu 28-30 °C selama 30 ± 1,5 menit. Selanjutnya dibekukan dalam freezer dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan yaitu pada suhu -4, -12, dan -20 °C selama 12, 18, dan 24 jam. Nasi sorgum yang sudah beku, dithawing pada suhu 28 -30 °C selama 30-40 menit sampai butiran nasi terurai semua, lalu dikeringkan menggunakan oven listrik pada suhu 100 °C selama 2 jam.

Kadar Pati (AOAC, 2005)

Sampel berupa nasi sorgum instan yang telah dihaluskan sebanyak 2-5 g ditimbang dalam erlenmeyer 250 ml dan ditambah aquades 50 ml, lalu diaduk menggunakan shaker selama 1 jam. Suspensi disaring dan dicuci sampai volume 250 ml. Residu dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan 200 ml aquades dan 20 ml HCl 25%. Larutan dipanaskan selama 2,5 jam. Larutan didinginkan dan dinetralkan dengan 15 ml NaOH 45%. Larutan diencerkan volume 500 ml dan disaring. Filtrat sebanyak 1 ml dimasukkan dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda batas. Sebanyak 1 ml filtrate dimasukkan dalam

tabung reaksi dan tabung reaksi yang lain diisi 1 ml aquades sebagai larutan blanko. Masing-masing tabung reaksi ditambahkan 1 ml reagen nelson somogyi dan dipanaskan sampai mendidih ± 20 menit. Larutan didinginkan ± 25 menit, selanjutnya ditambahkan 1 ml reagen arsenomolibdat dan dihomogenkan hingga larut. Larutan ditambahkan 7 ml aquades dan dihomogenkan, selanjutnya diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer pada λ 540 nm. Pengukuran kadar pati menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Kadar pati (\%)} = \frac{FP \times \text{konsentrasi (x)} \times \text{volume filtrat} \times 0,9}{\text{berat sampel (mg)}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- FP = Faktor pengenceran
- Volume filtrate = Volume larutan hasil penyaringan (ml)
- 0,9 = Kadar pati dalam bahan
- Berat sampel = berat sampel berupa nasi sorgum instan yang telah dihaluskan (mg)

Waktu Rehidrasi (Yu et al., 2011)

Sampel berupa nasi sorgum instan yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam air panas, perbandingan air panas dan sampel 1:3. Selanjutnya apabila butiran nasi telah terhidrasi sempurna yang ditandai dengan tidak adanya spot putih pada bagian tengah nasi, maka dapat ditentukan waktu rehidrasinya.

Daya Serap Air (Butt et al., 2008)

Sejumlah sampel berupa nasi sorgum instan yang telah dihaluskan ditimbang kemudian direndam dalam air panas selama waktu rehidrasi sampel tersebut. Selanjutnya diangkat dan ditiriskan. Perhitungan daya serap air menggunakan Persamaan 2.

$$\text{Daya serap air} = \frac{\text{bobot sampel setelah perendaman} - \text{bobot sebelum perendaman}}{\text{bobot sebelum perendaman}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Warna dengan Color Reader (Yuwono dan Susanto, 1998)

Sampel dimasukkan ke dalam plastik bening dengan diberi alas kertas putih. Color reader dihidupkan dan diatur pada L*a*b color space L*c*h. Color reader diarahkan pada sampel sembari ditekan tombol target. Hasil pembacaan dicatat dan diukur warnanya.

Kadar Air (AOAC, 2005)

Sampel berupa nasi sorgum instan yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 2 g dan dimasukkan ke dalam cawan alumunium yang sudah dikeringkan dan diketahui bobotnya. Sampel dikeringkan dalam oven suhu 100-105 °C selama 4 jam lalu ditimbang. Pengeringan diulang hingga diperoleh bobot konstan (berat sampel nasi sorgum instan setelah pengeringan berturut-turut selisihnya kurang dari 0,2 mg). Perhitungan kadar air menggunakan Persamaan 3.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{bobot sampel awal} - \text{bobot setelah dikeringkan}}{\text{bobot sampel awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Kadar Amilosa (AOAC, 2005)

Sampel berupa nasi sorgum instan yang telah dihaluskan sebesar 100 mg dimasukkan dalam tabung reaksi dan ditambahkan NaOH 1 N 9 ml dan etanol 95% sebanyak 1 ml. Sampel dipanaskan selama 10 menit sampai terbentuk gel dan ditambahkan aquades. Sampel dipindahkan dalam labu takar 100 ml dan dikocok dan diambil 5 ml serta ditambahkan larutan iodine 2 ml, CH₃COOH 1 N 1 ml, dan aquades. Sampel dimasukkan labu takar 100 ml dikocok dan didiamkan selama 20 menit serta diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada λ 625 nm. Perhitungan kadar amilosa menggunakan Persamaan 4.

$$\text{Kadar amilosa (\%)} = \frac{C \times V \times FP}{W} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- C = Konsentrasi amilosa dari kurva standar (mg/ml)
- V = Volume akhir sampel (ml)
- FP = Faktor pengenceran

W = Berat sampel berupa nasi sorgum instan yang telah dihaluskan (mg)

Rendemen (Luna et al., 2015)

Pengukuran rendemen sampel dilakukan dengan cara membandingkan berat dari nasi sorgum instan yang dihasilkan dengan sejumlah beras sorgum yang digunakan sebagai bahan baku. Perhitungan dari rendemen menggunakan Persamaan 5.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat nasi sorghum instan yang dihasilkan}}{\text{berat biji sorgum (sebelum diolah)}} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Densitas Kamba (Prasert dan Suwannapon, 2009)

Ditimbang dan dicatat berat dari gelas ukur kosong. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur sampai tanda tera lalu ditimbang beratnya. Penentuan densitas kamba dari sampel didasarkan pada perbandingan antara berat sampel 50 ml dengan volume gelas ukur 50 ml. Perhitungan densitas kamba menggunakan Persamaan 6.

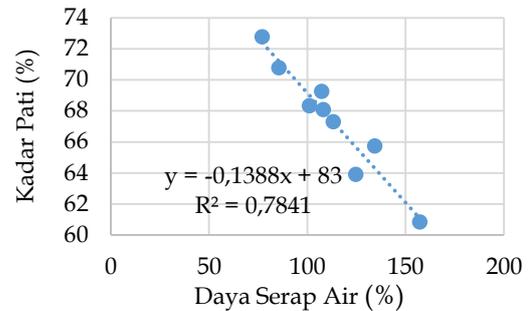
$$\text{Densitas kamba} = \frac{\text{berat sampel}}{\text{volume sampel}} \times 100\% \dots\dots(6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Pati

Pengujian kadar pati nasi sorgum instan yang telah melalui proses pembekuan pada penelitian ini dengan menggunakan metode pembekuan lambat. Pada Tabel 1. dapat diketahui bahwa semakin rendah suhu pembekuan dan semakin lama pembekuan menyebabkan kadar pati nasi sorgum instan semakin rendah. Hal ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik pati setelah tergelatinisasi dan jumlah kristal es yang terbentuk. Pada suhu pembekuan yang lebih rendah yaitu -20 °C maka daya serap air akan lebih tinggi karena didukung dengan absorpsi air oleh proses gelatinisasi pati kembali pada saat

direhidrasi. Akan tetapi, dengan daya serap air yang tinggi pada nasi sorgum instan akan berpengaruh terhadap penurunan kadar pati. Hubungan antara daya serap air dengan kadar pati nasi sorgum instan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Kadar Pati dan daya Serap Air

Berdasarkan hasil analisa korelasi *Person* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 dengan koefisien korelasi sebesar -0,886. Nilai tersebut menunjukkan adanya korelasi tinggi dengan arah korelasi negatif antara kadar pati dengan daya serap air, dimana semakin tinggi daya serap air, maka kadar pati akan semakin menurun. Hal ini dapat dipengaruhi oleh perubahan karakteristik pati setelah tergelatinisasi saat proses rehidrasi. Menurut Yuwono dan Zulfiah (2014), absorpsi air dapat mempengaruhi larutnya amilosa dalam air, dimana dengan semakin rendah kadar amilosa menyebabkan struktur gel yang terbentuk semakin lemah sehingga dapat berakibat pada semakin tinggi jumlah padatan yang terlarut (Mulyadi et al., 2014).

Waktu Rehidrasi

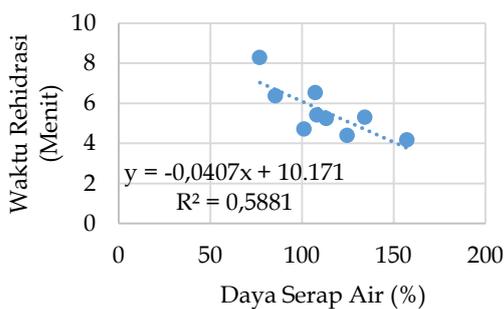
Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa dengan semakin lama pembekuan cenderung menurunkan waktu rehidrasi nasi sorgum instan kecuali pada suhu -12 °C. Pada suhu tersebut lama pembekuan tidak berbeda secara signifikan pengaruhnya terhadap waktu rehidrasi yang ditandai dengan notasi sama dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata kadar pati, waktu rehidrasi, dan daya serap air, kekerasan (*hardness*), dan nilai kemerahan (a*) nasi sorgum instan akibat suhu dan lama pembekuan

| Suhu (°C) | Lama (Jam) | Rerata Kadar Pati (%) | Rerata Waktu Rehidrasi (Menit) | Rerata Daya Serap Air (%) | Rerata Kekerasan (<i>Hardness</i>) (g) | Kemerahan (a*) |
|-----------|------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--|--------------------------|
| -4 | 12 | 72,78 ± 0,46 ^e | 8,28 ± 0,12 ^e | 77,00 ± 2,34 ^a | 319,0 ± 33,2 ^d | 2,2 ± 0,26 ^b |
| -4 | 18 | 70,79 ± 0,64 ^e | 6,38 ± 0,13 ^d | 85,55 ± 3,03 ^b | 245,2 ± 29,5 ^c | 1,67 ± 0,15 ^a |
| -4 | 24 | 69,25 ± 2,05 ^d | 6,54 ± 0,56 ^d | 107,38 ± 4,37 ^d | 234,2 ± 20,3 ^c | 1,57 ± 0,15 ^a |
| -12 | 12 | 68,09 ± 1,14 ^c | 5,42 ± 0,53 ^c | 108,20 ± 2,46 ^d | 167,8 ± 23,4 ^b | 1,50 ± 0,10 ^a |
| -12 | 18 | 67,30 ± 0,42 ^c | 5,25 ± 0,20 ^c | 113,22 ± 3,50 ^d | 99,8 ± 29,9 ^a | 1,67 ± 0,15 ^a |
| -12 | 24 | 65,73 ± 1,84 ^{bc} | 5,30 ± 0,23 ^c | 134,33 ± 4,36 ^f | 154,3 ± 14,9 ^b | 1,37 ± 0,15 ^a |
| -20 | 12 | 68,33 ± 3,17 ^c | 4,71 ± 0,29 ^b | 101,18 ± 4,84 ^c | 112,8 ± 8,8 ^a | 2,73 ± 0,29 ^c |
| -20 | 18 | 63,90 ± 1,65 ^b | 4,40 ± 0,15 ^{ab} | 124,69 ± 3,69 ^e | 89,7 ± 8,3 ^a | 3,50 ± 0,17 ^d |
| -20 | 24 | 60,82 ± 1,28 ^a | 4,18 ± 0,09 ^a | 157,28 ± 3,66 ^g | 77,2 ± 9,0 ^a | 2,33 ± 0,21 ^b |

Keterangan : 1) Data merupakan rerata dari 3 kali ulangan; 2) Angka setelah ± menunjukkan standar deviasi; 3) Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada kolom yang sama ($\alpha = 0,05$)

Hal ini dapat disebabkan karena suhu -12 °C masuk kedalam kisaran suhu target yang membentuk kristal es dengan ukuran maksimal, sehingga perbedaan waktu tidak akan berpengaruh terhadap ukuran kristal es (Ramaswamy dan Marcotte, 2005) Hal ini didukung dengan daya serap air (Tabel 1) pada suhu pembekuan -12 °C yang tidak berbeda nyata untuk lama pembekuan 12 dan 18 jam. Hubungan antara waktu rehidrasi dengan daya serap air nasi sorgum instan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu Rehidrasi dan Daya Serap Air

Berdasarkan hasil analisa korelasi *Person* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 dengan koefisien korelasi sebesar -0,886. Nilai tersebut menunjukkan adanya korelasi tinggi dengan arah korelasi negatif antara waktu rehidrasi dengan daya serap air,

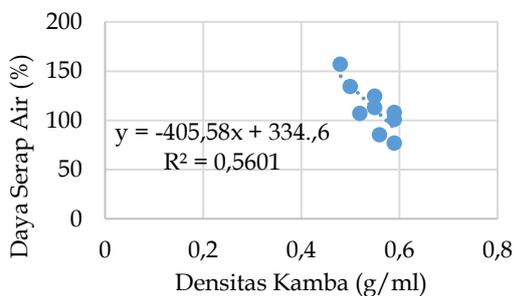
dimana semakin tinggi daya serap air, maka waktu rehidrasi akan semakin menurun.

Semakin tinggi daya serap air maka akan semakin cepat air terserap dalam bahan, sehingga semakin cepat peningkatan jumlah air dalam bahan untuk memenuhi jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat gelatinisasi pati sempurna dengan indikator dihasilkan tekstur yang homogen (Edelstein, 2018). Waktu rehidrasi sendiri merupakan waktu yang dibutuhkan suatu bahan untuk menyerap air kembali sehingga diperoleh tekstur yang homogen (Sasmitaloka *et al.*, 2020). Dengan demikian, semakin tinggi daya serap air maka semakin rendah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai gelatinisasi pati sempurna.

Daya Serap Air

Pengujian daya serap air nasi sorgum instan yang telah melalui proses pembekuan pada penelitian ini dengan menggunakan metode pembekuan lambat, sehingga pada Tabel 1 semakin rendah suhu pembekuan dan semakin lama pembekuan menyebabkan daya serap air nasi sorgum instan semakin tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik kristal es yang terbentuk serta pengaruhnya terhadap kerusakan struktur sel. Menurut Rockland dan Stewart (2013), pada kondisi pati yang sudah tergelatinisasi komponen air terdiri dari *Tightly Bound Water* dengan jumlah sedikit

dan didominasi oleh *Weakly Bound Water*. Pada saat proses pembekuan *Tightly Bound Water* tidak dapat membeku pada suhu dibawah $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan *Weakly Bound Water* tidak dapat membeku pada suhu kisaran 0 sampai $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dengan demikian, pembekuan pada suhu dibawah $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka semakin banyak *Weakly Bound Water* yang membentuk inti es, sehingga struktur pati menjadi *porous* dan terbuka, maka daya serap air akan semakin tinggi. Hubungan antara daya serap air dengan densitas kamba nasi sorgum instan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Daya Serap Air dan Densitas Kamba

Berdasarkan hasil analisa korelasi *Person* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 dengan koefisien korelasi sebesar -0,748. Nilai tersebut menunjukkan adanya korelasi tinggi dengan arah korelasi negatif antara daya serap air dengan densitas kamba, dimana semakin rendah nilai densitas kamba maka daya serap air akan semakin tinggi. Struktur bahan yang lebih *porous* dapat meningkatkan kemampuan bahan dalam menyerap air pada saat direhidrasi (Yuwono dan Zulfiah, 2014).

Kekerasan (*Hardness*)

Pengujian kekerasan (*hardness*) nasi sorgum instan yang telah melalui proses pembekuan pada penelitian ini dengan menggunakan metode pembekuan lambat. Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa semakin rendah suhu dan semakin lama pembekuan menyebabkan kekerasan (*hardness*) nasi sorgum instan semakin rendah.

Semakin rendah nilai kekerasan pembekuan (*hardness*) menunjukkan bahwa

tekstur dari sampel tersebut semakin lunak karena semakin rendah gaya tekan yang dibutuhkan untuk merubah bentuk (deformasi) sampel. Dengan demikian, pada sampel suhu pembekuan $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam memiliki kriteria tekstur yang menyerupai nasi sorgum tanpa proses instanisasi. Menurut Taylor dan Duodu (2018) nasi sorgum matang harus memiliki tekstur lunak, mengembang, dan tidak lengket. Akan tetapi, dapat dilihat pada Tabel 1, bahwa semakin lama pembekuan cenderung menurunkan kekerasan (*hardness*) nasi sorgum instan kecuali pada suhu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada suhu tersebut lama pembekuan tidak berbeda secara signifikan pengaruhnya terhadap kekerasan (*hardness*) yang ditandai dengan notasi sama. Hal ini dapat dipengaruhi oleh tingkat gelatinisasi pati dan komposisi nutrisi pada produk akhir sebelum direhidrasi. Nutrisi utama yang terkandung pada nasi sorgum adalah pati. Komponen pati dapat mempengaruhi tekstur bahan pangan dan bergantung pada derajat gelatinisasinya. Tingkat atau derajat gelatinisasi merupakan ukuran yang menunjukkan rasio pati yang tergelatinisasi dengan total pati (Lavelle *et al.*, 2021). Pada nasi sorgum instan perlakuan suhu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ memiliki daya serap air yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan suhu -4 dan $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tabel 1), dimana daya serap air yang tinggi dapat membantu mencapai derajat gelatinisasi optimum. Hal inilah yang menyebabkan tekstur nasi sorgum instan pada suhu pembekuan $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ memiliki nilai kekerasan (*hardness*) yang cenderung tidak berbeda nyata dapat dilihat pada Tabel 1, karena pada lama pembekuan yang berbeda dapat mencapai derajat gelatinisasi optimum atau tingkat gelatinisasi sempurna.

Kemerahan (a^*)

Berdasarkan hasil analisa warna menggunakan color reader diperoleh nilai kemerahan (a^*) yang bernilai negatif pada keseluruhan sampel. Dengan demikian, semakin rendah suhu pembekuan menunjukkan warna sampel semakin berwarna kehijauan (Tabel 1). Hal ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik dari pigmen warna yang terkandung dalam biji sorgum

serta perlakuan suhu dan lama pembekuan yang dilakukan pada nasi sorgum instan.

Kadar Air

Perbedaan lama pembekuan memberi pengaruh nyata terhadap kadar air nasi sorgum instan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisa Keragaman Kadar Air

| Sumber Keragaman | P-Value |
|-------------------------------|---------|
| Suhu Pembekuan | 0,000 |
| Lama Pembekuan | 0,000 |
| Ulangan | 0,067 |
| Suhu pembekuan*Lama Pembekuan | 0,000 |

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa semakin lama pembekuan maka kadar air dari nasi sorgum instan semakin tinggi. Tingginya kadar air dengan semakin lama pembekuan dapat dipengaruhi oleh struktur *porous* dari nasi instan sebelum direhidrasi. Struktur *porous* akan memudahkan migrasi air panas ke dalam nasi instan pada saat rehidrasi. Menurut Rahman (2021) pembekuan berpengaruh terhadap kemampuan imbibisi air, dimana semakin lama pembekuan penyerapan air akan semakin tinggi rerata kadar air produk nasi sorgum instan yang dipengaruhi oleh perbedaan lama pembekuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Kadar Amilosa

Pengujian kadar amilosa nasi sorgum instan yang telah melalui proses pembekuan pada penelitian ini dengan menggunakan metode pembekuan lambat. Pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa semakin lama pembekuan dapat menurunkan kadar amilosa nasi sorgum instan menjadi 16,77%. Hal ini dapat dipengaruhi oleh perubahan karakteristik amilosa selama proses pengolahan nasi sorgum instan. Pada penelitian ini dilakukan proses penanakan biji sorgum sehingga terjadi gelatinisasi pati.

Rendemen

Pengujian rendemen nasi sorgum instan yang telah melalui proses pembekuan pada penelitian ini dengan menggunakan metode pembekuan lambat, sehingga pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa semakin lama pembekuan maka rendemen dari nasi sorgum instan semakin tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan komposisi pada produk akhir akibat kondisi proses pengolahan. Selain tahap pembekuan, penurunan kandungan nutrisi bahan juga terjadi pada tahap pengeringan. Pada penelitian ini dilakukan pengeringan dengan kondisi proses yang sama pada semua sampel yaitu suhu 100 °C selama 2 jam.

Tabel 3. Rerata kadar air, kadar amilosa, rendemen, dan nilai kecerahan (L*) akibat lama pembekuan

| Lama Pembekuan (Jam) | Rerata Kadar Air (%) | Rerata Kadar Amilosa (%) | Rerata Rendemen (%) | Rerata Nilai Kecerahan (L*) (BNT 5%) |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| 12 | 54,72 ± 1,25 ^c | 18,21 ± 0,13 ^a | 90,44 ± 0,39 ^b | 34,54 ± 4,07 ^c |
| 8 | 56,90 ± 1,25 ^b | 17,16 ± 0,30 ^b | 91,55 ± 0,77 ^b | 37,79 ± 1,02 ^b |
| 24 | 59,75 ± 2,10 ^a | 16,77 ± 0,54 ^b | 93,78 ± 2,14 ^a | 43,70 ± 0,95 ^a |

Keterangan : 1) Data merupakan rerata dari 3 kali ulangan; 2) Angka setelah ± menunjukkan standar deviasi; 3) Angka yang didampinginya notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada kolom yang sama ($\alpha = 0,05$)

Densitas Kamba

Perbedaan suhu pembekuan berpengaruh nyata terhadap densitas kamba nasi sorgum instan (Tabel 4). Densitas kamba terendah pada sampel nasi sorgum instan yaitu sebesar 0,47 g/ml pada

suhu pembekuan -20 °C selama 24 jam. Semakin rendah suhu pembekuan maka semakin rendah nilai densitas kamba. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan kandungan nutrisi dan proses pengolahan.

Tabel 4. Rerata densitas kamba dan nilai Kecerahan (L*) akibat suhu pembekuan

| Suhu Pembekuan (°C) | Rerata Densitas Kamba (%) (BNT 5%) | Rerata Nilai Kecerahan (L*) (BNT 5%) |
|---------------------|---------------------------------------|---|
| -4 | 0,59 ± 0,02 ^a | 38,21 ± 4,79 ^b |
| -12 | 0,55 ± 0,01 ^b | 40,85 ± 3,42 ^a |
| -20 | 0,50 ± 0,02 ^c | 36,97 ± 6,05 ^b |

Keterangan : 1) Data merupakan rerata dari 3 kali ulangan; 2) Angka setelah ± menunjukkan standar deviasi; 3) Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada kolom yang sama ($\alpha = 0,05$)

Tabel 5. Rerata nilai kekuningan (b*) nasi sorgum instan akibat suhu dan lama pembekuan

| Suhu Pembekuan (°C) | Waktu Pembekuan (Jam) | Rerata Kekuningan (b*) |
|---------------------|-----------------------|------------------------|
| -4 | 12 | 9,03 ± 0,87 |
| -4 | 18 | 10,20 ± 1,1 |
| -4 | 24 | 9,63 ± 0,61 |
| -12 | 12 | 8,93 ± 0,68 |
| -12 | 18 | 9,77 ± 1,02 |
| -12 | 24 | 9,37 ± 0,91 |
| -20 | 12 | 9,00 ± 0,70 |
| -20 | 18 | 9,07 ± 0,85 |
| -20 | 24 | 8,43 ± 0,58 |

Keterangan : 1) Data merupakan rerata dari 3 kali ulangan dan angka setelah ± menunjukkan standar deviasi

Kecerahan (L*)

Pengujian kecerahan (L*) nasi sorgum instan yang telah melalui proses pembekuan pada penelitian ini dengan menggunakan metode pembekuan lambat. Pada Tabel 3, menunjukkan lama pembekuan memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kecerahan nasi sorgum instan, dimana semakin lama pembekuan maka nilai kecerahan dari nasi sorgum instan semakin tinggi. Semakin tinggi nilai kecerahan (L*) menunjukkan bahwa warnanya semakin cerah.

Berdasarkan pada Tabel 4, menunjukkan bahwa nilai kecerahan (L*) nasi sorgum instan cenderung fluktuatif akibat perlakuan suhu pembekuan yang berbeda. Hal ini dapat dipengaruhi oleh perubahan komposisi nutrisi produk akibat proses pembekuan. Pada perlakuan suhu pembekuan -4 °C dengan suhu -20 °C pengaruhnya tidak berbeda secara signifikan yang ditunjukkan dengan notasi sama. pada suhu pembekuan -20 dan -4 °C

memiliki nilai kecerahan (L*) yang cenderung sama karena pada suhu -20 °C jumlah padatan seperti protein dan pigmen dapat lebih dipertahankan dari sampel suhu pembekuan -4 °C, namun penurunan konsentrasi pigmen dan kadar tanin juga lebih tinggi pada saat direhidrasi akibat porositas dan daya serap air sampel pada suhu -20 °C yang lebih tinggi daripada sampel suhu pembekuan -4 °C.

Kekuningan (b*)

Hasil analisa warna menggunakan *color reader* diperoleh nilai kekuningan (b*) bernilai positif yang menunjukkan bahwa sampel nasi sorgum instan berwarna kekuningan (Tabel 5). Perlakuan suhu dan lama pembekuan tidak memberi pengaruh nyata terhadap warna kekuningan (b*) nasi sorgum instan. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi proses pengeringan yang sama untuk semua sampel nasi sorgum instan. Proses pengeringan nasi sorgum

instan dilakukan pada suhu 100 °C selama 2 jam. Warna kuning pada sampel dapat dipengaruhi oleh reaksi *maillard* antara gula reduksi dengan asam amino pada saat pengeringan (Edelstein, 2018). Reaksi *maillard* menghasilkan pigmen melanoidin yang berwarna coklat (Murata, 2020), sehingga akan mempengaruhi warna nasi sorgum instan yang mempunyai warna kuning kecoklatan setelah proses pengeringan. Sedikit perbedaan nilai kekuningan dapat disebabkan karena

proses rehidrasi yang dapat menurunkan konsentrasi pigmen melanoidin. Adanya rehidrasi juga dapat menghasilkan sampel dengan warna kuning yang lebih terang karena sifat pigmen melanoidin yang larut air (Murata, 2020). Warna pada nasi sorgum instan telah memenuhi kriteria warna pada nasi sorgum tanpa proses instanisasi. Menurut Taylor dan Duodu (2018) nasi sorgum matang harus memiliki warna putih atau kuning muda.

Tabel 6. Rerata peringkat uji friedman seluruh parameter organoleptik

| Suhu Pembekuan (°C) | Lama Pembekuan (Jam) | Peringkat Warna | Peringkat Kenampakan | Peringkat Rasa | Peringkat Tekstur | Peringkat Overall Liking |
|---------------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------------|-------------------|--------------------------|
| -4 | 12 | 2,95 | 2,91 | 3,57 | 3,17 | 3,01 |
| -4 | 18 | 3,97 | 4,07 | 4,85 | 3,60 | 3,45 |
| -4 | 24 | 4,97 | 3,62 | 4,70 | 3,29 | 3,95 |
| -12 | 12 | 4,95 | 5,29 | 5,11 | 4,60 | 4,65 |
| -12 | 18 | 6,15 | 3,79 | 6,42 | 5,47 | 4,17 |
| -12 | 24 | 5,44 | 6,09 | 4,86 | 5,72 | 5,74 |
| -20 | 12 | 5,77 | 6,01 | 4,90 | 4,61 | 6,34 |
| -20 | 18 | 5,50 | 6,59 | 4,21 | 6,32 | 6,16 |
| -20 | 24 | 5,29 | 6,62 | 6,36 | 8,20 | 7,52 |

Keterangan : 1 = Sangat tidak suka; 2 = Tidak suka; 3 = Agak tidak suka; 4 = Netral; 5 = Agak suka; 6 = Suka; 7 = Sangat suka

Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan pada 9 perlakuan nasi sorgum instan dengan menggunakan 40 orang panelis tidak terlatih. Data hasil uji organoleptik selanjutnya dianalisis menggunakan metode Friedman yang disajikan pada Tabel 6. Pada sampel dengan suhu pembekuan -20 °C dan lama pembekuan 24 jam adalah sampel yang paling disukai. Berdasarkan kuisioner yang telah diberikan kepada seluruh panelis, sebagian besar panelis berpendapat bahwa urutan atribut pada produk nasi sorgum instan mulai dari yang terpenting yaitu tekstur, rasa, kenampakan, dan warna.

Penentuan Perlakuan Terbaik

Pada penelitian ini dipilih beberapa parameter berdasarkan faktor kepentingan yaitu kadar air, kadar pati, kadar amilosa,

waktu rehidrasi, tekstur serta hasil analisa organoleptik (warna, kenampakan, rasa, tekstur, dan keseluruhan). Pemilihan perlakuan terbaik dilakukan dengan memberikan nilai pengharapan berdasarkan kebutuhan terhadap karakteristik produk nasi sorgum instan.

Perlakuan terbaik didapatkan pada nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu pembekuan -20 °C dengan lama pembekuan 24 jam. Pada sampel tersebut diperoleh hasil analisa kimia, fisik, dan organoleptik yaitu kadar air 61,62%, kadar abu 0,18%, kadar protein 5,40%, kadar lemak 2,27%, kadar karbohidrat 30,53%, waktu rehidrasi 4,18 menit, daya serap air 157,28%, rendemen 95,33%, kekerasan (*hardness*) 77,2 g, densitas kamba 0,48 g/ml, nilai kecerahan (L*) 43,13, kemerahan (a*) 2,33, kekuningan (b*) 8,43, nilai organoleptik parameter warna 5,15, nilai organoleptik parameter kenampakan 5,70,

nilai organoleptik parameter rasa 5,12, nilai organoleptik parameter tekstur 6,15, nilai organoleptik parameter *overall liking* 6,10.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu faktor suhu dan lama pembekuan berpengaruh terhadap karakteristik nasi sorgum instan, baik karakteristik kimia, fisik, maupun organoleptik. Diperoleh perlakuan terbaik pada sampel nasi sorgum instan dengan suhu pembekuan -20 °C dan lama pembekuan 24 jam. Perbaikan pada penelitian ini antara lain, perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait kandungan pati resisten pada nasi sorgum instan, perlu ditentukan penambahan bahan tambahan untuk menambah cita rasa dan nutrisi produk nasi sorgum instan, dibutuhkan penelitian lebih lanjut terkait metode pembekuan dan pengeringan untuk meningkatkan kualitas produk nasi sorgum instan khususnya terkait nutrisi produk, dan perlu dilakukan penelitian terkait umur simpan untuk mengetahui umur simpan produk nasi sorgum instan.

DAFTAR PUSTAKA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. *Official Methods of Analysis*. AOAC International. Washington DC
- Edelstein, S. 2018. *Food Science*. Jones & Bartlett Learning. United States
- Kapelko, -M., Zięba, -T., Golachowski, -A., Gryszkin, A. 2012. Effect of the production method on the properties of Rs3/Rs4 type resistant starch. Part 1: Properties of retrograded starch (Rs3) produced under various conditions and its susceptibility to acetylation. *Food chemistry*. 135(3), 1494-1504. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.030>
- Lavelle, C, This, H. Kelly, AL, Burke, R. 2021. *Handbook of Molecular Gastronomy: Scientific Foundations, Educational Practices, and Culinary Applications*. CRC Press, United States
- Le, T, -Q., Jittanit, -W., 2015. Optimization of operating process parameters for instant brown rice production with microwave-followed by convective hot air drying. *Journal of Stored Products Research*. 61, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.01.004>
- Luna, -P., Herawati, -H., Widowati, -S., Prianto, A, -B., 2015. Pengaruh kandungan amilosa terhadap karakteristik fisik dan organoleptik nasi instan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 12(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.21082/jpasca.v12n1.2015.1-10>
- Millati, -T., Nurhayati, -N., 2020. Pembuatan resistant starch pati beras dengan metode enzimatik dan fisik. *Jurnal Agrotek Ummat*. 7(2), 110-121. <http://dx.doi.org/10.31764/jau.v7i2.2719>
- Mulyadi, A, -F., Wijana, -S., Dewi, I, -A., Putri, W, -I., 2014. Karakteristik organoleptik produk mie kering ubi jalar kuning (*Ipomoea Batatas*)(kajian penambahan telur dan cmc) *Jurnal Teknologi Pertanian*. 15(1), 25-36. <https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/429>
- Murata, -M., 2020. Browning and pigmentation in food through the maillard reaction. *Glycoconjugate Journal*. 38(3), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10719-020-09943-x>
- Palupi, F, -D., Nafilah., 2021. Formulasi biskuit kepilor (kecambah kedelai, pisang kepok merah, daun kelor) sebagai kudapan sehat bagi penderita *Diabetes melitus*. *Media Gizi Mikro Indonesia*. 13(1), 61-74. <https://doi.org/10.22435/mgmi.v13i1.5474>
- Prasert, -W., Suwannaporn, -P., 2009. Optimization of instant jasmine rice process and its physicochemical properties. *Journal of Food Engineering*. 95(1), 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.008>
- Rahman, -A., Al-Wahab, -R., Suwandi, -N., 2021. Effect of cooking and freezing

- time on physical properties of instant germinated red rice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 807, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022055>
- Ramaswamy, HS, Marcotte, M. 2005. *Food Processing: Principles and Applications*. United States: CRC Press.
- Rhim, J, -W., Koh, -S., Kim, J, -M., 2011. Effect of freezing temperature on rehydration and water vapor adsorption characteristics of freeze-dried rice porridge. *Journal of Food Engineering*. 104(4), 484-491. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.08.010>
- Rockland, LB, Stewart, GF. 2013. *Water Activity: Influences on Food Quality: A Treatise on the Influence of Bound and Free Water on the Quality and Stability of Foods and Other Natural Products*. Elsevier Science, United Kingdom
- Sasmitaloka, K, -S., Banurea, I, R., 2020. Karakteristik fisikimia dan fungsional nasi instan. *Jurnal Pangan*. 29(2), 87-104. <https://doi.org/10.33964/jp.v29i2>
- Sasmitaloka, K, Widowati, S, Sukasih, E. 2019. Effect of freezing temperature and duration on physicochemical characteristics of instant rice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 309, 1-8. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/309/1/012043>
- Sasmitaloka, -K., Widowati, -S., Sukasih, -E., 2020. Karakterisasi sifat fisikokimia, sensori, dan fungsional nasi instan dari beras amilosa rendah. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 17(1), 1-14. <http://dx.doi.org/10.21082/jpasca.v17n1.2020.1-14>
- Sripinyowanich, -J., Noomhorm, -A., 2013. Effects of freezing pretreatment, microwave-assisted vibro-fluidized bed drying and drying temperature on instant rice production and quality. *Journal of Food Processing Preservation*. 37(4), 314-324. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00651.x>
- Taylor, J, Duodu, KG. 2018. *Sorghum and Millets: Chemistry, Technology, and Nutritional Attributes*. Elsevier, United Kingdom
- Widowati, -S., Nurjanah, -R., Amrinola, -W., 2010. Proses pembuatan dan karakterisasi nasi sorgum instan. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. 35-48. <http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2016/12/05.pdf>
- Yuwono, SS, Susanto, T. 1998. *Pengujian Fisik Pangan*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya, Malang
- Yuwono, S, -S., Zulfiah, A, A, -H., 2014. Formulasi beras analog berbasis tepung mocaf dan maizena dengan penambahan cmc dan tepung ampas tahu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(4), 1465-1472. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/270>