

**PENGARUH SUHU DAN LAMA PEMBEKUAN TERHADAP KUALITAS NASI SORGUM  
INSTAN**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**HESTI RAMDAYANI**

**NIM 17510010111010**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2021**





**PENGARUH SUHU DAN LAMA PEMBEKUAN TERHADAP KUALITAS NASI SORGUM  
INSTAN**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Teknologi Pertanian**

Oleh:

**HESTI RAMDAYANI  
NIM 175100101111010**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2020**



**LEMBAR PERSETUJUAN**

Judul Tugas Akhir : Pengembangan Produk Nasi Sorgum Instan; Kajian dari Suhu dan Lama Pembekuan

Nama Mahasiswa : Hesti Ramdayani

Nim : 175100101111010

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian



Dosen Pembimbing,

**Erni Sofia Murtini, STP., MP., Ph.D**

NIP. 1973102020011 2001

**Tanggal Persetujuan :**



LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Suhu dan Lama Pembekuan terhadap Kualitas Nasi Sorgum Instan

Nama Mahasiswa : Hesti Ramdayani

Nim : 175100101111010

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

**Prof. Dr. Ir. Tri Dewanti Widyaningsih, M.Kes**  
NIP. 196108181987032001

**Kiki Fibrianto, STP., M.Phil., Ph.D**  
NIP. 198202062005011001

Dosen Pembimbing,

**Erni Sofia Murtini, STP., MP., Ph.D**  
NIP. 1973102020011 2001

Ketua Jurusan,

**Dr. Widya Dwi Rukmi Putri, STP., MP**  
NIP. 197005041999032002

Tanggal Lulus TA: 30 Desember 2021



**PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Hesti Ramdayani

NIM : 175100101111010

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Suhu dan Lama Pembekuan terhadap Kualitas Nasi  
Sorgum Instan

Menyatakan bahwa,

Tugas Akhir dengan judul diatas merupakan karya asli dari penulis yang tertera diatas.  
Apabila dikemudian hal terbukti pernyataan ini tidak sesuai, maka saya bersedia diberi  
sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

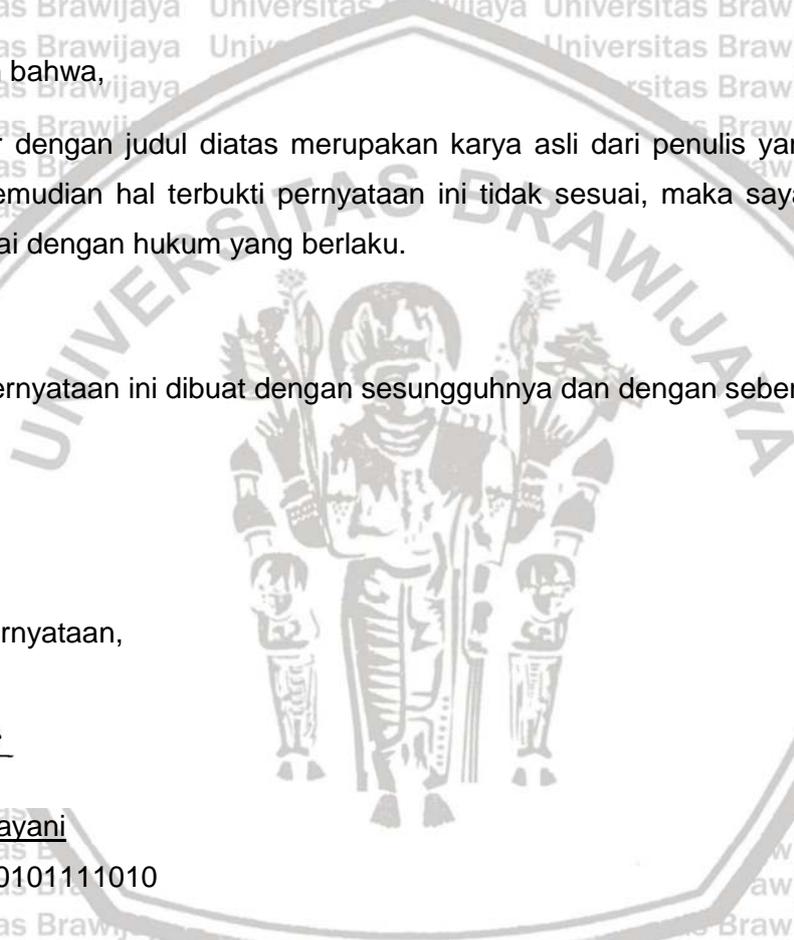
Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Pembuat pernyataan,



Hesti Ramdayani

NIM. 175100101111010



**HESTI RAMDAYANI. 175100101111010. Pengaruh Suhu dan Lama Pembekuan terhadap Kaulitas Nasi Sorgum Instan. Skripsi. Pembimbing: Erni Sofia Murtini, STP., MP., Ph.D**

---

## RINGKASAN

Sorgum dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti nasi dari padi sebagai makanan pokok masyarakat Indonesia karena kandungan nutrisi yang hampir sama. Proses pengolahan sorgum menjadi nasi membutuhkan waktu yang lama, sehingga dibutuhkan pengembangan produk menjadi nasi sorgum instan dengan karakteristik yang baik dan dapat diterima konsumen. Proses pembekuan menjadi salah satu tahap kritis dalam proses pengolahan nasi sorgum instan yang dapat mempengaruhi karakteristik produk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan suhu dan lama pembekuan terhadap karakteristik kimia dan fisik produk nasi sorgum instan.

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Percobaan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan dua faktor yaitu suhu dan lama pembekuan, dimana masing-masing faktor terdiri dari tiga level dengan tiga kali ulangan. Proses pembuatan nasi sorgum instan melalui beberapa tahapan yaitu Perendaman dalam larutan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , pencucian biji sorgum, penanakan nasi menggunakan metode aron kukus, pendinginan pada suhu ruang, pembekuan, *thawing*, dan pengeringan. Analisa dilakukan pada bahan baku (kadar air, pati, dan amilosa) serta analisa pada sampel nasi sorgum instan (kadar air, pati, amilosa, waktu rehidrasi, daya serap air, rendemen, tekstur, densitas kamba, dan organoleptik). Data yang diperoleh dianalisa menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf kepercayaan 95%, apabila terdapat pengaruh nyata dilakukan uji lanjut menggunakan Beda Nyata Terkecil (BNT) serta menggunakan metode *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) apabila terdapat interaksi antar perlakuan dengan selang kepercayaan 95%. Data hasil uji organoleptik menggunakan *Hedonic Scale Scoring* dilakukan analisa menggunakan metode *Friedman Test*, kemudian untuk pemilihan perlakuan terbaik menggunakan metode *Multiple Atribut*.

Hasil penelitian menunjukkan interaksi antara suhu dan lama pembekuan memberi pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar pati, waktu rehidrasi, daya serap air, tekstur, nilai kemerahan ( $a^*$ ) serta semua parameter organoleptik yang terdiri dari parameter warna, kenampakkan, rasa, tekstur, dan *overall liking*. Diperoleh perlakuan terbaik pada sampel dengan perlakuan pembekuan suhu  $-20^\circ\text{C}$  selama 24 jam, dimana memiliki 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, nilai kemerahan ( $a^*$ ) 2,33, nilai kekuningan ( $b^*$ ) 8,43, kadar air 61,62%, kadar abu 0,18%, kadar protein 5,40%, kadar lemak 2,27%, kadar karbohidrat 30,53%, nilai organoleptik parameter warna 5,15, nilai organoleptik parameter kenampakkan 5,70, nilai organoleptik parameter rasa 5,12, nilai organoleptik parameter tekstur 6,15, nilai organoleptik parameter overall liking 6,10.

**Kata kunci :** Nasi Sorgum Instan, Sorgum, Suhu Pembekuan, Lama Pembekuan



**HESTI RAMDAYANI. 175100101111010. Effect of Freezing Temperature and Duration on Quality of Instant Sorghum Rice. Undergraduate Report. Supervisor: Erni Sofia Murtini, STP., MP., Ph.D**

---

## SUMMARY

Sorghum can be used as an alternative to rice as a staple food for Indonesian people because the nutritional content is almost the same. The process of processing sorghum into rice takes a long time, so product development is needed into instant sorghum rice with good characteristics and can be accepted by consumers. The freezing process is one of the critical stages in the processing of instant sorghum rice which can affect product characteristics. The purpose of this study was to determine the effect of differences in temperature and freezing time on the chemical and physical characteristics of instant sorghum rice products.

This research was conducted using a Randomize Block Design (RBD) with two factors, namely temperature and freezing time, where each factor consisted of three levels with two replications. The process of making instant sorghum rice goes through several stages, namely soaking in Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> solution, washing sorghum seeds, cooking rice using the conventional method, cooling at room temperature, freezing, thawing, and drying. The analysis was carried out on raw materials (moisture content, starch, and amylose) as well as analysis on instant sorghum rice samples (moisture content, starch, amylose, rehydration time, water absorption, yield, texture, bulk density, and organoleptic). The data obtained were analyzed using the Analysis of Variance (ANOVA) method with a 95% confidence level, if there was a significant effect, further testing was carried out using the Least Significant Difference (LSD) and using the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) method if there was an interaction between treatments with a confidence interval 95%. Organoleptic test data result using the Hedonic Scale Scoring were analyzed using the Friedman Test method, then for the selection of the best treatment using the Multiple Attribute method.

The results showed that the interaction between temperature and freezing time had a significant effect ( $p < 0,05$ ) on starch content, rehydration time, water absorption, texture, redness value ( $a^*$ ), and all organoleptic parameters consisting of color, appearance, taste, texture, and overall liking. The best treatment was obtained on the sample with a freezing temperature of  $-20^{\circ}\text{C}$  and a freezing time of 24 hours, which has a rehydration time of 4,18 minutes, water absorption capacity of 157,28%, yield of 95,33%, hardness 77,2 g, bulk density 0,48 g/ml, brightness value ( $L^*$ ) 43,13, redness value ( $a^*$ ) 2,33, yellowness value ( $b^*$ ) 8,43, water content 61,62%, ash content 0,18 %, protein content 5,40%, fat content 2,27%, carbohydrate content 30,53%, the organoleptic value of color parameter 5,15, the organoleptic value of color parameter 5,15, the organoleptic value of appearance parameter 5,70, the organoleptic value of parameter taste 5,12, the organoleptic value of texture parameter 6,15, the organoleptic value of overall liking parameter 6,10.

**Keywords:** Instant Sorghum Rice, Sorghum, Freezing Temperature, Freezing time

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengembangan Produk Nasi Sorgum Instan; Kajian dari Suhu dan Lama Pembekuan”** dengan baik. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu, mendukung, dan membimbing baik secara langsung maupun tidak langsung terutama kepada:

1. Kedua orang tua dan segenap keluarga besar yang telah memberikan dukungan moril dan material, serta doa yang tidak ada habisnya kepada penulis
2. Ibu Erni Sofia Murtini, STP., MP., Ph.D selaku dosen pembimbing terbaik yang telah meluangkan waktunya dan selalu mendukung, membimbing, memberikan arahan dan masukan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini
3. Ibu Dr. Widya Dwi Rukmi Putri, STP., MP selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya
4. Rekan penelitian Dewi Kartika yang selalu menemani, membantu, *sharing* ilmu, memberikan saran dan motivasi serta semangat kepada penulis
5. Rekan sesama dosen pembimbing dan rekan-rekan THP 2017 yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis
6. Teman-teman yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan, dan semangat kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini

Penulis menyadari masih banyak kekurangan baik dari segi penyusunan, pembahasan, maupun penulisan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan ilmu bagi pembaca dan semua pihak.

21 Desember 2021

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>v</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Sorgum.....	4
2.1.1. Tanaman Sorgum.....	4
2.1.2. Biji Sorgum.....	7
2.1.3. Sorgum Varietas Numbu.....	12
2.2. Nasi Instan.....	15
2.2.1. Karakteristik Nasi Instan.....	15
2.2.2. Proses Pembuatan.....	15
2.3. Metode Pembekuan Lambat.....	17
2.4. Rehidrasi.....	20
2.5. Hipotesis.....	21
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>22</b>
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	22
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	22



3.2.1. Alat .....	22
3.2.2. Bahan .....	22
3.3. Metode Penelitian .....	23
3.3.1. Penelitian Pendahuluan .....	23
3.3.2. Penelitian Utama .....	25
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	26
3.5. Pengamatan dan Analisis Data .....	27
3.5.1. Analisa Bahan Baku .....	27
3.5.4. Analisis Data Penelitian .....	28
3.6. Diagram Alir .....	29
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Karakteristik Kimia Sorgum Bahan Baku Nasi Sorgum Instan .....	30
4.2. Karakteristik Produk Nasi Sorgum Instan .....	32
4.2.1. Karakteristik Kimia .....	32
4.2.2. Karakteristik Fisik .....	37
4.2.3. Karakteristik Organoleptik Nasi Sorgum Instan .....	56
4.3. Nasi Sorgum Instan Perlakuan Terbaik .....	70
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>77</b>
5.1. Kesimpulan .....	77
5.2. Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>89</b>



DAFTAR TABEL

**Tabel 2.1** Jumlah Produksi 5 Jenis Sereal di 47 Negara pada Tahun 2019 ..... 4

**Tabel 2.2** Ras Sorgum dari subsp. bicolor beserta Karakteristiknya ..... 5

**Tabel 2.3** Komposisi dan Komponen Biji Sorgum ..... 9

**Tabel 2.4** Komposisi Nutrisi pada Sorgum ..... 11

**Tabel 2.5** Varietas Unggul Sorgum di Indonesia ..... 13

**Tabel 2.6** Komposisi Nutrisi Varietas Unggul Sorgum ..... 14

**Tabel 3.1** Hasil Penelitian Pendahuluan ..... 23

**Tabel 3.2** Kombinasi Perlakuan Suhu dan Lama Pembekuan ..... 26

**Tabel 4.1** Karakteristik Kimia Biji Sorgum Varietas Numbu ..... 30

**Tabel 4.2** Rerata Kadar Air Nasi Sorgum Instan Akibat Lama Pembekuan ..... 32

**Tabel 4.3** Rerata Kadar Pati Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu dan Lama Pembekuan ..... 34

**Tabel 4.4** Rerata Kadar Amilosa Nasi Sorgum Instan Akibat Lama Pembekuan ..... 36

**Tabel 4.5** Rerata Waktu Rehidrasi Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu dan Lama Pembekuan ..... 38

**Tabel 4.6** Rerata Daya Serap Air Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu dan Lama Pembekuan ..... 41

**Tabel 4.7** Rerata Rendemen Nasi Sorgum Instan Akibat Lama Pembekuan ..... 43

**Tabel 4.8** Rerata Kekerasan (Hardness) Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu dan Lama Pembekuan ..... 45

**Tabel 4.9** Rerata Densitas Kamba Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu Pembekuan ..... 47

**Tabel 4.10** Rerata Nilai Kecerahan (L\*) Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu Pembekuan ..... 49

**Tabel 4.11** Rerata Nilai Kecerahan (L\*) Nasi Sorgum Instan Akibat Lama Pembekuan ..... 49

**Tabel 4.12** Rerata Nilai Kemerahan (a\*) Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu Pembekuan ..... 54

**Tabel 4.13** Rerata Nilai Kekuningan (b\*) Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu dan Lama Pembekuan ..... 55

**Tabel 4.14** Hasil Uji Friedman Parameter Warna ..... 58

**Tabel 4.15** Hasil Uji Friedman Parameter Kenampakan ..... 61

**Tabel 4.16** Hasil Uji Friedman Parameter Rasa ..... 63

**Tabel 4.17** Hasil Uji Friedman Parameter Tekstur ..... 66

**Tabel 4.18** Hasil Uji Friedman Parameter Keseluruhan ..... 69

**Tabel 4.19** Pemilihan Parameter Berdasarkan Faktor Kepentingan ..... 70

**Tabel 4.20** Karakteristik Fisik, Kimia, dan Organoleptik Nasi Sorgum Instan Perlakuan terbaik ..... 72

**Tabel 4.21** Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan Terbaik dan Kontrol ..... 73



DAFTAR GAMBAR

**Gambar 2.1** Morfologi Sorgum (Government, 2017)..... 6

**Gambar 2.2** Bagian-Bagian Biji Sorgum (Ciampitti et al., 2019) ..... 8

**Gambar 2.3** Tanam Sorgum Varietas Numbu (Erawati, 2020)..... 14

**Gambar 2.4** Biji sorgum varietas Numbu (Dokumentasi pribadi, 2021)..... 15

**Gambar 2.5** Mekanisme Pembekuan dan Zona Suhu Pembekuan Kristal Es Maksimum (Neoh et al., 2016)..... 18

**Gambar 3.1** Diagram Alir Proses Pembuatan Nasi Sorgum Instan (Modifikasi Widowati et al., 2010) ..... 29

**Gambar 4.1.** Grafik Hubungan antara Kadar Pati dan daya Serap Air ..... 35

**Gambar 4.2.** Grafik Hubungan antara Waktu Rehidrasi dan Daya Serap Air ..... 40

**Gambar 4.3.** Grafik Hubungan antara Densitas Kamba dan Daya Serap Air ..... 42

**Gambar 4.4.** Grafik Hubungan antara Kecerahan ( $L^*$ ) dan Kadar Air ..... 52

**Gambar 4.5** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter Warna ..... 57

**Gambar 4.6** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter Kenampakkan ..... 60

**Gambar 4.7** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter Rasa ..... 62

**Gambar 4.8** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter Tekstur ..... 65

**Gambar 4.9** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter *Overall Liking* ..... 68

**Gambar 4.10** Nasi Sorgum Instan Perlakuan Terbaik..... 71



DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Prosedur Analisa.....90

**Lampiran 2.** Kuisiонер Uji Organoleptik Produk Nasi Sorgum Instan.....97

**Lampiran 3.** Hasil Analisa Kadar Air Produk Nasi Sorgum Instan .....99

**Lampiran 4.** Hasil Analisa Kadar Pati Produk Nasi Sorgum Instan.....100

**Lampiran 5.** Hasil Analisa Kadar Amilosa Produk Nasi Sorgum Instan .....102

**Lampiran 6.** Hasil Analisa Waktu Rehidrasi Produk Nasi Sorgum Instan .....103

**Lampiran 7.** Hasil Analisa Daya Serap Air Produk Nasi Sorgum Instan .....105

**Lampiran 8.** Hasil Analisa Rendemen Produk Nasi Sorgum Instan.....107

**Lampiran 9.** Hasil Analisa Kekerasan (Hardness) Produk Nasi Sorgum Instan.....108

**Lampiran 10.** Hasil Analisa Densitas Kamba Produk Nasi Sorgum Instan .....109

**Lampiran 11.** Hasil Analisa Kecerahan (\*L) Produk Nasi Sorgum Instan .....110

**Lampiran 12.** Hasil Analisa Kemerahan (\*a) Produk Nasi Sorgum Instan .....112

**Lampiran 13.** Hasil Analisa Kekuningan (\*b) Produk Nasi Sorgum Instan.....113

**Lampiran 14.** Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Tekstur.....114

**Lampiran 15.** Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Rasa .....116

**Lampiran 16.** Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Warna .....118

**Lampiran 17.** Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Kenampakkan....120

**Lampiran 18.** Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Keseluruhan .....122

**Lampiran 19.** Pemilihan Hasil Perlakuan Terbaik.....124

**Lampiran 20.** Paired T test Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan Perlakuan .....127

**Lampiran 21.** Dokumentasi Penelitian .....129





## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sorgum (*S. bicolor* (L.) Moench) merupakan biji-bijian yang berpotensi dikembangkan di Indonesia, hal ini didukung dengan upaya pemerintah dalam mengembangkan tanaman sorgum sebagai pangan alternatif. Pada tahun 2020 Kementerian Pertanian Republik Indonesia mengadakan program bantuan benih pangan alternatif berupa sorgum. Program tersebut direalisasikan dengan mengalokasikan seluas 5000 hektar untuk mengembangkan sorgum. Pengembangan tanaman sorgum berkaitan dengan banyak keunggulan yang dimiliki. Hampir seluruh tanaman sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri seperti gula, sirup, dan tepung pengganti tepung terigu. Sorgum juga dapat dijadikan pangan alternatif yang menyehatkan karena kaya akan kandungan vitamin B6, thiamin, niasin, zat besi, dan mangan (Kementan, 2020). Berdasarkan data USDA (2019b) tiap 100 g biji sorgum mengandung 72,1 g karbohidrat, 10,6 g protein, 3,46 g lemak, 6,7 g serat pangan, 1,43 g abu, dan 329 kcal energi, sedangkan beras mengandung 76,2 g karbohidrat, 7,54 g protein, 1,21 g lemak, 3,6 g serat pangan, 1,21 g abu, dan 367 kcal energi (USDA, 2019a). Di Indonesia beras biasanya diolah menjadi nasi sebagai makanan pokok utama. Komposisi nutrisi sorgum yang hampir sama dengan beras menjadikan sorgum berpotensi untuk diolah menjadi nasi sebagai alternatif beras atau makanan pokok utama masyarakat Indonesia.

Pada umumnya menanak sorgum membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan menanak nasi dari beras, tekstur butiran nasi sorgum yang dihasilkan pun cenderung lebih padat (Taylor and Duodu, 2018). Sorgum juga memerlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dimasak karena tekstur bijinya yang keras. Proses pengolahan yang dilakukan meliputi penggilingan, pengupasan kulit, dan perendaman. Pengolahan ini bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan serta merubah struktur fisik biji-bijian. Rangkaian proses pengolahan tersebut tentunya membutuhkan waktu yang lama (Salazar-López et al., 2018). Dibutuhkan pengembangan produk instan untuk mempercepat proses pemasakan nasi sorgum. Berdasarkan penelitian Widowati et al., (2010) terkait nasi sorgum instan diperoleh hasil bahwa nasi sorgum instan memiliki waktu rehidrasi kisaran 4,1 – 4,4 menit. Nasi instan merupakan produk pangan dengan persiapan masak yang cepat karena hanya membutuhkan waktu rehidrasi 3-5 menit selanjutnya dapat langsung dikonsumsi. Keunggulan lain dari nasi instan yaitu memiliki umur simpan yang lebih lama dan mudah dibawa (Sripinyowanich and 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). Menurut Sasmitaloka et al. (2020) suhu dan lama pembekuan dapat mempengaruhi sifat fisikokimia nasi instan. *Pretreatment* berupa proses pembekuan sebelum pengeringan menjadi proses yang direkomendasikan untuk dilakukan karena dapat memperbaiki tekstur dari nasi instan (Rewthong et al., 2011). Lebih lanjut Sasmitaloka et al. (2019) menjelaskan bahwa suhu dan lama pembekuan dapat meningkatkan porositas pada struktur nasi instan karena peningkatan porositas pada nasi instan dipengaruhi oleh volume ekspansi kristal es selama pembekuan. Adanya *pretreatment* pembekuan dapat membantu meningkatkan porositas struktur nasi instan, sehingga dapat mempercepat proses pengeringan dan rehidrasi (Le and Jittanit, 2015). 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).

Suhu dan lama pembekuan menjadi salah satu tahapan kritis dalam pengolahan nasi sorgum instan, oleh karenanya pada penelitian ini digunakan perlakuan suhu dan lama pembekuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas nasi sorgum instan. Suhu dan lama pembekuan yang dipilih meliputi suhu pembekuan -4, -12, dan -20°C dengan lama pembekuan 12, 18, dan 24 jam. Pemilihan suhu pembekuan -4°C dengan lama pembekuan 24 jam mengacu pada penelitian Widowati et al. (2010) terkait nasi sorgum instan, sedangkan penggunaan suhu pembekuan -20°C dan lama pembekuan 12, 18, dan 24 jam berdasarkan pada penelitian (Sasmitaloka et al., 2020) terkait pengaruh suhu dan lama pembekuan terhadap nasi instan dari beras Sintanur yang merupakan beras dengan amilosa rendah. Pada penelitian tersebut menggunakan suhu pembekuan -4°C dan -20°C dan lama pembekuan 12, 18 dan 24 jam serta diperoleh hasil perlakuan terbaik dengan suhu pembekuan -20°C selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan penelitian pendahuluan untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan dengan kontrol terhadap karakteristik fisik meliputi waktu rehidrasi, daya serap air, dan rendemen nasi sorgum instan. Selain itu, pada penelitian tersebut juga ditambahkan suhu pembekuan -12°C sehingga masing-masing faktor terdapat tiga taraf berbeda. Berdasarkan hasil dari penelitian pendahuluan diperoleh bahwa pada semua perlakuan menghasilkan nasi sorgum instan dengan waktu rehidrasi 5-10 menit serta jumlah rendemen dan daya serap air yang relatif lebih tinggi dibandingkan nasi sorgum tanpa proses pembekuan. Oleh karenanya, pada penelitian ini menggunakan faktor suhu dan lama pembekuan dengan taraf tersebut, dimana dapat meningkatkan kualitas fisik dari nasi sorgum instan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh suhu dan lama pembekuan beserta interaksinya terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik dari nasi sorgum instan?

## 1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama pembekuan serta interaksi dari kedua perlakuan terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik dari nasi sorgum instan.

## 1.4. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk membantu upaya diversifikasi pangan dengan menyediakan produk pangan alternative sebagai pilihan lain selain nasi dari beras, serta memberikan informasi suhu dan lama pembekuan yang dapat menghasilkan karakteristik akhir (fisik, kimia, dan organoleptik) nasi sorgum instan terbaik.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Sorgum

#### 2.1.1. Tanaman Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L) Moench ) merupakan hasil pertanian yang masuk dalam komoditas serealia dari famili *graminae* (Kinanti et al., 2014). Spesies sorgum terdiri dari 29 spesies, dimana dari semua spesies yang ada jenis sorgum *bicolor* (L.) Moench merupakan spesies sorgum yang banyak dibudidayakan dan dikenal sebagai tanaman penting dunia dengan pemanfaatannya yang tidak hanya digunakan sebagai bahan pangan (Aruna et al., 2018). Menurut Ratnavathi et al. (2016) sorgum merupakan tanaman dunia sebagai serealia penting kelima. Pendapat tersebut juga didukung dengan data dari FAO STAT (2021) bahwa pada tahun 2019 di 47 negara di dunia, sorgum menempati posisi kelima setelah jagung, padi, gandum dan barley berdasarkan jumlah produksinya. Jumlah produksi beberapa jenis serealia tahun 2019 dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut ini.

**Tabel 2.1** Jumlah Produksi 5 Jenis Serealia di 47 Negara pada Tahun 2019

Jenis Serealia	Jumlah Produksi (ton)
Jagung	1.264.426.018
Padi	748.768.769
Gandum	743.673.895
Barley	100.361.100
Sorghum	39.084.689

Sumber: (FAO STAT, 2021).

Berdasarkan sejarah yang ada, tanaman ini berasal dari negara Afrika Timur (Susilowati and Saliem, 2013). Di setiap daerah di Indonesia sorgum dikenal dengan istilah yang berbeda-beda. Masyarakat suku Jawa mengenal sorgum dengan berbagai nama seperti *centel*, *gandum*, *jagung pari*, dan *oncer*. Sedangkan orang-orang sunda menyebut biji sorgum dengan nama *gandrum*, *gandrung*, *kumpay*, *jagung cetrik*, dan *degem*. Daerah minangkabau menyebutnya sebagai *gandum* dan *jagung garai*. Di Flores disebut sebagai *sela* serta di Sumba dikenal sebagai *wataru hamu* (Widowati, 2010).

Spesies sorgum dikelompokkan menjadi 5 spesies yaitu *Sorghum almum* Parodi, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Sorghum propinquum* (Kunth) Hitchc., dan sorgum hasil persilangan (*hybrid*) antara *Sorghum bicolor* var. *bicolor* dengan *Sorghum bicolor* var. *sudanense* (Murtini and Sabilla, 2020). Dari kelima spesies tersebut yang paling banyak tersebar luas di seluruh dunia adalah spesies jenis sorgum *bicolor* (L.) Moench (Arif, 2020). Sorgum *bicolor* (L.) Moench ini dibagi menjadi 3 subspecies yang

terdiri dari *subsp. bicolor*, *subsp. drummondii* dan *subsp. verticilliflorum* (Ohadi et al., 2017). Selanjutnya terdapat 4 ras liar dari *subsp. verticilliflorum* yaitu *arundinaceum*, *virgatum*, *aethiopicum* dan *verticilliflorum* (Reddy and Patil, 2015). Menurut De Wet (1978) persebaran sorgum di Afrika dan Asia Selatan terbagi menjadi 4 yaitu sorgum yang dibudidayakan (*S. bicolor*), *S. almum* Parodi, *S. propinquum* (Kunth) Hitchc., dan *S. halepense*. Ras sorgum dari *subsp. bicolor* yang dibudidayakan antara lain *bicolor*, *guinea*, *kafir*, *caudatum* dan *durra*. Adapun perbedaan karakteristik dari kelima ras tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.2**. Ras sorgum selanjutnya dari *subsp. bicolor* terbagi menjadi 10 ras sorgum yang merupakan hasil hibridisasi dari 5 ras tersebut yang terdiri dari *Guinea-bicolor*, *Caudatum-bicolor*, *Kafir-bicolor*, *Durra-bicolor*, *Guinea-caudatum*, *Guinea-kafir*, *Guinea-durra*, *Kafir-caudatum*, *Durra-caudatum* dan *Kafir-durra* (Reddy and Patil, 2015).

**Tabel 2.2** Ras Sorgum dari *subsp. bicolor* beserta Karakteristiknya

Ras	Karakteristik		
	Malai (bunga)	Tulang belakang	Sekam
<i>Bicolor</i>	Memiliki sistem bunga yang terbuka	Umumnya berukuran panjang dengan cabang yang sedikit kaku	Berbentuk simetris dan kondisi sekam mengatup dengan ukuran kecil, meliputi $\frac{3}{4}$ atau lebih dari biji yang memanjang
<i>Guinea</i>	Berukuran panjang dan terjumbai	Berukuran panjang dengan cabang yang pendek	Sekam tergulung sehingga menutupi sebagian besar bulir dan terlihat rata
<i>Caudatum</i>	Sistem perbungaan rapat dan sedikit membuka dengan tangkai bunga yang kuat	Memiliki cabang yang kaku	Berbulu halus dan sebagian menutupi biji
<i>Kafir</i>	Bentuk malai lurus	Berukuran panjang	Kondisi sekam mengatup dan panjang sehingga menutupi biji yang simetris
<i>Durra</i>	Cenderung kaku, padat, kompak, dan berbulu	Tulang belakang yang kuat, tersembunyi, dan terkadang tumbuh dengan tegak dan memiliki bulu yang banyak	Memiliki kerutan melintang yang jelas

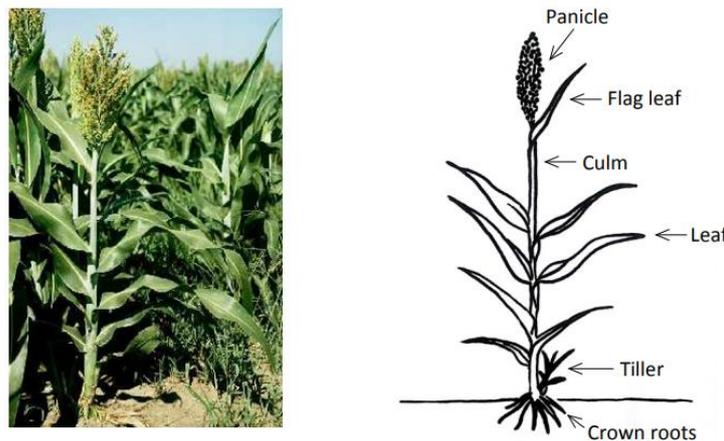
Sumber : Aruna et al., (2018).

Pemanfaatan sorgum sangat bervariasi tidak hanya digunakan sebagai makanan untuk manusia, namun juga bisa dimanfaatkan untuk pakan ternak, bahan bangunan, pagar, serta dapat dimanfaatkan untuk pembuatan sapu (Berenji et al., 2011). Pada industri pangan, sorgum biasanya dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan asam amino, gula, monosodium glutamate (MSG), serta dimanfaatkan pada industri minuman (Kinanti et al., 2014). Menurut Government (2017) secara komersial sorgum terbagi menjadi tiga pemanfaatan yaitu sebagai makanan, pakan ternak, dan bahan bakar nabati. Pemanfaatan



sorgum sebagai makanan dapat diolah dengan berbagai cara seperti direbus untuk dijadikan nasi, dipanggang atau *popping* untuk dibuat seperti popcorn, digiling untuk dijadikan tepung sebagai bahan baku untuk membuat roti, bubur, pancake, muffin, *breakfast cereal*, serta sebagai bahan baku minuman beralkohol maupun non-alkohol. Pada jenis sorgum dengan kadar gula tinggi bisa dimanfaatkan dalam pembuatan gula. Pemanfaat sorgum sebagai pakan ternak bisa dimanfaatkan untuk pakan sapi, babi, maupun hewan unggas, dimana pakan ternak dari sorgum menjadi alternatif yang murah dibandingkan jagung karena kebutuhan akan air yang sedikit. Sorgum juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku etanol karena karakteristiknya yang memenuhi, dimana sorgum memiliki kemampuan pembudidayaan pada kondisi kering dan panas serta kandungan pati yang tinggi yaitu sekitar 70%. Keunggulan sorgum selain dari pemanfaatannya juga dapat dilihat baik dari segi pembudidayaan maupun kandungan nutrisi. Sorgum memiliki kemampuan daya adaptasi yang luas, tahan terhadap gangguan dari hama penyakit, tahan terhadap kekeringan, serta produktivitasnya tinggi (Andriani and Isnaini, 2013). Ditinjau dari kandungan nutrisinya sorgum memiliki kandungan protein, lemak, dan serat pangan yang lebih tinggi dibandingkan beras (USDA, 2019b).

Morfologi sorgum terdiri dari akar, daun, batang, bunga (malai), dan biji (Du Plessis, 2003). Menurut Erawati (2020) tanaman sorgum memiliki ciri-ciri antara lain memiliki tinggi tanaman mencapai 2-4 m dengan penampilan yang bagus serta biji dengan jumlah yang banyak dan berukuran kecil. Morfologi dari tanaman sorgum dapat dilihat pada **Gambar 2.1** di bawah ini.



**Gambar 2.1** Morfologi Sorgum (Government, 2017)

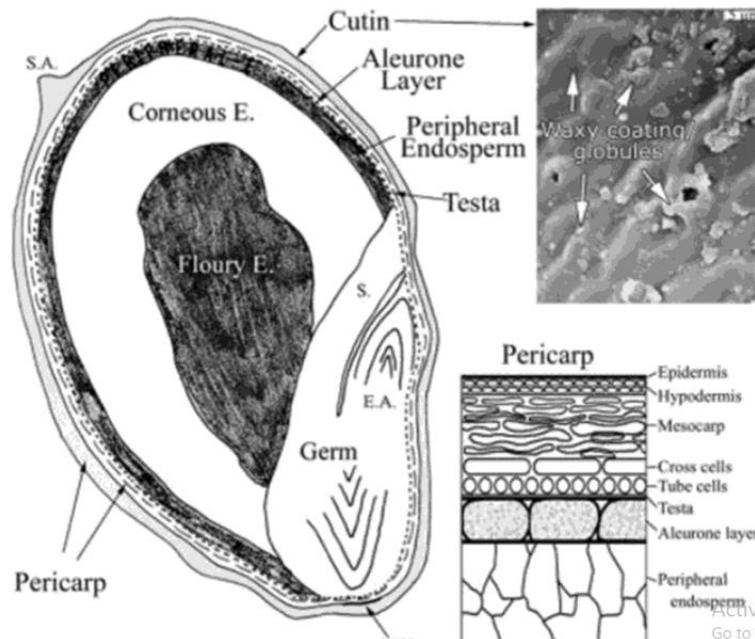
Akar tanaman sorgum terdiri dari akar primer dan sekunder. Daun tanaman sorgum berbentuk datar berwarna hijau, dan memiliki luas yang lebih kecil dibandingkan daun jagung, dimana daun tanaman sorgum dilapisi oleh lapisan lilin yang tipis. Batang sorgum kokoh dan kering yang dilapisi oleh lapisan lilin. Lapisan ini dapat menghambat transpirasi

sehingga sorgum memiliki kemampuan yang lebih toleran terhadap kondisi kering. Perbungaan sorgum bisa tertutup atau terbuka dan memiliki biji yang berbentuk lonjong hingga bulat. Warna biji sorgum bervariasi bisa merah, putih, kuning, coklat, atau perpaduan dari warna-warna tersebut (Du Plessis, 2003). Daun sorgum terdiri dari helai daun dan tangkai daun, dimana daunnya memiliki bentuk seperti pita. Jumlah daun sorgum juga bergantung pada varietasnya. Jumlah daun sorgum berkisar antara 7-40 helai. Pada bagian ujung tanaman sorgum terdapat rangkaian bunga berbentuk malai. Secara utuh bunga sorgum terdiri atas rangkaian bunga (raceme), bunga (spikelet), malai (peduncle), serta malai (panicle) (Sumarno dkk, 2013). Perbungaan sorgum terdiri dari malai dengan panjang mencapai 50-60 cm. Jumlah bunga pada malai sorgum bervariasi berkisar antara 1600-4000. Tinggi tanaman sorgum mencapai 0,5-6 m (Government, 2017). Batang sorgum dapat menghasilkan tunas baru pada bagian ruas batang ketika bagian atas batang rusak. Tunas tersebut akan tumbuh sebagai anakan jika tumbuh di bagian ruas paling bawah. Jumlah anakan sorgum dipengaruhi oleh genetika, persediaan karbon, serta suhu pada malam hari (Aruna et al., 2018).

### 2.1.2. Biji Sorgum

Biji sorgum terdiri dari beberapa lapisan penyusunnya. Lapisan terluar terdiri dari lapisan pericarp dan hilum dengan presentase 7,3-9,3% dari berat biji sorgum. Pada saat fase masak fisiologis hilum akan berubah warna semakin gelap. Hilum terletak dibagian dasar dari biji sorgum. Pericarp tersusun dari tiga lapisan yaitu lapisan epicarp (lapisan luar), mesokarp (lapisan tengah) dan endocarp. Pada lapisan mesokarp terkandung sedikit pati dan memiliki bentuk poligonal yang cukup tebal. Sedangkan di lapisan endocarp terdapat testa dan aleuron yang merupakan tempat adanya seyawa fenolik (Sumarno et al., 2013). Dimana testa tersebut termasuk bagian dari lapisan luar atau pericarp yang merupakan tempat penyimpanan dari senyawa tanin dan pigmen di beberapa genotip sorgum. Sedangkan aleuron adalah bagian dari endosperm. Aleuron dan testa merupakan lapisan yang membatasi antara kulit biji sorgum dengan endosperm. Biji sorgum banyak mengandung senyawa tanin dan biasanya terkonsentrasi di lapisan kulit khususnya pada lapisan pericarp dan sebagian besar tersebar di lapisan testa. Semakin banyak kandungan tanin maka warna testa akan semakin gelap (Ratnavathi et al., 2016). Sedangkan pada lapisan aleuron merupakan penutup luar yang terdiri dari satu lapisan sel panjang yang berdekatan dengan testa atau sel tabung. Sel pada aleuron ini memiliki dinding tebal dan terdapat sejumlah besar protein (protein dan enzim), abu (fitin), dan minyak (spherosom) (Taylor dan Duodu, 2018). Ketebalan dari kullit di bagian pericarp, tekstur, serta ada

tidaknya testa menjadi faktor yang dapat mempengaruhi warna biji sorgum (Ratnavathi et al., 2016). Bagian-bagian biji sorgum secara runtut ditunjukkan pada **Gambar 2.2** berikut.



**Gambar 2.2** Bagian-Bagian Biji Sorgum (Ciampitti et al., 2019)

Biji sorgum merupakan caryopsis yang tersusun atas tiga bagian utama yakni pericarp, germ dan endosperm (Ciampitti et al., 2019). Ketiga komponen ini memiliki komposisi bervariasi yang dipengaruhi oleh varietas dan kondisi lingkungannya. Akan tetapi, secara umum biji sorgum memiliki 6,5% pericarp, 9,4% germ, dan 84,2% endosperm (Taylor dan Duodu, 2018). Biji sorgum mengandung komposisi nutrisi seperti protein, serat, lemak, abu, dan pati yang terkandung 100% pada caryopsis dan tersebar pada tiga komponen utama yaitu pericarp, germ dan endosperm dengan komposisi yang bervariasi (Ciampitti et al., 2019). Pada **Tabel 2.3** akan ditunjukkan komponen kimia dari pericarp, germ, dan endosperm. Keberadaan biji pada tanaman sorgum tertutupi oleh sekam yang memiliki beragam warna tergantung dari varietas yaitu berwarna putih, coklat muda, atau krem. Karena ukuran dan bentuk biji sorgum yang bervariasi, maka dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu biji dengan ukuran kecil 8-10 mg, biji berukuran sedang 12-24 mg, dan biji berukuran besar 25-35 mg (Sumarno et al., 2013).

**Tabel 2.3** Komposisi dan Komponen Biji Sorgum

	Kariopsis	Pericap	Lembaga	Endosperma
Kariopsis (%)	100	6,5	9,4	84,2
Kisaran	-	4,3-8,7	8,0-10,9	81,7-86,5
Protein (%)	11,3	6	18,4	10,5
Kisaran	7,3-15,6	5,2-7,6	17,8-19,2	8,7-13,0
Persebaran	100	4	14,9	80,9
Serat (%)	2,7	-	-	-
Kisaran	1,2-6,6	-	-	-
Persebaran	100	-	-	-
Lemak (%)	3,4	4,9	28,1	0,6
Kisaran	0,5-5,2	3,7-6,0	26,9-30,6	0,4-0,8
Persebaran	100	10,6	76,2	13,2
Mineral (%)	1,7	2	10,4	0,4
Kisaran	1,1-2,5	-	-	0,3-0,4
Persebaran	100	10,8	68,6	20,6
Pati (%)	71,8	34,6	13,4	82,5
Kisaran	55,6-75,2	-	-	81,3-83,0
Persebaran	100	3,8	1,8	94,4

Sumber : Ciampitti dan Prasad (2020)

Kandungan protein pada biji sorgum basis kering lebih tinggi dibandingkan dengan beras dan jagung yaitu 10% kandungan protein biji sorgum basis kering, 7% protein pada beras, dan 8,9% protein pada jagung (Illaningtyas et al., 2014). Untuk memenuhi kebutuhan asam amino esensial, sorgum biasanya dikonsumsi bersama dengan kacang-kacangan karena tidak adanya jenis asam amino lisin pada sorgum. Protein yang terkandung dalam sorgum terdiri dari albumin (protein larut air), globulin (protein larut garam), glutenin (protein larut alkohol, detergen, dan larutan basa), kafarin 1 (protein larut alkohol), dan kafarin 2 atau biasa disebut dengan *cross-linked* kafarin (protein larut alkohol dan bahan reduktan) (Wulandari, 2018). Lebih lanjut menurut Mohapatra et al. (2019) asam amino utama yang ada pada sorgum terdiri dari asam glutamat, arginin, asam aspartat, glisin, serin dan leusin. Bagian bawah kulit dari biji sorgum atau di lapisan endosperm banyak mengandung protein. Meskipun demikian, protein juga tersebar di beberapa bagian biji seperti lembaga dan kulit sorgum. Namun, untuk jumlah protein pada masing-masing bagian tersebut berbeda-beda tergantung pada jenis proteinnya. Protein yang terdapat pada lembaga memiliki nilai gizi yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan protein yang ada pada endosperm. Jenis asam amino triptofan, lisin, dan treonin pada biji sorgum jumlahnya relatif rendah (Sumarno et al., 2013). Presentase protein pada biji sorgum kering mencapai 9,50%. Kandungan protein sorgum sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan protein jagung, namun dengan adanya kandungan zat anti nutrisi berupa tanin yang dapat mengikat protein membuat penyerapan protein sorgum dalam tubuh terganggu. Asam amino lysine dan triptofan juga tidak terdapat pada protein sorgum, sehingga protein sorgum kurang mencukupi kebutuhan tubuh akan asam amino tersebut (Murtini and Wijayanti, 2020).



Kandungan lemak pada biji sorgum paling banyak terletak dibagian germ. Lemak terbagi menjadi tiga jenis yaitu lemak non-polar, glikolipid, dan fosfolipid. Kandungan lemak total pada biji sorgum berkisar 2,1 g per 100 gram biji kering sampai 6,6 g per 100 g (Belton and Taylor, 2013). Lemak nabati seperti pada sorgum banyak mengandung asam lemak esensial diantaranya asam linolenat, asam linoleat dan arakidona. Asam-asam lemak esensial tersebut sangat dibutuhkan dan memberikan manfaat pada kesehatan tubuh. Asam lemak yang terdapat pada tanaman diperoleh dari tahap respirasi pertama yaitu proses glikolisis yang menghasilkan asam lemak karena adanya oksidasi asam piruvat (Siswanto et al., 2015). Ras sorgum seperti *bicolor*, *durra*, dan *guinea* memiliki asam linoleat yang lebih tinggi dibandingkan dengan ras *caudatum*. Adapun komposisi asam lemak pada biji sorgum yaitu mengandung 49% asam linoleat, 31% asam oleat, 14% asam palmitat, 2,7% asam linolenat, dan 2,1% asam stearate (Aruna et al., 2018).

Endosperm merupakan bagian biji sorgum yang banyak mengandung pati. Pati adalah salah satu komponen kimia yang terdiri dari dua molekul polimer yakni amilosa dan amilopektin. Amilosa terdiri dari rantai linier unit glukosa yang dihubungkan oleh ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik, sedangkan amilopektin merupakan rantai glukosa yang dihubungkan oleh ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik dengan ikatan cabang  $\alpha$ -1,6 glikosidik (Taylor and Duodu, 2018). Berdasarkan tekstur endosperm, biji sorgum terbagi menjadi tiga jenis yaitu waxy sorgum, regular sorgum, dan heterowaxy yang merupakan hasil persilangan waxy sorgum dengan regular sorgum. Kandungan amilosa pada waxy sorgum lebih rendah yaitu hanya sebesar 5% amilosa, dibandingkan dengan jenis heterowaxy yang mengandung amilosa sebesar 14% dan pada endosperm biji regular sorgum sekitar 23-30% amilosa. Oleh karenanya, waxy sorgum menjadi jenis sorgum yang memiliki daya cerna pati lebih tinggi karena banyak mengandung amilopektin daripada amilosa. Dimana amilopektin lebih mudah untuk didegradasi oleh enzim (Aruna et al., 2018). Pada biji sorgum pati merupakan komponen utama yang diikuti dengan protein. Pada umumnya biji sorgum mengandung 70-80% amilopektin dan amilosa 20-30%, sedangkan pada jenis waxy sorgum mengandung 100% amilopektin. Pada biji sorgum komponen gula larut utama diantaranya yaitu sukrosa, glukosa, dan fruktosa, sedangkan maltose merupakan komponen kecil dari gula larut air (Board, 2010). Komposisi kimia yang terkandung dalam sorgum lebih lengkap dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

**Tabel 2.4** Komposisi Nutrisi pada Sorgum

Komponen	Kisaran
<b>Komponen Utama (%)</b>	
Protein	4,4-21,20
Protein larut air	0,30-0,90
Lisin	1,06-3,64
Pati	55,60-75,20
Amilosa	21,20-30,20
Gula larut air	0,70-4,20
Gula reduksi	0,05-0,53
Serat kasar	1,00-3,40
Lemak	2,10-7,60
Kadar abu	1,30-3,30
<b>Mineral (Mg/100 g)</b>	
Kalsium	11,00-586,00
Fosfor	167,00-751,00
Besi	0,90-20,0
<b>Vitamin (Mg/100 g)</b>	
Tiamin	0,24-0,54
Niasin	2,90-6,40
Riboflavin	0,10-0,20
<b>Faktor Antinutrisi</b>	
Tanin (%)	0,1-7,22
Asam fitat (mg/100 g)	70,00-314,00

Sumber : Aruna et al., (2018).

Tanin menjadi salah satu senyawa antinutrisi yang terkandung dalam biji sorgum. Kandungan tanin pada biji sorgum sekitar 0,10-3,60% (Asropi et al., 2019). Senyawa ini termasuk dalam golongan polifenol dengan karakteristik memiliki satu sampai dua gugus hidroksil serta terdapatnya cincin aromatik (Rahmadi et al., 2016). Keberadaan tanin utamanya tersebar dibagian kulit luar yaitu pada lapisan pericarp dan jumlah paling banyak di daerah testa yang terletak di bawah kulit biji sorgum. Senyawa polifenol ini memiliki kemampuan dalam mengikat protein dan karbohidrat. Adanya ikatan tanin dengan protein maupun karbohidrat menjadi penyebab daya cerna dari kedua nutrisi tersebut menjadi turun. Oleh karena itu, tanin disebut sebagai senyawa antinutrisi (Asropi et al., 2019). Tidak hanya itu, tanin dapat memberikan rasa pahit serta mempengaruhi warna dari biji sorgum. Dimana semakin tinggi kandungan tanin, maka warna biji akan semakin gelap. Meskipun demikian, produksi tanin pada biji sorgum merupakan hasil metabolisme sekunder dengan tujuan untuk mempertahankan diri dari gangguan lingkungan sekitar. Oleh karenanya, tanin dapat dijadikan sebagai indikator untuk mengetahui kondisi lahan penanaman sorgum. Semakin tinggi kandungan tanin menandakan kondisi lahan yang tidak mendukung untuk pertumbuhan akibat adanya serangan dari burung ataupun jamur (Sumarno et al., 2013). Selain sebagai bentuk pertahanan diri, tanin juga memiliki manfaat bagi kesehatan manusia, diantaranya dapat berfungsi sebagai anti kanker dan antioksidan karena tanin memiliki kemampuan untuk menangkap radikal bebas. Pada biji sorgum salah satu jenis tanin yang berikatan dengan karbohidrat yaitu gallotanin. Tanin jenis ini merupakan ikatan



dari asam galat dengan karbohidrat (Setiarto and Widhyastuti, 2017). Tanin merupakan senyawa antinutrisi sehingga perlu adanya proses pengolahan seperti pengupasan, *decortication*, pemasakan dan fermentasi yang dapat menurunkan kadar tanin pada biji sorgum (Mukkun et al., 2021).

Senyawa antinutrisi lain yang terkandung dalam biji sorgum adalah asam fitat. Berbeda dengan tanin yang dapat mengikat protein dan karbohidrat, asam fitat dikatakan sebagai antinutrisi karena mampu mengikat mineral. Secara umum asam fitat yang terkandung pada komoditas sereal merupakan bentuk simpanan dari fosfor. Adanya ikatan asam fitat dengan mineral menyebabkan penyerapan mineral menjadi turun sekaligus mengakibatkan defisiensi mineral khususnya zat besi (Setiarto and Widhyastuti, 2017). Kandungan asam fitat pada biji sorgum bervariasi untuk varietas yang berbeda, dimana kandungan asam fitat pada biji sorgum berkisar antara 0,27–1%. Asam fitat pada biji sorgum terkonsentrasi pada bagian germ dan sebagian berada pada bagian pericarp. Asam fitat memiliki struktur yang membuatnya mampu membentuk kompleks tidak larut dengan kation mineral dan protein. Pembentukan kompleks tersebut menyebabkan penurunan ketersediaan mineral dalam tubuh dan daya cerna protein (Murtini and Wijayanti, 2020). Upaya yang bisa dilakukan untuk mengatasi hal tersebut bisa berupa proses pengolahan seperti perendaman dan fermentasi yang secara signifikan dapat menurunkan kandungan asam fitat pada biji sorgum (Taylor and Duodu, 2018).

### 2.1.3. Sorgum Varietas Numbu

Di Indonesia terdapat 15 varietas unggul sorgum yang dibudidayakan. Pemanfaatan biji sorgum di Indonesia biasanya dijadikan sebagai bahan pangan seperti di daerah NTT, NTB dan Jawa Tengah yang secara turun temurun biasanya menanam sorgum setelah panen padi. Salah satu varietas unggul yang banyak dikembangkan adalah varietas numbu dengan potensi hasil mencapai 5 t/ha pada lahan optimal (Santoso et al., 2013). Varietas unggul sorgum yang dibudidayakan dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

**Tabel 2.5** Varietas Unggul Sorgum di Indonesia

Varietas	Potensi hasil (t/ha)	Warna Biji
Cempaka	3,50	Putih
Bidroof	3,50	Putih, coklat tua
Katengu	3,50	Coklat tua
No.46	4,00	Putih, coklat tua
No.6C	4,50	Kemerah-merahan
UPCA-S2	4,50	Coklat
UPCA-S1	4,00	Coklat
KD4	4,00	Putih
Keris	3,00	Putih
Badik	3,00	Putih
Hegari genjah	3,70	Putih
Mandau	4,50	Coklat muda
Sangkur	3,80	Coklat muda
Kawali	4,76	Krem
Numbu	5,05	Krem

Sumber: Subagio and Suryawati (2013).

Pada tahun 2012-2013 Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melakukan kerja sama dengan Kementrian BUMN untuk melaksanakan pengembangan sorgum di beberapa wilayah dengan tujuan untuk menguji kelayakan sorgum sebagai bahan pangan alternatif dan bioenergi. Salah satu sorgum yang diuji adalah sorgum varietas Numbu. Varietas ini diuji di daerah Sidrap dan Sulawesi Selatan dengan luas area 3,2 ha serta di wilayah Wayngapu, NTT ditanam seluas 4,0 ha sebagai pakan ternak, sirup, dan tepung (Talanca and Andayani, 2016). Dalam rangka mengembangkan tanaman sorgum Kementrian Pertanian melalui Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah menghasilkan 6 varietas unggul sorgum antara lain sorgum varietas Kawali, Numbu, Super 1, Super 2, Suri 3 Agritan, dan Suri 4 Agritan (PUSTAKA, 2019). Pada penilitian ini menggunakan salah satu varietas unggul tersebut yaitu varietas Numbu. Pemilihan varietas sorgum pada penelitian ini didasarkan pada kadar karbohidrat, dimana nasi sorgum instan dapat menjadi alternatif sumber karbohidrat sebagai makanan pokok selain nasi dari padi. Pada tabel 2. dapat dilihat bahwa kadar karbohidrat varietas Numbu relatif lebih tinggi dibandingkan dengan varietas unggul sorgum yang lain. Komponen dari karbohidrat seperti pati dan amilosa juga dapat mempengaruhi karakteristik akhir nasi sorgum instan. Varietas Numbu mengandung pati sebesar 86,45% dengan kadar amilosa yang lebih rendah dan kadar amilopektin yang lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Kawali (Mukkun et al., 2021), hal ini menjadi pertimbangan pemilihan sorgum varietas Numbu. Pemilihan varietas Numbu juga berdasarkan pada penelitian sebelumnya terkait pembuatan beras analog dari tepung sorgum, diperoleh hasil analisa sensori terbaik pada varietas sorgum Numbu dengan nilai atribut warna dan tekstur yang paling disukai serta pada penelitian terkait tepung sorgum dari varietas Numbu yang memiliki waktu rehidrasi paling cepat. Adapun

kandungan nutrisi dan karakteristik dari masing-masing varietas unggul sorgum dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

**Tabel 2.6** Komposisi Nutrisi Varietas Unggul Sorgum

Komposisi Nutrisi	Numbu	Kawali	Super 1	Super 2	Suri 3 Agritan	Suri 4 Agritan
Karbohidrat (%)	84,6	87,9	71,3	75,6	84,6	64,93
Protein (%)	9,1	8,8	12,9	9,2	9,1	15,42
Lemak (%)	3,9	2,0	2,2	3,1	3,9	3,96
Tanin (%)	0,18	-	0,11	0,3	-	0,13

Sumber: PUSTAKA (2019).

Sorgum varietas numbu berasal dari galur IS 23509 dari SADC (South African Development Community). Varietas ini memiliki kemampuan tahan terhadap penyakit karat dan bercak daun (Talanca and Andayani, 2016). Sorgum varietas Numbu merupakan sorgum hasil hibrida dengan pemanfaatan sebagai produk pangan yang ditandai dengan warna biji putih. Batang nya memiliki ukuran yang relatif pendek sekitar 90-120 cm (Mukkun et al., 2021). Tanaman sorgum varietas Numbu dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Tanaman Sorgum Varietas Numbu (Erawati, 2020)

Sorgum varietas Numbu memiliki variasi ukuran biji yaitu 4,2; 4,8 dan 4,4 mm dengan bentuk biji bulat rata. Biji sorgum varietas Numbu berwarna krem dan memiliki bobot 36-37 g tiap 1000 biji (Erawati, 2020). Pati pada biji sorgum merupakan jenis pati yang baik karena terdiri dari pati resisten (RS) dan komponen pati yang dapat dicerna secara perlahan (SDS) dengan proporsi yang lebih tinggi. Kedua jenis pati ini sangat bermanfaat karena dapat berkontribusi untuk menurunkan indeks glikemik (Mukkun et al., 2021). Pemanfaatan sorgum varietas Numbu sebagai olahan pangan didukung dengan kandungan tanin yang relatif lebih rendah dibandingkan varietas unggul sorgum lain yaitu sebesar 0,18% dalam berat kering. Adapun kandungan nutrisi pada sorgum varietas Numbu yang telah disosoh dalam persentase berat basah yaitu kadar air sebesar 12,08%, kadar abu 1,42%, kadar protein 1,82%, kadar serat kasar sebesar 7,85%, kadar lemak sebesar 1,76% serta kadar



karbohidrat sebesar 76,82% (Suarni and Firmansyah, 2016). Tampilan fisik biji sorgum varietas Numbu dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** Biji sorgum varietas Numbu (Dokumentasi pribadi, 2021)

## 2.2. Nasi Instan

### 2.2.1. Karakteristik Nasi Instan

Nasi instan merupakan nasi yang dihasilkan melalui proses instanisasi. Tujuan utama dari proses instanisasi adalah untuk mempercepat waktu penyajian produk. Salah satu kriteria utama dari nasi instan yang harus dipenuhi yaitu penyajiannya hanya membutuhkan waktu tidak lebih dari 5 menit. Selain waktu penyajian yang singkat, nasi instan juga sangat praktis untuk disajikan karena hanya membutuhkan rehidrasi dengan menyeduh produk menggunakan air panas. Oleh karenanya, salah satu sifat yang harus dimiliki dari nasi instan adalah memiliki kemampuan daya serap air yang baik atau bersifat hidrofilik (Sumartini, 2018). Nasi instan seperti nasi cup adalah sejenis nasi pregelatinisasi berkualitas tinggi. Konsumen dapat mengkonsumsinya hanya dengan menambahkan air panas dan menghangatkannya selama beberapa menit (Toriyama, 2005). Penyajian nasi instan sangat praktis karena dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Proses penyajian nasi instan dapat dilakukan hanya dengan penambahan air panas atau pemasakan menggunakan microwave serta membutuhkan waktu yang relatif singkat yaitu 5-10 menit jika dibandingkan dengan nasi biasa yang membutuhkan waktu diatas 15 menit (Obeta et al., 2019).

### 2.2.2. Proses Pembuatan

Secara umum, proses pembuatan nasi instan melalui beberapa tahap seperti perendaman, pencucian, penanakan (menggunakan rice cooker ataupun dengan metode konvensional), *thawing*, pembekuan, dan pengeringan. Semua tahapan pembuatan nasi

instan memiliki fungsi masing-masing yang dapat mempengaruhi karakteristik akhir nasi sorgum instan (Widowati et al., 2010).

### 1. Perendaman dan Pencucian

Tahap awal pembuatan nasi sorgum instan berupa perendaman dengan merendam biji sorgum dalam larutan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (Dinatrium Hidrogen Fosfat). Berdasarkan penelitian (Widowati et al., 2010) proses perendaman biji sorgum dalam larutan perendam dilakukan selama 2 jam untuk mendapatkan struktur biji yang *porous*. Menurut Agrawal et al. (2019) pada tahap awal pembuatan nasi instan, dilakukan perendaman beras dalam larutan natrium bikarbonat dan direbus dalam larutan dinatrium fosfat dan kalsium sitrat. Bahan aditif yang digunakan dalam perendaman dapat memodifikasi struktur internal beras seperti meningkatkan karakteristik hidrofilik dan menurunkan struktur protein pada beras mentah sehingga dapat meningkatkan laju penyerapan air. Pembuatan nasi sorgum instan dilanjutkan dengan pencucian biji sorgum yang telah direndam untuk menghilangkan kotoran dan bahan perendam yang menempel pada permukaan bulir atau granula biji sorgum (Widowati et al., 2010).

### 2. Penanakan

Dilanjutkan dengan penanakan nasi yang dapat merubah sorgum mentah menjadi nasi melalui proses gelatinisasi pati (Widowati et al., 2010). Nasi yang sudah tergelatinisasi harus dicuci terlebih dahulu menggunakan air mengalir sebelum dibekukan apabila menggunakan rice cooker, pencucian dimaksudkan untuk mencegah terjadinya penggumpalan. Sedangkan apabila menggunakan metode penanakan nasi secara konvensional tidak perlu dicuci dan bisa langsung dibekukan dalam freezer (Rewthong et al., 2011). Kisaran suhu gelatinisasi pati sorgum mencapai  $68-78^\circ\text{C}$ , dimana angka ini lebih tinggi dibandingkan dengan suhu gelatinisasi gandum yaitu  $58-64^\circ\text{C}$  (Kulamarva et al., 2009). Suhu gelatinisasi pati juga dapat diikuti dengan hilangnya sifat *bifringence*. Pada penelitian ini penanakan nasi sorgum dilakukan dengan metode konvensional (aron-kukus) menggunakan suhu sekitar  $100^\circ\text{C}$ . Jenis sorgum yang digunakan pada penelitian ini sebagai bahan baku adalah non-waxy. Suhu gelatinisasi pati sorgum jenis non-waxy memiliki suhu gelatinisasi awal kisaran  $63,0-63,8^\circ\text{C}$  dengan suhu akhir kisaran  $70,8-71,9^\circ\text{C}$  (Arendt and Zannini, 2013).

### 3. Pembekuan dan Thawing

Suhu pembekuan pada penelitian ini menggunakan suhu  $-4$ ,  $-18$ , dan  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 12, 18, dan 24 jam menggunakan freezer lemari pendingin. Suhu dan lama pembekuan menjadi salah satu tahap kritis pada pembuatan nasi instan, karena pembekuan dapat menghasilkan nasi berporos yang berfungsi untuk meningkatkan daya serap air, sehingga waktu rehidrasi menjadi lebih cepat. Sebelum dikerigkan nasi yang telah dibekukan harus di thawing terlebih dahulu untuk mencegah penggumpalan. Tahap akhir adalah pengeringan untuk membuat nasi memiliki pori-pori sekaligus dapat memperpanjang umur simpan (Sasmitaloka et al., 2019).

### 4. Pengeringan

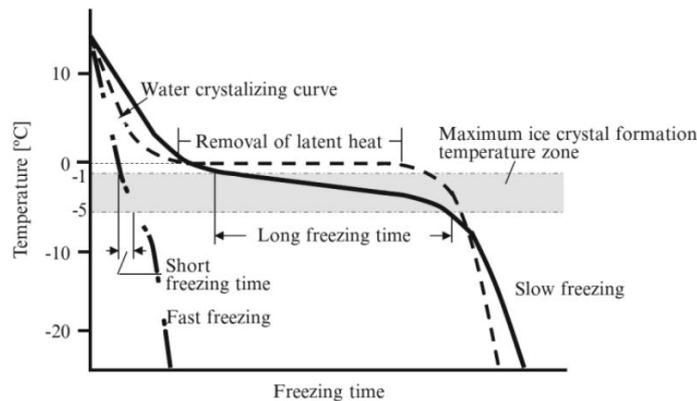
Proses pengeringan pada nasi yang sudah dimasak merupakan upaya dalam meningkatkan umur simpan produk, karena selain identik dengan waktu penyajian yang cepat serta kemudahan dalam penyajian produk, nasi instan juga dituntut memiliki umur simpan yang panjang (Sumartini, 2018). Proses pengeringan tersebut sangat dipengaruhi oleh proses pembekuan. Proses pengeringan akan menghasilkan produk dengan karakteristik yang baik apabila sebelumnya dilakukan tahap pembekuan dengan benar. Pembekuan yang benar dan tepat ditandai dengan dihasilkannya kristal es pada nasi dengan ukuran kristal yang besar. Nasi yang memiliki porositas tinggi akan memudahkan tahap berikutnya yaitu proses pengeringan dan rehidrasi produk nasi instan (Rhim et al., 2011). Dengan demikian, pembekuan memiliki peran penting terkait dengan proses pembuatan nasi instan serta karakteristik akhir dari produk.

#### 2.3. Metode Pembekuan Lambat

Pembekuan merupakan proses perpindahan panas atau penurunan suhu sampai dibawah titik beku dari bahan atau produk pangan. Adanya perubahan fase cair menjadi kristal es adalah indikator tercapainya proses pembekuan. Proses pembekuan sendiri dimulai dari bagian permukaan sampai mencapai titik pusat bahan. Pada bagian permukaan bahan pembekuan akan berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan titik pusat bahan dikarenakan jaraknya yang lebih dekat dengan media pembeku (Waziroh et al., 2017).

Pembekuan lambat sering dianggap sebagai metode yang kurang baik dibandingkan pembekuan cepat untuk pengawetan bahan pangan, namun pembekuan lambat seringkali digunakan sebagai bagian dari proses pengolahan nasi instan untuk meningkatkan karakteristik dalam pengolahan produk pangan instan. Pada umumnya produk instan yang melalui proses pembekuan lambat dapat menghasilkan karakteristik sensori, tekstur, serta

rehidrasi yang lebih baik dibandingkan apabila menggunakan pembekuan cepat (Rhim et al., 2011). Pengaruh proses pembekuan terhadap karakteristik akhir produk nasi instan akan lebih mudah diketahui apabila telah memahami mekanisme yang terjadi selama proses pembekuan. Dengan demikian, dapat diketahui dengan jelas pengaruh metode pembekuan lambat terhadap karakteristik produk akhir yang dihasilkan. Berikut merupakan gambar 2.4 terkait mekanisme pembekuan dan zona suhu pembentukan kristal es maksimum menurut Neoh et al. (2016).



**Gambar 2.5** Mekanisme Pembekuan dan Zona Suhu Pembekuan Kristal Es Maksimum (Neoh et al., 2016)

Menurut Neoh et al. (2016) mekanisme pembekuan dimulai dengan penurunan titik beku bahan pangan. Selama proses pembekuan, untuk mencapai titik beku tersebut panas sensible akan dikeluarkan dari bahan pangan. Setelah itu, diikuti dengan keluarnya panas laten. Secara umum, air murni akan berubah menjadi bentuk kristal es pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$ . Akan tetapi, pada bahan pangan dibutuhkan suhu yang lebih rendah yaitu sekitar  $-1^{\circ}\text{C}$  sampai  $-5^{\circ}\text{C}$  untuk dapat merubah kandungan air pada bahan menjadi kristal es. Hal ini, disebabkan karena adanya kandungan terlarut pada bahan pangan seperti kandungan gula, asam amino, dan garam. Perubahan kandungan air bahan pangan menjadi kristal es yang terjadi pada kisaran suhu  $-1^{\circ}\text{C}$  sampai  $-5^{\circ}\text{C}$  tersebut dikenal sebagai zona suhu pembentukan kristal es maksimum. Dimana perubahan air menjadi bentuk kristal es tidak bisa dilakukan secara cepat atau instan pada rentang suhu tertentu melainkan terbentuk pada zona suhu pembentukan kristal es maksimum. Ketika terbentuk kristal es, suhu bahan pangan cenderung lebih sulit untuk mengalami penurunan suhu yang lebih rendah disebabkan adanya pelepasan panas laten. Oleh karena itu, untuk dapat melewati zona suhu pembentukan kristal es maksimum dibutuhkan waktu yang lebih lama. Lama waktu yang dibutuhkan untuk melewati zona suhu pembentukan kristal es maksimum atau disebut sebagai laju pembekuan akan mempengaruhi ukuran kristal es yang terbentuk. Dengan demikian, semakin lama laju pembekuan (semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk

melewati zona suhu pembekuan kristal es maksimum) akan semakin besar ukuran kristal yang terbentuk. Pembekuan tersebut dikenal sebagai pembekuan lambat. Sedangkan pembekuan cepat atau metode pembekuan dengan laju pembekuan yang singkat akan membentuk kristal es dengan ukuran yang kecil dan seragam (Neoh et al., 2016). Kristal es pada bahan pangan terbentuk diantara celah antar sel. Sehingga terbentuknya kristal es ini akan menyebabkan bahan pangan menjadi porous atau berpori-pori. Semakin besar kristal es yang terbentuk maka ukuran pori-pori pada bahan pangan juga semakin besar. Begitupun sebaliknya, ketika kristal es yang terbentuk semakin kecil, maka porosititas bahan pangan juga semakin rendah (Rhim et al., 2011).

Metode pembekuan lambat salah satunya diaplikasikan pada pembuatan produk grits jagung instan. Pada proses pembuatan produk tersebut digunakan pembekuan lambat karena bisa menghasilkan produk jagung instan dengan waktu rehidrasi yang lebih cepat dibandingkan jika menggunakan metode pembekuan cepat (Husain et al., 2006). Hal ini disebabkan karena rongga di dalam sel semakin melebar setelah dilakukan pembekuan. Semakin besarnya ukuran pori-pori bahan pangan disebabkan karena terbentuknya kristal es selama proses pembekuan dan kristal es tersebut akan mengalami perubahan fase menjadi cair dan menguap ketika dikeringkan sehingga meninggalkan celah atau pori-pori antar sel bahan pangan (Wrasiati et al., 2014). Selain jagung instan, metode pembekuan lambat juga digunakan pada proses pembuatan nasi instan. Setelah tahap penanakan nasi, dilanjutkan pada tahap pembekuan untuk menghasilkan struktur bahan yang berpori karena penyimpanan beku dapat meningkatkan ekspansi molekul pati melalui ikatan hidrogen (Sasmitaloka et al., 2019). Dimana struktur pori-pori tersebut akan mempengaruhi karakteristik produk salah satunya adalah lama waktu rehidrasi (Saragih et al., 2013). Kecepatan rehidrasi nasi instan juga dipengaruhi oleh laju atau kecepatan proses pembekuan. Secara umum, pembekuan lambat akan membentuk kristal es dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan apabila menggunakan metode pembekuan cepat. Semakin lebarnya pori-pori yang terbentuk maka daya serap air nasi instan akan semakin tinggi, sehingga waktu rehidrasi yang dibutuhkan relatif cepat. Selain waktu rehidrasi dan daya serap air, ukuran pori-pori pada struktur bahan juga mempengaruhi tekstur dari nasi instan setelah direhidrasi. Nasi instan yang melalui pembekuan cepat cenderung memiliki tekstur yang lebih keras dibandingkan dengan metode pembekuan lambat. Hal ini dikarenakan pembekuan cepat akan membentuk pori-pori yang seragam dengan ukuran kecil, sehingga semakin rendah kemampuan produk dalam menyerap air saat proses rehidrasi (Rhim et al., 2011).

#### 2.4. Rehidrasi

Daya rehidrasi merupakan kemampuan bahan pangan dalam menyerap air kembali setelah sebelumnya tergelatinisasi dan dikeringkan. Sedangkan waktu rehidrasi merupakan waktu yang dibutuhkan oleh bahan pangan kering untuk menyerap air kembali. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi waktu rehidrasi dari produk instan (Putriningsih et al., 2018). Faktor yang paling berpengaruh diantaranya adalah rasio kandungan amilosa dan amilopektin dari pati serta tahapan proses yang dilakukan. Amilosa dan amilopektin merupakan komponen penyusun pati dengan sifat yang berbeda. Keduanya memiliki peran dalam membentuk karakteristik akhir produk serta mempengaruhi rehidrasi dan daya serap air (Luna et al., 2015b). Amilosa merupakan polimer rantai lurus tanpa cabang yang dihubungkan dengan ikatan  $\alpha$  (1,4) D-glukosa. Sedangkan amilopektin merupakan polimer yang monomernya dihubungkan dengan ikatan  $\alpha$  (1,4) D-glukosa serta memiliki cabang pada ikatan  $\alpha$  (1,6) D-glukosa (Sampaio et al., 2018). Amilopektin tidak mudah mengikat air namun ketika sudah menyerap air akan tertahan dan terperangkap pada molekul amilopektin serta membentuk ikatan yang kuat dengan molekul air (Putriningsih et al., 2018).

Sifat dari amilosa dan amilopektin yang dimiliki tersebut akan mempengaruhi kemampuan daya serap air bahan atau produk pangan dan akan berpengaruh pada waktu rehidrasi yang dibutuhkan (Luna et al., 2015b). Jenis sereal seperti sorgum bisa dibedakan berdasarkan kandungan amilosa dan amilopektin pada granula patinya. Jenis sorgum mulai dari kandungan amilosa terendah sampai tertinggi yaitu, waxy sorgum, regular sorgum, dan heterowaxy sorgum (Aruna et al., 2018). Dengan kandungan amilosa yang berbeda maka lama waktu rehidrasi yang dibutuhkan berbeda pula. Pada pati yang mengandung amilosa tinggi akan membutuhkan waktu rehidrasi yang lebih cepat jika dibandingkan dengan pati yang memiliki kandungan amilosa rendah (Luna et al., 2015b). Hal ini berkaitan dengan sifat amilosa saat melalui serangkaian proses dalam pembuatan nasi instan. Selain itu, dengan proses pembekuan lambat juga dapat membentuk pori-pori ketika proses pengeringan akibat adanya perubahan fase dari kristal es menjadi uap air. Dengan demikian, proses pembekuan tersebut akan menghasilkan buliran yang berporous. Adanya pori-pori tersebut akan meningkatkan daya serap air sehingga waktu rehidrasi berlangsung dengan cepat (Rhim et al., 2011).

2.5. **Hipotesis**

1. Diduga suhu dan lama pembekuan berpengaruh terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik dari nasi sorgum instan
2. Diduga interaksi antara suhu dan lama pembekuan berpengaruh terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik dari nasi sorgum instan



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Rekayasa dan Pengolahan Pangan serta Kimia dan Biokimia Pangan, Program Studi Ilmu Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2020 – Juli 2021.

#### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian terbagi menjadi dua yaitu, alat yang digunakan dalam pembuatan nasi sorgum instan terdiri dari baskom, panci, panci kukus, sendok, wadah kotak plastik, centong nasi, termometer digital (HT-5), freezer (Standing freezer/ Maspion USF-200/ daya 108 Watt/ dimensi 535 x 586 x 1450 mm), oven (Cosmos CO-9919 R/ kapasitas 19 L/ daya 700 Watt/ dimensi 45 x 34,5 x 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 (Memmert), kompor listrik (Maspion), tanur (Thermolyne), lemari asam (Diamond Tempered), shaker (Heidolph un.), pompa vakum (LW Scientific, Inc.), pendingin balik (Royal Beinforsed RED), Spektrofotometer (Shimadzu), alat soxhlet (Gerhardt), desikator (BUCHI), dan glassware pendukung.

##### 3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian terbagi menjadi dua yaitu, bahan yang digunakan untuk pembuatan nasi sorgum instan terdiri dari beras sorgum sosoh varietas Numbu yang diperoleh dari Bogor, Jawa Barat, aquades,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (teknis), dan air.

Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis kimia terdiri dari aquades, HCl 25% (pro analisis), NaOH 45% (pro analisis), NaOH (teknis) reagen nelson somogyi (pro analisis), reagen arsenomolibdat (pro analisis), etanol 95%,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  1 N (pro analisis), Iodine (pro analisis), Kalium Iodida (pro analisis), amilosa murni, tablet Kjeldahl,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat (pro analisis), asam borat (pro analisis), indikator Kjeldahl (metil merah), petroleum eter.

### 3.3. Metode Penelitian

#### 3.3.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan suhu dan waktu pembekuan dalam pengolahan nasi sorgum instan yang akan digunakan pada penelitian utama berdasarkan karakteristik fisik dan waktu rehidrasi yang sesuai dengan karakteristik produk instan pada umumnya. Pada penelitian pendahuluan nasi sorgum instan dibuat dengan tiga tingkat suhu yang berbeda yaitu sebesar -4, -20, -36°C dan waktu pembekuan dengan tiga tingkat berbeda yaitu selama 12, 18, 24 jam, serta nasi sorgum instan yang tidak dilakukan proses pembekuan sebagai kontrol. Tabel hasil penelitian pendahuluan dapat dilihat pada

Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Suhu dan Waktu	Karakteristik Fisik	Gambar Sebelum Rehidrasi	Gambar Sesudah Rehidrasi
Tanpa perlakuan	Rendemen : 91,2% Waktu rehidrasi : 11,14 menit Daya Serap Air : 102,41%		
-4°C; 12 jam	Rendemen : 92,6% Waktu rehidrasi : 4,45 menit Daya Serap Air : 89,42%		
-4°C; 18 jam	Rendemen : 90,2% Waktu rehidrasi : 5,52 menit Daya Serap Air : 104,62%		



-4°C; 24 jam  
Rendemen : 92,8%  
Waktu rehidrasi : 4,12 menit  
Daya Serap Air : 72,63%



-12°C; 12 jam  
Rendemen : 95%  
Waktu rehidrasi : 9,6 menit  
Daya Serap Air : 115,37%



-12°C; 18 jam  
Rendemen : 93,8%  
Waktu rehidrasi : 4,52 menit  
Daya Serap Air : 105,97%



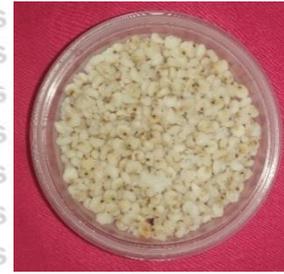
-12°C; 24 jam  
Rendemen : 87,8%  
Waktu rehidrasi : 4,17 menit  
Daya Serap Air : 115,23%



-20°C; 12 jam  
Rendemen : 90,2%  
Waktu rehidrasi : 6,59 menit  
Daya Serap Air : 97,78%



-20°C; 18 jam  
 Rendemen : 84,8%  
 Waktu rehidrasi :  
 4,37 menit  
 Daya Serap Air :  
 126,89%



-20°C; 24 jam  
 Rendemen : 86,2%  
 Waktu rehidrasi :  
 4,47 menit  
 Daya Serap Air :  
 100,46%



Pemilihan suhu dan waktu pembekuan berdasarkan pada waktu rehidrasi dengan kisaran 5-10 menit. Rendemen juga menjadi salah satu faktor pemilihan suhu dan waktu pembekuan. Berdasarkan tabel diatas diperoleh rendemen nasi sorgum instan bervariasi, namun antar sampel memiliki rendemen yang tidak jauh berbeda. Selain itu, pemilihan suhu dan waktu pembekuan juga didasarkan pada daya serap air. Pembekuan dapat meningkatkan daya serap air karena dapat menghasilkan nasi instan yang lebih porous.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan dipilih suhu pembekuan -4,-12, dan -20°C dan lama pembekuan 12, 18, dan 24 jam. Pada suhu dan waktu pembekuan tersebut dapat dihasilkan nasi sorgum instan yang memiliki waktu rehidrasi dengan kisaran 5-10 menit serta dihasilkan nasi instan yang memiliki rendemen serta daya serap air rerata lebih tinggi jika dibandingkan dengan nasi sorgum instan tanpa perlakuan pembekuan.

### 3.3.2. Penelitian Utama

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan 2 perlakuan yaitu faktor pertama suhu pembekuan dengan tiga level berbeda yaitu -4, -12, dan -20°C. Faktor kedua adalah lama pembekuan dengan tiga level berbeda yaitu 12, 18, dan 24 jam. Diperoleh 9 kombinasi perlakuan dari dua faktor tersebut dan masing-masing dilakukan 3 kali ulangan, sehingga akan diperoleh 27 satuan percobaan. Berikut rancangan percobaan:



**Faktor 1** = Suhu pembekuan ( $^{\circ}\text{C}$ ) (S), dengan 3 level

S1 =  $-4^{\circ}\text{C}$

S2 =  $-12^{\circ}\text{C}$

S3 =  $-20^{\circ}\text{C}$

**Faktor 2** = Lama pembekuan (jam) (L), dengan 3 level

L1 = 12 Jam

L2 = 18 jam

L3 = 24 jam

Dari kedua faktor perlakuan tersebut, diperoleh 9 kombinasi perlakuan, sebagai berikut:

**Tabel 3.2** Kombinasi Perlakuan Suhu dan Lama Pembekuan

Suhu Pembekuan	Lama Pembekuan		
	L1	L2	L3
S1	S <sub>1</sub> L <sub>1</sub>	S <sub>2</sub> L <sub>1</sub>	S <sub>3</sub> L <sub>1</sub>
S2	S <sub>1</sub> L <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> L <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> L <sub>2</sub>
S3	S <sub>1</sub> L <sub>3</sub>	S <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	S <sub>3</sub> L <sub>3</sub>

Keterangan:

S<sub>1</sub>L<sub>1</sub> = Suhu pembekuan  $-4^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 12 jam

S<sub>1</sub>L<sub>2</sub> = Suhu pembekuan  $-4^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 18 jam

S<sub>1</sub>L<sub>3</sub> = Suhu pembekuan  $-4^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 24 jam

S<sub>2</sub>L<sub>1</sub> = Suhu pembekuan  $-12^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 12 jam

S<sub>2</sub>L<sub>2</sub> = Suhu pembekuan  $-12^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 18 jam

S<sub>2</sub>L<sub>3</sub> = Suhu pembekuan  $-12^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 24 jam

S<sub>3</sub>L<sub>1</sub> = Suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 12 jam

S<sub>3</sub>L<sub>2</sub> = Suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 18 jam

S<sub>3</sub>L<sub>3</sub> = Suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 24 jam

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

Berikut merupakan tahap pembuatan nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan :

1. Beras sorgum varietas numbu yang sudah disosoh direndam dalam larutan perendam  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0,2% dengan perbandingan sorgum dan larutan perendam 1:3 selama 2 jam.
2. Beras sorgum yang telah direndam, dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan sisa larutan perendam pada beras sorgum.



3. Beras sorgum ditanak menggunakan metode aron kukus, terlebih dahulu beras sorgum direbus dengan perbandingan beras dan air 1:3 sambil diaduk sampai air terserap sempurna oleh beras sorgum kemudian dikukus selama  $\pm 45$  menit.
4. Nasi sorgum yang baru dimasak didinginkan pada suhu ruang ( $28-30^{\circ}\text{C}$ ) selama  $\pm 30$  menit.
5. Nasi sorgum dibekukan dalam *freezer* dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan yaitu pada suhu  $-4, -12$ , dan  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 12, 18, dan 24 jam.
6. Nasi sorgum yang sudah beku, dithawing pada suhu ruang ( $28-30^{\circ}\text{C}$ ) selama  $\pm 30-40$  menit sampai butiran nasi terurai semua.
7. Dikeringkan menggunakan oven listrik pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam.
8. Dilakukan analisis pada nasi sorgum instan untuk setiap perlakuan meliputi analisis fisik (waktu rehidrasi, tekstur, warna, rendemen, densitas kamba, daya serap air), analisis kimia (kadar air, kadar amilosa, dan kadar pati), serta analisis organoleptik (warna, aroma, rasa, tekstur, kenampakan, overall).

### 3.5. Pengamatan dan Analisis Data

#### 3.5.1. Analisa Bahan Baku

3. Analisis kimia, meliputi:
  - a. Kadar air (AOAC, 1995)
  - b. Kadar amilosa (AOAC, 2005)
  - c. Kadar pati (AOAC, 2005)

#### 3.5.2. Analisa Nasi Sorgum Instan

1. Analisis kimia, meliputi:
  - a. Kadar air (AOAC, 2005)
  - b. Kadar amilosa (AOAC, 2005)
  - c. Kadar pati (AOAC, 2005)

Analisis kimia berupa analisis kadar air, amilosa, dan pati hanya dilakukan pada nasi sorgum instan yang sudah di rehidrasi.

4. Analisis fisik, meliputi:
  - a. Waktu rehidrasi (Sasmitaloka dan Banurea, 2020)
  - b. Tekstur (Sasmitaloka dan Banurea, 2020)
  - c. Warna (Yuwono dan Susanto, 1998)
  - d. Rendemen (Sasmitaloka dan Banurea, 2020)
  - e. Daya serap air (Sasmitaloka dan Banurea, 2020)
  - f. Densitas Kamba (Sasmitaloka dan Banurea, 2020)

Analisis fisik berupa analisis waktu rehidrasi, tekstur, warna, dan daya serap air dilakukan pada nasi sorgum instan yang sudah di rehidrasi, sedangkan analisis rendemen dan densitas kamba dilakukan pada nasi sorgum instan sebelum di rehidrasi.

### 3. Analisis organoleptik (uji hedonik)

#### 3.5.3. Analisa Perlakuan Terbaik

##### 1. Analisa kimia, meliputi:

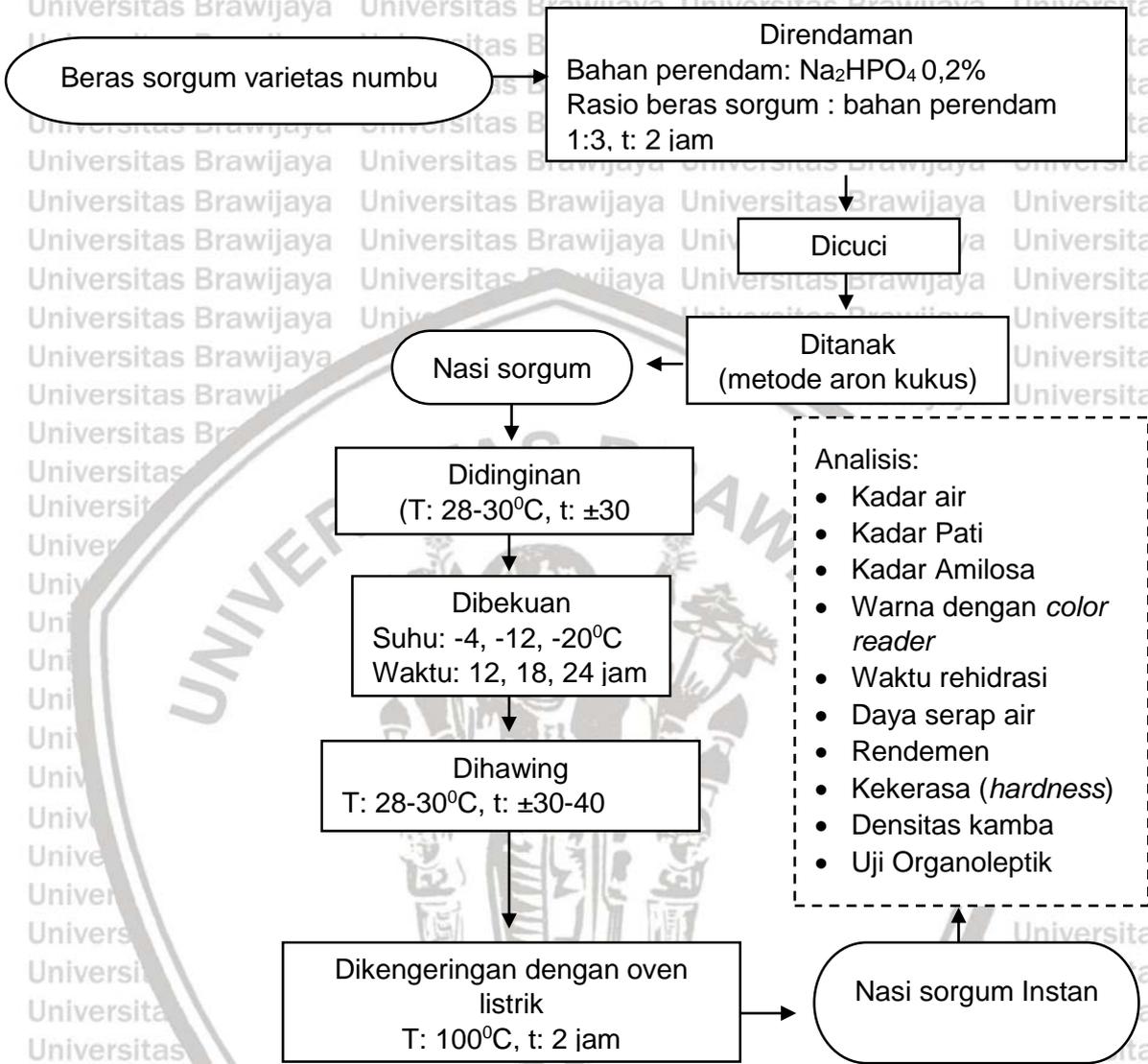
- a. Kadar air (AOAC, 2005)
- b. Kadar protein (AOAC, 2005)
- c. Kadar lemak (AOAC, 2005)
- d. Kadar karbohidrat (*by difference*) (AOAC, 1995)
- e. Kadar abu (AOAC, 2005)

#### 3.5.4. Analisis Data Penelitian

Data pengamatan fisik dan kimia yang didapatkan akan dianalisis secara statistik menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95% untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh signifikan dan interaksi dari kedua faktor. Apabila terdapat pengaruh yang signifikan atau nyata pada kedua faktor akan dilakukan uji lanjut dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dan apabila terjadi interaksi antara dua faktor maka dilakukan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan selang kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan pengaruh dari tiap perlakuan. Sedangkan data pengamatan organoleptik yang didapatkan akan dianalisis secara statistik menggunakan uji *Hedonic Scale Scoring* dan dilanjutkan dengan analisis menggunakan uji *Friedman*. Pemilihan perlakuan terbaik menggunakan metode *Multiple Atribut*.

### 3.6. Diagram Alir

Berikut ini merupakan diagram alir dari proses pembuatan nasi sorgum instan :



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Nasi Sorgum Instan  
(Modifikasi Widowati et al., 2010)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Kimia Sorgum Bahan Baku Nasi Sorgum Instan

Bahan baku nasi sorgum instan adalah beras sorgum (sorgum yang telah disosoh).

Pada penelitian ini menggunakan sorgum varietas numbu sebagai bahan baku. Sorgum numbu yang digunakan diperoleh dari Bogor, Jawa Barat. Komponen kimia seperti kadar air, kadar pati, dan kadar amilosa pada beras sorgum (sorgum sosoh) dapat mempengaruhi karakteristik nasi sorgum instan, sehingga dilakukan analisis kimia untuk mengetahui kandungan awal bahan baku sebelum diolah menjadi nasi sorgum instan. Hasil analisis tersebut selanjutnya dibandingkan dengan literatur. Komponen kimia pada varietas sorgum numbu disajikan pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1** Karakteristik Kimia Biji Sorgum Varietas Numbu

Komponen Kimia	Sorgum Numbu	
	Hasil Analisa	Literatur
Air	11,17 ± 0,84	8,83
Amilosa	19,29 ± 0,80	16,38
Pati	81,62 ± 1,21	86,45

Keterangan : 1) Hasil analisa diperoleh dari rerata 3 kali ulangan  
 2) Sumber: Mukkun et al. (2021).

Berdasarkan **Tabel 4.1** kadar air sorgum varietas Numbu hasil analisa pada penelitian ini sebesar 11,17%. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 01-3751-1992 kadar air maksimal untuk sorgum yaitu 14%. Dengan demikian, kadar air pada bahan baku telah memenuhi syarat mutu sorgum yang berlaku di Indonesia. Kadar air hasil analisa yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian dari Mukkun et al. (2021) yaitu 8,83% (**Tabel 4.1**). Perbedaan kadar air tersebut diperkirakan dipengaruhi oleh perbedaan tempat tumbuh dari tanaman sorgum. Pada penelitian ini menggunakan varietas sorgum Numbu yang diperoleh dari daerah Bogor, Jawa Barat, sedangkan pada penelitian Mukkun et al. (2021) menggunakan varietas sorgum Numbu dari Desa Kawalelo, Kabupaten Flores Timur. Faktor lain diperkirakan turut mempengaruhi perbedaan kadar air hasil penelitian dengan literatur seperti pendapat dari Mohammed et al. (2011) bahwa kandungan nutrisi pada sorgum dapat dipengaruhi oleh perbedaan genotipe, warna biji serta kondisi lingkungan. Kadar air pada biji sorgum berpeluang mempengaruhi karakteristik akhir nasi sorgum instan baik karakteristik fisik maupun kimia. Berdasarkan pendapat dari Karapantsios et al. (2002) kadar air menjadi salah satu faktor yang



mempengaruhi jumlah penyerapan air selama proses perendaman. Adanya proses perendaman dapat menurunkan kandungan tanin dalam sorgum karena selama proses perendaman tanin akan terlarut dalam air perendam (Asropi et al., 2019), dimana tanin merupakan senyawa polifenol yang bersifat larut air (Widowati et al. 2010). Tahap perendaman menjadi salah satu tahap kritis dalam pembuatan nasi sorgum instan. Berdasarkan hasil penelitian Asropi et al. (2019) perlakuan terbaik dengan penurunan kadar tanin tertinggi adalah perendaman dalam larutan alkali. Hasil penelitian tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan Widowati et al. (2010) bahwa perlakuan terbaik untuk menurunkan kadar tanin tertinggi adalah perendaman menggunakan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0,2% selama 2 jam karena bisa menurunkan kadar tanin sebanyak 93%. Adanya perendaman juga dapat meningkatkan porositas sorgum sehingga dapat mempercepat waktu rehidrasi nasi sorgum instan (Widowati et al., 2010). Perendaman dengan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  dilaporkan dapat mengurangi tingkat kekerasan nasi instan. Larutan disodium hidrogen fosfat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) mengakibatkan peningkatan sifat hidrofilik dari pati sorgum dan menurunkan ikatan protein sehingga kemampuan penyerapan air meningkat (Yang et al., 2016). Oleh karenanya, diharapkan kadar air yang rendah pada bahan baku sorgum agar proses perendaman dapat dilakukan secara optimal.

Kadar amilosa varietas sorgum numbu hasil penelitian lebih tinggi dibandingkan dengan kadar amilosa literatur. Berdasarkan pada **Tabel 4.1** diperoleh kadar amilosa varietas sorgum numbu hasil penelitian sebesar 19,29%, sedangkan menurut literatur kadar amilosa varietas sorgum numbu adalah 16,38%. Perbedaan kadar amilosa hasil penelitian dengan literatur dapat disebabkan oleh perbedaan tempat tumbuh sorgum, karena masing-masing daerah tentunya memiliki kondisi lingkungan yang berbeda. Menurut Beta et al. (2001) kadar amilosa pada biji sorgum dapat dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Lebih lanjut Yano et al. (1985) dalam Boudries et al. (2009) menjelaskan bahwa iklim dan kondisi tanah selama pengembangan biji-bijian berpengaruh terhadap keragaman kadar amilosa biji sorgum. Kadar amilosa diperkirakan dapat mempengaruhi karakteristik akhir nasi sorgum instan. Kadar amilosa menentukan karakteristik fisik seperti tekstur nasi instan. Berdasarkan hasil penelitian Luna et al. (2015a) pada nasi instan dari varietas batang piaman yang memiliki kadar amilosa tinggi yaitu >24% dihasilkan nasi instan dengan tekstur cenderung keras dan pera. Karakteristik fisik lain seperti densitas kamba juga turut dipengaruhi oleh kadar amilosa pada biji sorgum.

Berdasarkan **Tabel 4.1** kadar pati varietas sorgum numbu yang diperoleh pada hasil penelitian lebih rendah yaitu 81,62% dibandingkan dengan kadar pati varietas sorgum numbu pada literatur yaitu 86,45%. Perbedaan kadar pati antara hasil penelitian dengan literatur dapat disebabkan oleh perbedaan metode analisis penetapan kadar pati yang dilakukan sampai penanganan selama pembudidayaan sorgum dan kondisi lingkungan

penanaman. Pada penelitian ini menggunakan metode analisa kadar pati berdasarkan pada metode AOAC 2005 sedangkan pada literatur menggunakan metode teknik air panas menurut Izuagie et al. (2012). Menurut Koes and Arief (2013) hasil panen sorgum dengan kualitas dan kuantitas yang baik ditentukan oleh beberapa faktor seperti ketepatan baik waktu tanam maupun waktu panen, cara panen, dan penanganan pascapanen. Mutu benih sorgum yang baik juga ditentukan dari aspek kondisi lingkungan seperti iklim, tingkat kesuburan tanah dan cara budidaya. Kadar pati pada biji sorgum berpotensi mempengaruhi karakteristik akhir dari nasi sorgum instan. Pati memiliki kemampuan dalam penyerapan air dan berperan penting pada proses gelatinisasi pati baik pada saat proses pemasakan maupun selama rehidrasi (Widowati et al., 2020). Karakteristik fisik seperti tekstur dan daya serap air dapat dipengaruhi oleh kadar pati pada biji sorgum. Kadar pati akhir pada nasi instan juga turut dipengaruhi oleh kadar pati pada biji sorgum yang lebih lanjut akan dianalisa pada penelitian ini.

## 4.2. Karakteristik Produk Nasi Sorgum Instan

### 4.2.1. Karakteristik Kimia

#### 4.2.1.1. Kadar Air

Kadar air nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 53,65 – 61,62% (**Lampiran 3**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa lama pembekuan memberi pengaruh nyata ( $p\text{-value} < 0,05$ ) terhadap kadar air nasi sorgum instan. Namun, faktor suhu pembekuan dan interaksi antara suhu dan lama pembekuan tidak memberi pengaruh nyata terhadap kadar air nasi sorgum instan. Hasil uji BNT pengaruh lama pembekuan terhadap kadar air dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada

**Tabel 4.2.**

**Tabel 4.2** Rerata Kadar Air Nasi Sorgum Instan Akibat Lama Pembekuan

Lama Pembekuan (Jam)	Rerata Kadar Air (%) (BNT 5%)
12	54,72 ± 1,25 c
18	56,90 ± 1,25 b
24	59,75 ± 2,10 a

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

Berdasarkan **Tabel 4.2** 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. Celah pada matriks nasi instan terbentuk karena proses pembekuan lambat. Menurut Chan and Toledo (1976) dalam Husain et al. (2006) pembekuan dan penyimpanan beku pada pembuatan nasi instan akan menyebabkan pengembangan molekul pati semakin meningkat melalui ikatan hidrogen, pada saat thawing akan melepaskan air dalam bahan sehingga membentuk struktur *microsponge*. Struktur *porous* akan memudahkan migrasi air panas ke dalam nasi instan pada saat rehidrasi. Semakin lama pembekuan menyebabkan semakin banyak pori-pori yang terbentuk, sehingga semakin banyak air yang masuk saat rehidrasi dan membuat tekstur nasi menjadi lebih lembut (Husain et al., 2006). Nasi sorgum instan diharapkan memiliki tekstur yang lembut, dengan demikian pada nasi sorgum instan dengan perlakuan waktu pembekuan yang lama dapat menghasilkan tekstur yang diharapkan karena kadar air produk akhir yang tinggi. Sedangkan pada nasi sorgum instan dengan perlakuan lama pembekuan yang relatif cepat pembentukan struktur *porous* lebih rendah, sehingga tekstur sampel menjadi lebih keras dan kasar karena daya serap air yang rendah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Rahman et al. (2021) bahwa berdasarkan analisa statistik diperoleh perlakuan pemasakan dan pembekuan yang berpengaruh nyata pada taraf 1% terhadap kemampuan imbibisi air, dimana semakin lama pembekuan menyebabkan penyerapan air semakin tinggi dan sampel tanpa perlakuan pembekuan memiliki daya serap air paling rendah.

#### 4.2.1.2. Kadar Pati

Kadar pati nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 60,82 – 72,78% (**Lampiran 4**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa suhu pembekuan, lama pembekuan, serta interaksi antara suhu dan lama pembekuan memberi pengaruh nyata ( $p\text{-value} < 0,05$ ) terhadap kadar pati nasi sorgum instan. Hasil uji DMRT pengaruh interaksi suhu dan lama pembekuan terhadap kadar pati dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

**Tabel 4.3** Rerata Kadar Pati Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu dan Lama Pembekuan

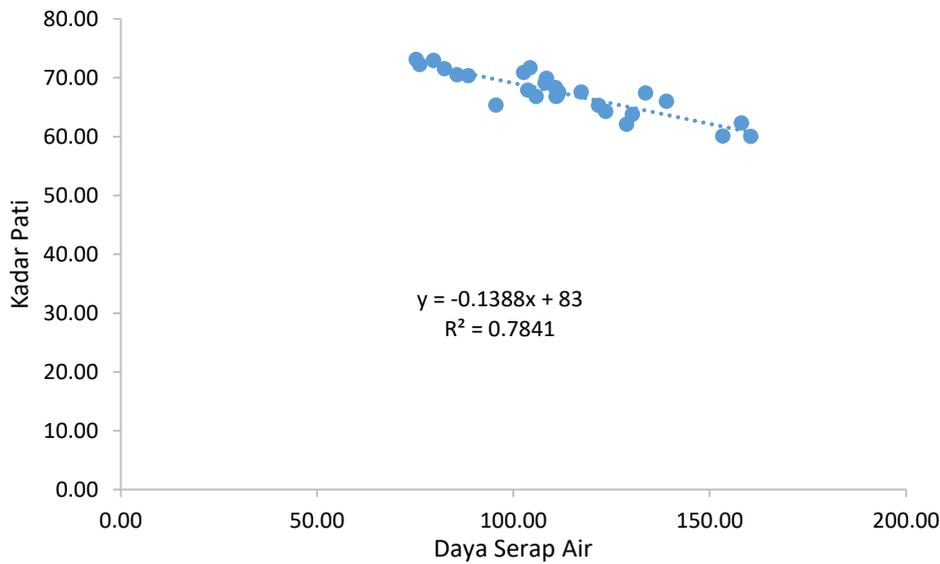
Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (Jam)	Rerata Kadar Pati (%)	DMRT (5%)
-4	12	72,78 ± 0,46 e	
-4	18	70,79 ± 0,64 e	2,15
-4	24	69,25 ± 2,05 de	2,14
-12	12	68,09 ± 1,14 cd	2,13
-12	18	67,30 ± 0,42 c	2,11
-12	24	65,73 ± 1,84 bc	2,04
-20	12	68,33 ± 3,17 c	2,08
-20	18	63,90 ± 1,65 b	1,99
-20	24	60,82 ± 1,28 a	1,89

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

Berdasarkan pada **Tabel 4.3** dapat diketahui bahwa semakin rendah suhu pembekuan dan semakin lama pembekuan menyebabkan kadar pati nasi sorgum instan semakin rendah. Kadar pati terendah diperoleh pada nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu pembekuan -20°C selama 24 jam yaitu 60,82%, sedangkan kadar pati tertinggi diperoleh pada nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu pembekuan -4°C selama 12 jam yaitu 72,78%. Pengaruh proses pembekuan terhadap kadar pati juga dapat dilihat dari kadar pati pada bahan baku yang lebih tinggi dibandingkan keseluruhan sampel. Pada bahan baku nasi sorgum instan berupa biji sorgum yang sudah disosoh diperoleh hasil analisa kadar pati sebesar 81,62% (**Tabel 4.1**). Hal ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik pati setelah tergelatinisasi dan jumlah kristal es yang terbentuk. Proses gelatinisasi pati terjadi pada saat proses pemasakan dan rehidrasi yang dapat mempengaruhi perubahan karakteristik molekul pati. Kondisi proses pembekuan yang berbeda akan mempengaruhi kadar pati akibat gelatinisasi pati pada tahap rehidrasi. Adanya pembekuan yang lebih rendah dari suhu pembentukan kristal es, maka nukleasi akan lebih dominan dibandingkan pembentukan kristal es dengan kata lain jumlah inti es ukuran kecil yang terbentuk akan semakin banyak sebelum terjadi penggumpalan inti es membentuk kristal es berukuran besar (Ramaswamy and Marcotte, 2005). Peningkatan jumlah inti es akan berpengaruh terhadap porositas produk akhir karena es yang terbentuk akan meleleh dan menguap setelah dikeringkan, sehingga meninggalkan ruang kosong pada bahan. Selain itu, adanya peningkatan jumlah inti es dapat menurunkan kerusakan struktur sel sehingga padatan di dalam sel seperti pati lebih terjaga (Moo-Young, 2019). Dengan demikian, pada suhu pembekuan yang lebih rendah yaitu -20°C maka daya serap air akan lebih tinggi (**Tabel 4.6**) 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 4.1**.



**Gambar 4.1.** Grafik Hubungan antara Kadar Pati dan daya Serap Air

Berdasarkan **Gambar 4.1** dapat dilihat bahwa daya serap air menentukan kadar pati sebesar 78,41%. Berdasarkan hasil analisa korelasi *Person* (**Lampiran 4**) 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. Proses gelatinisasi pati terdiri dari beberapa tahapan antara lain butiran pati terhidrasi dan membengkak beberapa kali dari ukuran aslinya, granula pati kehilangan sifat *birefringence*, peningkatan kejernihan, terjadi peningkatan konsistensi yang cepat dan mencapai batas maksimum, molekul linier selanjutnya berdifusi dari butiran yang pecah, matriks yang tersebar secara merata membentuk massa gel (Rahman, 2009). Pada perlakuan pembekuan dengan suhu rendah dan semakin lama pembekuan menyebabkan granula pati semakin *porous* dan terbuka. Pada struktur pati tersebut akan semakin meningkatkan daya serap air ketika rehidrasi (Layuk et al., 2021). Menurut Yuwono and 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). Oleh karena itu, pada pembekuan suhu rendah dengan semakin lama pembekuan menyebabkan kadar pati semakin turun akibat terlarutnya massa gel saat



rehidrasi. Semakin banyak absorpsi air maka akan meningkatkan kelarutan pati karena terjadi gelatinisasi sempurna yang ditandai dengan *amylose leaching*, sehingga struktur pati menjadi lemah dan terlarut. Proses gelatinisasi merupakan proses yang menyebabkan pembengkakan pada granula pati yang bersifat *irreversible* (Skibsted et al., 2010). Proses ini sangat dipengaruhi oleh kandungan air pada bahan dan energi panas. Kadar air yang mencukupi akan mempengaruhi terjadinya gelatinisasi sempurna (Rahman, 2009).

**4.2.1.3. Kadar Amilosa**

Kadar amilosa nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 16,25 – 18,23% (**Lampiran 5**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa lama pembekuan memberi pengaruh nyata ( $p\text{-value} < 0,05$ ) terhadap kadar amilosa nasi sorgum instan, sedangkan suhu pembekuan dan interaksi antara suhu dan lama pembekuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar amilosa nasi sorgum instan. Hasil uji BNT pengaruh lama pembekuan terhadap kadar amilosa dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

**Tabel 4.4** Rerata Kadar Amilosa Nasi Sorgum Instan Akibat Lama Pembekuan

Lama Pembekuan (Jam)	Rerata Kadar Amilosa (%) (BNT 5%)
12	18,21 ± 0,13 a
18	17,16 ± 0,30 b
24	16,77 ± 0,54 b

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

Berdasarkan pada **Tabel 4.4** dapat diketahui bahwa semakin lama pembekuan dapat menurunkan kadar amilosa nasi sorgum instan. 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. Gelatinisasi pati menyebabkan pemutusan ikatan hidrogen antar amilosa dan amilopektin karena adanya air dan panas. Pemecahan ikatan hidrogen tersebut diikuti dengan larutnya komponen amilosa dan amilopektin yang menyebabkan viskositasnya menjadi tinggi dan terbentuk struktur koloid pati (Adicandra and Estiasih, 2016). Tahap berikutnya dilanjutkan dengan pembekuan lambat menyebabkan terjadinya retrogradasi pati, dimana dengan laju pembekuan lambat menyebabkan pati pada fase tidak beku secara perlahan akan melewati struktur *rubbery* kemudian terjadi retrogradasi pati. Retrogradasi pati terjadi karena adanya asosiasi kembali molekul amilosa menjadi struktur kristalin yang kuat dan menyebabkan terjadinya sineresis. Terjadinya sineresis mendorong pembentukan kristal es menjadi



semakin besar, sehingga dapat membentuk struktur bahan yang lebih *porous* (Devahastin, 2017). Pembentukan pori-pori pada struktur bahan akan berpengaruh pada jumlah amilosa setelah rehidrasi. Menurut Yuwono and Zulfiah (2014) pada beras analog *cooking loss* terhadap kadar amilosa dipengaruhi akibat proses rehidrasi menggunakan air pada suhu 45-50°C sehingga meningkatkan jumlah pati yang larut. Rehidrasi tersebut juga menyebabkan struktur amilosa menjadi lemah akibat absorpsi air sehingga air akan mudah masuk ke dalam granula pati dan mengakibatkan amilosa menjadi larut dalam air.

Pada penelitian ini dilakukan proses pembekuan dengan lama pembekuan yang berbeda, mengakibatkan jumlah kristal es yang terbentuk akan berbeda pula. Banyaknya kristal es yang terbentuk akan mempengaruhi jumlah pori-pori pada struktur nasi sorgum instan yang akan berakibat pada daya serap air ketika rehidrasi. Semakin tinggi daya serap air maka akan mengakibatkan semakin banyak air yang masuk dalam granula pati pada saat gelatinisasi kembali melalui proses rehidrasi. Dengan demikian, akan semakin banyak jumlah amilosa yang larut dalam air. Oleh karenanya semakin lama pembekuan menyebabkan kadar amilosa menjadi semakin rendah. Hal ini didukung dengan pendapat dari Adicandra and Estiasih (2016) bahwa pada saat pemasakan pati dalam larutan air, menyebabkan amilosa keluar dari granula pati dan terlarut dalam air. Larutnya amilosa dalam air pada saat pemasakan dapat dilihat pada saat memasak nasi, maka akan muncul lapisan-lapisan yang berbentuk film putih transparan yang menempel pada dinding panci. Lapisan film putih transparan tersebut merupakan amilosa yang teretrogradasi akibat kondisi suhu yang sudah dingin. Lebih lanjut pada penelitian Sasmitaloka et al. (2020) diperoleh hasil rerata kadar amilosa yang semakin rendah dengan semakin lama pembekuan pada sampel nasi instan dari beras sintanur. Pada penelitian tersebut diperoleh hasil kadar amilosa terendah yaitu 16,90% pada waktu pembekuan 24 jam.

#### 4.2.2. Karakteristik Fisik

##### 4.2.2.1. Waktu Rehidrasi

Waktu Rehidrasi nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 4,18 – 8,28 menit (**Lampiran 6**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa suhu dan lama pembekuan serta interaksi antara suhu dan lama pembekuan memberi pengaruh nyata ( $p$ -value < 0,05) terhadap waktu rehidrasi nasi sorgum instan. Hasil uji DMRT pengaruh interaksi suhu dan lama pembekuan terhadap waktu rehidrasi dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.5**

**Tabel 4.5** Rerata Waktu Rehidrasi Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu dan Lama Pembekuan

Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (Jam)	Rerata Waktu Rehidrasi (Menit)	DMRT (5%)
-4	12	8,28 ± 0,12 e	
-4	18	6,38 ± 0,13 d	0,53
-4	24	6,54 ± 0,56 d	0,54
-12	12	5,42 ± 0,53 c	0,53
-12	18	5,25 ± 0,20 c	0,52
-12	24	5,30 ± 0,23 c	0,53
-20	12	4,71 ± 0,29 b	0,51
-20	18	4,40 ± 0,15 ab	0,50
-20	24	4,18 ± 0,09 a	0,47

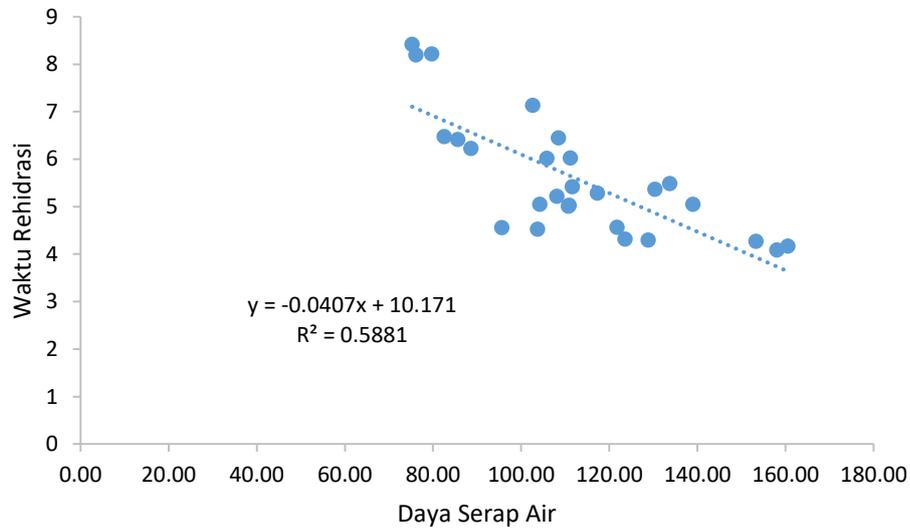
Keterangan : 1) Data merupakan rerata dari 3 kali ulangan  
 2) Angka setelah ± menunjukkan standar deviasi  
 3) Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata ( $\alpha = 0,05$ )

Berdasarkan **Tabel 4.5** 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. Hal ini dapat dipengaruhi oleh suhu pembentukan kristal es selama proses pembekuan lambat. Menurut Ramaswamy and Marcotte (2005) waktu pembekuan terbagi ke dalam tiga definisi, dari ketiga definisi tersebut mendefinisikan waktu pembekuan sebagai selang waktu dari saat makanan mencapai suhu 0°C hingga saat mencapai suhu -10 atau -18°C. Suhu akhir tersebut merupakan suhu target pembentukan kristal es secara maksimal dengan ukuran besar karena menggunakan metode pembekuan lambat. Dengan demikian dapat diketahui bahwa perlakuan suhu pembekuan -12°C masuk ke dalam rentang suhu target atau suhu akhir dari pembentukan kristal es, sehingga perbedaan lama pembekuan tidak akan berpengaruh terhadap waktu rehidrasi nasi sorgum instan karena dihasilkan kristal es dengan ukuran yang sama. Pada suhu target tersebut dimungkinkan terbentuk kristal es secara maksimal dengan jumlah yang sama pula karena nasi sorgum memiliki kadar air yang sama sebelum dibekukan. Hal ini didukung dengan daya serap air (**Tabel 4.6**) pada suhu pembekuan -12°C yang tidak berbeda nyata untuk lama pembekuan 12 dan 18 jam. Dimana daya serap air merupakan parameter yang dapat menunjukkan kemampuan bahan untuk mengikat air saat rehidrasi. Kemampuan bahan untuk mengikat air dipengaruhi oleh porositas dan kerusakan pada sel, dengan ukuran dan jumlah kristal es yang sama, maka kerusakan yang diakibatkan oleh pembentukan kristal es akan sama serta porositas pada bahan juga cenderung sama karena kristal es akan membentuk porositas bahan (Deville, 2017). Dimana kristal es akan mencair dan menguap setelah proses pengeringan. Ketika ukuran dan jumlah kristal es yang terbentuk sama maka porositas bahan pun relatif sama.



Suhu pembekuan juga mempengaruhi waktu rehidrasi nasi sorgum instan. Dimana semakin rendah suhu pembekuan dapat menurunkan waktu rehidrasi nasi sorgum instan dan diperoleh waktu rehidrasi terendah pada sampel dengan suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Hal ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan jumlah inti sel yang terbentuk dan pertumbuhan kristal es pada suhu yang berbeda serta sifat koligatif air. Menurut (Neoh et al., 2016) air murni memiliki titik beku  $0^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada bahan pangan pembentukan kristal es dimulai pada suhu dibawah  $0^{\circ}\text{C}$  karena penurunan titik beku akibat adanya zat seperti asam amino, gula, dan garam. Penurunan titik beku air ini disebut dengan sifat koligatif. Sifat koligatif air merupakan empat sifat khusus yang dipengaruhi oleh jumlah partikel zat terlarut yang berkaitan dengan tekanan uap, tekanan osmotik, titik didih, dan titik beku air. Dimana sifat koligatif air berkaitan dengan proses pembekuan bahan pangan, apabila semakin banyak jumlah partikel zat terlarut maka akan semakin rendah titik beku air atau terjadi penurunan titik beku (Bishop et al., 2013). Lebih lanjut Neoh et al. (2016) menjelaskan bahwa kandungan air pada bahan pangan akan membeku pada kisaran suhu  $-1$  sampai  $-5^{\circ}\text{C}$  yang dikenal dengan zona suhu pembekuan kristal es maksimum. Pada suhu ini pembentukan kristal es diawali dengan terbentuknya inti es di dalam sel, baik pada lapisan intra maupun ekstraseluler yang kemudian pada bagian ekstraseluler akan terjadi pembentukan kristal es secara intensif sehingga membentuk kristal es dengan ukuran besar yang dapat menekan sel sehingga terjadi degradasi struktur sel (Ramaswamy and Marcotte, 2005). Hal ini mengakibatkan hilangnya cairan seluler pada saat thawing. Selain itu dengan rusaknya dinding sel maka padatan seperti pati dan protein yang ada di dalam sel juga akan ikut terlarut pada saat thawing (Mohan et al., 2018). Hilangnya cairan dan padatan saat thawing mengakibatkan penurunan tekstur, namun struktur sel semakin terbuka. Fenomena tersebut akan berpengaruh terhadap daya serap air yang relatif lebih rendah pada suhu lebih tinggi (**Tabel 4.6**) karena kadar pati yang menurun. Dimana pati berfungsi untuk absorpsi dan mengikat air melalui proses gelatinisasi pati kembali (Raymundo et al., 2021), sehingga pada suhu  $-4^{\circ}\text{C}$  dibutuhkan waktu rehidrasi yang lebih tinggi akibat daya serap air yang rendah. Sedangkan pada suhu yang lebih rendah, maka nukleasi akan lebih dominan dibandingkan pembentukan kristal es dengan kata lain jumlah inti es ukuran kecil yang terbentuk akan semakin banyak sebelum terjadi penggumpalan inti es membentuk kristal es berukuran besar (Ramaswamy and Marcotte, 2005). Adanya peningkatan jumlah inti es dapat menurunkan kerusakan struktur sel, sehingga padatan di dalam sel seperti pati lebih terjaga (Moo-Young, 2019). Dengan demikian, pada suhu pembekuan yang lebih rendah yaitu  $-20^{\circ}\text{C}$  maka daya serap air akan lebih tinggi (**Tabel 4.6**) karena didukung dengan absorpsi air oleh proses gelatinisasi pati kembali pada saat direhidrasi (Raymundo et al., 2021). Daya serap air yang tinggi dapat mengakibatkan

penurunan waktu rehidrasi. Hubungan antara waktu rehidrasi dengan daya serap air nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



**Gambar 4.2.** Grafik Hubungan antara Waktu Rehidrasi dan Daya Serap Air

Berdasarkan **Gambar 4.2** dapat dilihat bahwa daya serap air menentukan waktu rehidrasi sebesar 58,81%. Berdasarkan hasil analisa korelasi *Person* (**Lampiran 6**) 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. Daya serap air merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kemampuan bahan dalam menyerap dan mengikat air pada molekul bahan (Herawati, 2018). 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.



4.2.2.2. Daya Serap Air

Daya serap air nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 77,00 – 157,28 % (**Lampiran 7**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa suhu dan lama pembekuan serta interaksi antara suhu dan lama pembekuan memberi pengaruh nyata ( $p\text{-value} < 0,05$ ) terhadap daya serap air nasi sorgum instan. Hasil uji DMRT pengaruh interaksi suhu dan lama pembekuan terhadap daya serap air dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

**Tabel 4.6** Rerata Daya Serap Air Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu dan Lama Pembekuan

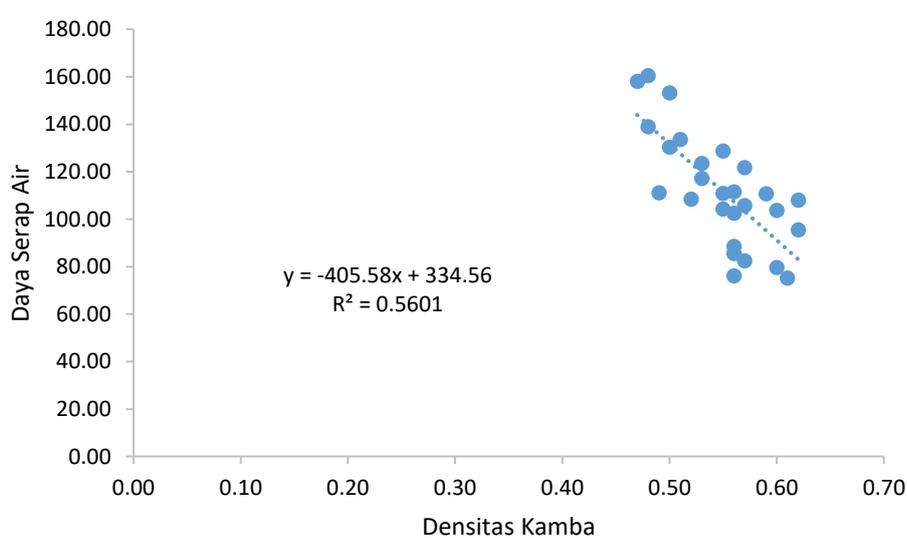
Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (JAM)	Rerata Daya Serap Air (%)	DMRT (5%)
-4	12	77,00 ± 2,34 a	5,61
-4	18	85,55 ± 3,03 b	5,89
-4	24	107,38 ± 4,37 d	6,17
-12	12	108,20 ± 2,46 d	6,24
-12	18	113,22 ± 3,50 d	6,30
-12	24	134,33 ± 4,36 f	6,37
-20	12	101,18 ± 4,84 c	6,04
-20	18	124,69 ± 3,69 e	6,34
-20	24	157,28 ± 3,66 g	

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

Berdasarkan **Tabel 4.6** dapat diketahui bahwa semakin rendah suhu pembekuan dan semakin lama pembekuan menyebabkan daya serap air nasi sorgum instan semakin tinggi. Daya serap air tertinggi diperoleh pada nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu pembekuan -20°C selama 24 jam, sedangkan daya serap air terendah diperoleh pada nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu pembekuan -4°C selama 12 jam. Peningkatan daya serap air dengan semakin rendah dan semakin lama pembekuan dapat dipengaruhi oleh karakteristik kristal es yang terbentuk serta pengaruhnya terhadap kerusakan struktur sel. Pada suhu yang lebih rendah dapat dihasilkan inti es baik pada intra maupun ekstraseluler dalam jumlah yang lebih banyak. Pembentukan inti es di dalam intraseluler yang terbentuk berkaitan dengan suhu pembekuan dibawah suhu pembentukan kristal es serta peningkatan jumlah inti es berkaitan dengan pembekuan pada kadar air terikat lemah. Menurut Rockland and Stewart (2013) pada kondisi pati yang sudah tergelatinisasi komponen air terdiri dari TBW (*Tightly Bound Water*) dengan jumlah sedikit dan didominasi oleh WBW (*Weakly Bound Water*). Pada saat proses pembekuan kadar air terikat kuat atau TBW tidak dapat membeku pada suhu dibawah -20°C, sedangkan WBW tidak dapat membeku pada suhu kisaran 0 sampai -10°C. Dengan demikian, pada proses pembekuan



dengan suhu yang lebih rendah dari  $-10^{\circ}\text{C}$  maka semakin banyak air terikat lemah atau WBW yang membentuk inti es, sehingga struktur pati menjadi *porous* dan terbuka. Pembentukan inti es juga terjadi pada bagian ekstraseluler yang berkaitan dengan suhu pembekuan yang lebih rendah dari suhu pembentukan kristal es, sehingga menyebabkan nukleasi lebih mendominasi dibandingkan pembentukan kristal es (Ramaswamy and Marcotte, 2005). Hal ini akan berpengaruh terhadap penurunan kerusakan struktur sel, sehingga padatan berupa pati dapat dipertahankan juga dengan struktur pati yang lebih *porous* dan terbuka dengan adanya peningkatan jumlah inti es yang terbentuk dalam struktur koloid pati (Moo-Young, 2019). Struktur pada nasi sorgum instan juga cenderung lebih *porous* karena banyak inti sel yang terbentuk sehingga struktur bahan lebih *porous*. Struktur nasi sorgum instan yang lebih *porous* dapat dilihat pada nilai densitas kamba (**Tabel 4.9**) yang cenderung lebih kecil dengan semakin rendah suhu pembekuan. Menurut Cucikodana et al. (2012) densitas kamba merupakan parameter yang dapat menunjukkan porositas suatu bahan. Semakin *porous* struktur nasi sorgum instan maka daya serap air akan semakin tinggi. Hubungan antara daya serap air dengan densitas kamba nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



**Gambar 4.3.** Grafik Hubungan antara Densitas Kamba dan Daya Serap Air

Berdasarkan **Gambar 4.3** dapat dilihat bahwa densitas kamba menentukan daya serap air sebesar 56,01%. Berdasarkan hasil analisa korelasi *Person* (**Lampiran 7**) 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 tinggi densitas kamba, maka daya serap air akan semakin menurun dan sebaliknya apabila semakin rendah nilai densitas

kamba maka daya serap air akan semakin tinggi. Menurut Oikonomopoulou et al. (2011) densitas kamba menunjukkan rongga kosong dalam bahan dengan nilai semakin kecil menunjukkan struktur bahan yang semakin *porous*. Struktur bahan yang lebih *porous* dapat meningkatkan kemampuan bahan dalam menyerap air pada saat direhidrasi (Yuwono and Zulfiah, 2014). Dengan demikian, semakin rendah nilai densitas kamba, maka daya serap air pada nasi instan lebih tinggi.

#### 4.2.2.3. Rendemen

Rendemen nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 90,00 – 95,33% (**Lampiran 8**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa lama pembekuan berpengaruh nyata ( $p$ -value < 0,05) terhadap rendemen nasi sorgum instan. Namun, faktor suhu pembekuan tidak memberi pengaruh nyata terhadap rendemen nasi sorgum instan. Interaksi antara suhu dan lama pembekuan juga tidak memberi pengaruh nyata terhadap rendemen nasi sorgum instan. Hasil uji BNT pengaruh lama pembekuan terhadap rendemen dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

**Tabel 4.7** Rerata Rendemen Nasi Sorgum Instan Akibat Lama Pembekuan

Lama Pembekuan (Jam)	Rerata Rendemen (%) (BNT 5%)
12	90,44 ± 0,39 b
18	91,55 ± 0,77 b
24	93,78 ± 2,14 a

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

Berdasarkan **Tabel 4.7** dapat diketahui bahwa semakin lama pembekuan maka rendemen dari nasi sorgum instan semakin tinggi. Tinggi nya rendemen nasi sorgum instan akibat lama pembekuan diperkirakan dipengaruhi oleh perubahan komposisi pada produk akhir akibat kondisi proses pengolahan. Pada penelitian ini digunakan metode pembekuan lambat yang berpengaruh terhadap kerusakan dinding sel. Degradasi pada dinding sel akan berakibat pada penurunan nutrisi yang terkandung dalam bahan. Menurut Evans (2009) Pembekuan lambat dapat menyebabkan kerusakan struktur sel, sehingga pada saat thawing nutrisi seperti vitamin larut air, asam-asam amino, asam laktat, protein, dan lemak pada bahan pangan akan terlarut dan hilang bersama dengan cairan yang keluar dari bahan pangan. Dengan demikian, semakin lama pembekuan dapat menurunkan total padatan yang lebih tinggi. 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. Pada nasi sorgum instan dengan

perlakuan lama pembekuan yang lebih rendah dapat lebih mempertahankan kandungan nutrisi, namun kristal es yang terbentuk jumlahnya akan lebih rendah. Prinsip dari proses pengeringan sendiri adalah selama proses pindah panas dari udara secara umum dalam alat pengering dan pindah masa dari bahan yang dikeringkan, maka dibutuhkan perubahan fase cair menjadi uap atau padat menjadi uap untuk pindah masa tersebut (Waziroh et al., 2017). Dengan demikian, pada nasi sorgum instan perlakuan suhu pembekuan yang lebih tinggi penurunan kandungan nutrisi dan total padatan akan lebih tinggi. Lebih lanjut menurut Sjöö and Nilsson (2017) bahwa semakin lama pengeringan dapat menurunkan kadar pati karena rusaknya sebagian molekul pati. Berbeda dengan nasi sorgum instan perlakuan suhu yang lebih rendah, dimana seiring dengan pengeringan yang semakin lama akan menguapkan kandungan air dalam jumlah yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan pendapat Chandra et al. (2017) bahwa pada saat proses pengeringan terjadi proses penguapan air yang terus menerus. Penurunan kandungan nutrisi dan total padatan yang lebih tinggi pada tahap pengeringan untuk sampel nasi sorgum instan perlakuan lama pembekuan yang lebih rendah menyebabkan kadar rendemennya lebih rendah.

#### 4.2.2.4. Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan (*hardness*) nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 77,2 – 319,0 g (**Lampiran 9**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa suhu dan lama pembekuan serta interaksi antara suhu dan lama pembekuan memberi pengaruh nyata ( $p\text{-value} < 0,05$ ) terhadap kekerasan (*hardness*) nasi sorgum instan. Hasil uji DMRT pengaruh interaksi suhu dan lama pembekuan terhadap kekerasan (*hardness*) dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

**Tabel 4.8** Rerata Kekerasan (*Hardness*) Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu dan Lama Pembekuan

Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (Jam)	Rerata Kekerasan ( <i>Hardness</i> ) (g)	DMRT (%)
-4	12	319,0 ± 33,2 d	36,24
-4	18	245,2 ± 29,5 c	38,05
-4	24	234,2 ± 20,3 c	39,02
-12	12	167,8 ± 23,4 b	39,86
-12	18	99,8 ± 29,9 a	40,34
-12	24	154,3 ± 14,9 b	40,71
-20	12	112,8 ± 8,8 a	40,95
-20	18	89,7 ± 8,3 a	41,19
-20	24	77,2 ± 9,0 a	

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

Berdasarkan **Tabel 4.8** dapat diketahui bahwa semakin rendah suhu dan semakin lama pembekuan menyebabkan kekerasan (*hardness*) nasi sorgum instan semakin rendah. Nilai kekerasan (*hardness*) terendah yaitu 77,2 g diperoleh pada sampel dengan suhu pembekuan -20°C selama 24 jam dan nilai kekerasan tertinggi 319,0 g diperoleh pada sampel dengan suhu pembekuan -4°C selama 12 jam. Semakin rendah nilai kekerasan (*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°C selama 24 jam memiliki kriteria tekstur yang menyerupai nasi sorgum tanpa proses instanisasi. Menurut Taylor and Duodu (2018) nasi sorgum matang harus memiliki tekstur lunak, mengembang, dan tidak lengket. Akan tetapi, dapat dilihat pada **Tabel 4.8** bahwa dengan semakin lama pembekuan cenderung menurunkan kekerasan (*hardness*) nasi sorgum instan kecuali pada suhu -20°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°C memiliki daya serap air yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan suhu -4 dan -12°C (**Tabel 4.6**), dimana daya serap air yang tinggi dapat membantu mencapai derajat gelatinisasi optimum. Hal inilah yang menyebabkan tekstur nasi sorgum instan pada suhu pembekuan -20°C memiliki nilai kekerasan (*hardness*) yang cenderung



tidak berbeda nyata, karena pada lama pembekuan yang berbeda dapat mencapai derajat gelatinisasi optimum atau tingkat gelatinisasi sempurna. Proses gelatinisasi menyebabkan perubahan struktur pati menjadi mengembang dan bentuk *crystalline* (rapat) berubah menjadi bentuk *amorf* (merenggang), dengan semakin tinggi tingkat gelatinisasi maka struktur granula pati akan semakin berongga dan menyebabkan tingkat kekerasan menjadi rendah (Bala, 2020). Komponen nutrisi seperti protein juga dapat mempengaruhi tingkat gelatinisasi pati. Protein dapat merusak pengembangan granula pati karena kemampuannya dalam membentuk ion kompleks dengan pati (Darandakumbura et al., 2013). Lebih lanjut menurut Taylor and Duodu (2018) protein memiliki sifat viskoelastisitas dan kemampuan membentuk ikatan silang, sehingga dapat menurunkan pengembangan pati. Kadar protein yang tinggi juga dapat mengakibatkan adanya kompetisi penyerapan air antara protein dan pati, sehingga gelatinisasi pati menjadi terhambat (Belton, 2008). Dengan demikian, kadar protein juga berkontribusi dalam mempengaruhi kekerasan (*hardness*) nasi sorgum instan. Nasi sorgum instan dengan suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  dengan lama pembekuan berbeda memiliki jumlah kristal es yang berbeda, karena semakin lama pembekuan akan meningkatkan jumlah inti es yang terbentuk. Perbedaan jumlah kristal es ukuran kecil tersebut dapat mempengaruhi perbedaan kadar protein, dimana pada saat pembekuan terjadi denaturasi protein akibat meningkatnya kekuatan ionik dari jaringan intraseluler yang diikuti migrasi air ke jaringan ekstraseluler (Sukasih et al., 2020). Oleh karenanya pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  dengan semakin lama pembekuan terdapat sedikit perbedaan terhadap nilai kekerasan (*hardness*) meskipun tidak berbeda secara signifikan.

#### 4.2.2.5. Densitas Kamba

Densitas kamba nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 0,50-0,59% (**Lampiran 10**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa suhu pembekuan berpengaruh nyata ( $p\text{-value} < 0,05$ ) terhadap densitas kamba nasi sorgum instan. Namun, faktor lama pembekuan tidak memberi pengaruh nyata terhadap densitas kamba nasi sorgum instan. Interaksi antara suhu dan lama pembekuan juga tidak memberi pengaruh nyata terhadap densitas kamba nasi sorgum instan. Hasil uji BNT pengaruh lama pembekuan terhadap densitas kamba dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

**Tabel 4.9** Rerata Densitas Kamba Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu Pembekuan

Suhu Pembekuan (°C)	Rerata Densitas Kamba (%) (BNT 5%)
-4	0,59 ± 0,02 a
-12	0,55 ± 0,01 b
-20	0,50 ± 0,02 c

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

Berdasarkan **Tabel 4.9** menunjukkan bahwa nasi sorgum instan perlakuan suhu pembekuan -20°C memiliki rerata densitas kamba terendah dibandingkan perlakuan suhu pembekuan -4°C dan -12°C. Densitas kamba terendah pada sampel nasi sorgum instan yaitu sebesar 0,47 g/ml pada suhu pembekuan -20°C selama 24 jam (**Lampiran 10**). Menurut Baz et al. (1992) nilai densitas kamba yang menguntungkan pada *quick cooking rice* yaitu kisaran 35 g/100 cc sampai 40 g/100 cc, sehingga dapat menghasilkan nasi instan dengan tekstur yang optimal dan dapat direhidrasi dengan cepat. Dengan demikian, pada hasil analisa nasi sorgum instan dengan perbedaan suhu dan lama pembekuan diperoleh nilai densitas kamba yang belum memenuhi kisaran densitas kamba optimal. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan kandungan nutrisi dan proses pengolahan. Kandungan amilosa dapat mempengaruhi densitas kamba nasi instan. Dimana kadar amilosa pada beras relatif lebih rendah dibandingkan dengan kadar amilosa pada sorgum. Menurut Tsunoda and Takahashi (2012) pada jenis beras non waxy mengandung amilosa dengan kisaran 14-18%, sedangkan kandungan amilosa pada jenis sorgum non waxy berkisar 20-30% dari pati pada endosperm (Reddy and Patil, 2015). Amilosa memiliki sifat yang lebih sulit tergelatinisasi karena strukturnya yang tidak bercabang sehingga terikat kuat dibandingkan dengan amilopektin yang lebih mudah tergelatinisasi karena mempunyai struktur bercabang dan terbuka (Dessuara et al., 2015). Gelatinisasi pati berperan penting terhadap densitas kamba. Proses gelatinisasi pati dimulai dengan pemutusan ikatan hidrogen, selanjutnya mengalami perubahan sifat yang irreversible meliputi penyerapan air, pembengkakan granula, pencairan kristal, pelepasan heliks ganda, dan hilangnya *birefringence* (Rodriguez-Amaya and Amaya-Farfan, 2020). Penyerapan air saat gelatinisasi pati menjadikan struktur bahan menjadi *porous* karena air tersebut akan menguap ketika pengeringan. Densitas kamba menunjukkan *void space* atau ruang kosong diantara partikel bahan (Kumalasari et al., 2015), dimana semakin rendah nilai densitas kamba menunjukkan struktur bahan yang semakin *porous* (Banurea et al., 2020). Oleh karenanya, dimungkinkan semakin tinggi kandungan amilosa menyebabkan densitas kamba semakin tinggi karena sifat amilosa yang sulit tergelatinisasi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Sasmitaloka and Banurea (2020) terkait nasi instan dari beras amilosa tinggi (beras IR 42), sedang (beras Inpari 32), rendah (beras Sintanur) dan



diperoleh nilai densitas kamba terendah pada nasi instan dari beras amilosa rendah dengan hasil berturut-turut nasi instan IR 42 (amilosa tinggi) 0,61 g/ml, nasi instan Inpari 32 (amilosa sedang) 0,57 g/ml, dan nasi instan Sintanur (amilosa rendah) 0,48 g/ml. Pengolahan juga turut mempengaruhi densitas kamba dari nasi instan. Menurut Baz et al. (1992) untuk mendapatkan densitas kamba yang optimal dibutuhkan pengeringan yang dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada kondisi stasioner untuk pengeringan pertama dan kondisi tidak tetap untuk pengeringan kedua, sedangkan pada penelitian ini hanya menggunakan pengeringan pada suhu 100°C selama 2 jam. Lebih lanjut berdasarkan pendapat (Layuk et al., 2021) pada produk pangan beku memiliki densitas kamba yang lebih rendah dibandingkan dengan tanpa proses pembekuan karena massa jenis dari es lebih kecil dibandingkan dengan massa jenis air. Dapat diketahui berdasarkan pada **Tabel 4.9** semakin rendah suhu pembekuan maka semakin rendah nilai densitas kamba, hal ini dapat dipengaruhi oleh porositas bahan yang semakin tinggi akibat terbentuknya kristal es selama pembekuan sehingga memecah struktur pati dan membentuk struktur *porous* (Sripinyowanich and Noomhorm, 2011). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Banurea et al. (2020) dimana densitas kamba dari nasi instan varietas IR 42 maupun sintanur dengan perlakuan suhu -20°C selama 18 jam memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan perlakuan suhu pembekuan -4°C selama 24 jam. Pada penelitian tersebut diperoleh rata-rata nilai densitas kamba sebesar 0,30 – 0,37 g/mL.

#### 4.2.2.6. Warna

##### 4.2.2.6.1. Kecerahan (L\*)

Nilai kecerahan (L\*) merupakan skala warna dari gelap-terang dengan rentang nilai 0 (gelap) - 100 (terang) yang dapat menunjukkan tingkat kecerahan (HunterLab, 2016). Nilai kecerahan (L\*) nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 31,03 – 44,8 (**Lampiran 11**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa suhu dan lama pembekuan memberi pengaruh nyata ( $p$ -value < 0,05) terhadap nilai kecerahan (L\*) nasi sorgum instan. Namun, interaksi antara suhu dan lama pembekuan tidak memberi pengaruh nyata terhadap nilai kecerahan (L\*) nasi sorgum instan. Hasil uji BNT pengaruh suhu dan lama pembekuan terhadap nilai kecerahan (L\*) dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.10** dan **Tabel 4.11**.

**Tabel 4.10** Rerata Nilai Kecerahan (L\*) Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu Pembekuan

Suhu Pembekuan (°C)	Rerata Nilai Kecerahan (L*) (BNT 5%)
-4	38,21 ± 4,79 b
-12	40,85 ± 3,42 a
-20	36,97 ± 6,05 b

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

**Tabel 4.11** Rerata Nilai Kecerahan (L\*) Nasi Sorgum Instan Akibat Lama Pembekuan

Lama Pembekuan (Jam)	Rerata Nilai Kecerahan (L*) (BNT 5%)
12	34,54 ± 4,07 c
18	37,79 ± 1,02 b
24	43,70 ± 0,95 a

Keterangan : 1) Data merupakan rerata 3 kali ulangan dan angka disamping ± adalah standar deviasi

Berdasarkan pada **Tabel 4.10** dapat diketahui bahwa rerata nilai kecerahan (L\*) tertinggi pada nasi sorgum instan akibat suhu pembekuan diperoleh pada sampel dengan suhu pembekuan -12°C dan nilai kecerahan terendah pada suhu pembekuan -20°C. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kecerahan (L\*) nasi sorgum instan cenderung fluktuatif akibat perlakuan suhu pembekuan yang berbeda. Nilai kecerahan (L\*) nasi sorgum instan yang fluktuatif 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. Menurut Ramaswamy and Marcotte (2005) suhu target atau suhu akhir dari pembentukan kristal es adalah -10 atau -18°C. Suhu pembekuan -4°C merupakan suhu yang dekat dengan titik beku awal produk pangan, sehingga kristal es yang terbentuk diperkirakan kurang maksimal. Hal ini akan berpengaruh terhadap kerusakan struktur sel, dengan suhu pembekuan yang belum mencapai suhu target pembentukan kristal es, maka akan dihasilkan kristal es dengan ukuran yang lebih kecil dibanding kristal es yang terbentuk dengan suhu mencapai suhu target pembentukan kristal es. Pembentukan kristal es dengan ukuran yang lebih kecil akan memberikan tekanan yang juga lebih rendah pada dinding sel dibandingkan tekanan pada dinding sel akibat kristal es dengan ukuran yang lebih besar. Dengan demikian, pada suhu -4°C mengakibatkan kerusakan struktur sel yang lebih rendah, sehingga padatan seperti pigmen dan kandungan tanin dalam sel akan lebih terjaga dibandingkan dengan suhu -12°C yang telah mencapai suhu target. Kandungan protein pada nasi sorgum instan akan menyebabkan pembentukan pigmen kecoklatan yaitu pigmen melanoidin pada saat proses pengeringan. Menurut Edelstein (2018) reaksi non enzimatis antara gula pereduksi dan asam amino merupakan reaksi *Maillard* yang terjadi

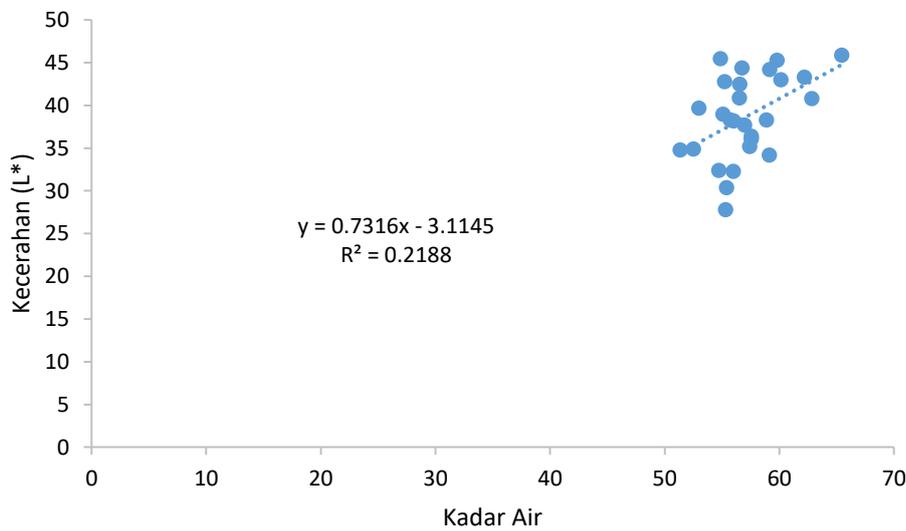


mulai dari suhu 100 - 250°C. Namun, beberapa produk pangan menunjukkan mulai terjadi reaksi *Maillard* pada suhu ruang meskipun berlangsung sangat lambat. Lebih lanjut Apriyantono et al. (1989) menyatakan bahwa reaksi *Maillard* terjadi pada suhu 37°C dan berlangsung cepat pada suhu 100°C, namun pada suhu 150°C reaksi tersebut tidak terjadi. Pigmen melanoidin merupakan pigmen coklat yang dapat memberikan warna gelap pada sampel. Selain pigmen melanoidin, antosianin dan tanin juga berkontribusi dalam memberikan warna pada nasi sorgum instan. Nasi sorgum instan pada suhu -4°C tingkat kecerahannya lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan suhu pembekuan -12°C karena porositas dan daya serap air yang lebih rendah. Secara umum, pigmen melanoidin memiliki sifat larut air (Murata, 2020) begitupun dengan pigmen antosianin dan tanin (Lichtfouse and Goyal, 2015). Sifat yang larut air tersebut yang dapat memberikan hasil akhir yang berbeda pada saat sampel direhidrasi. Pada saat rehidrasi maka konsentrasi baik pigmen melanoidin dan antosianin serta tanin akan menurun karena adanya absorpsi air. Konsentrasi pigmen dan kadar tanin pada sampel dengan suhu pembekuan -4°C tentunya masih lebih tinggi dibandingkan sampel dengan suhu pembekuan -12°C karena ukuran kristal es yang lebih kecil pada sampel suhu pembekuan -4°C mengakibatkan porositasnya juga lebih rendah, hal ini akan berakibat pada daya serap air lebih rendah dibanding sampel suhu pembekuan -12°C karena ukuran kristal es yang terbentuk lebih besar. Daya serap air yang lebih rendah pada sampel suhu pembekuan -4°C juga berperan terhadap penurunan konsentrasi pigmen dan kadar tanin yang lebih rendah dibandingkan sampel dengan suhu pembekuan -12°C. Hal ini didukung dengan adanya korelasi negatif (**Gambar 4.3**) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai densitas kamba (menunjukkan porositas yang rendah) nasi sorgum instan, maka semakin rendah daya serap air. Selanjutnya pada sampel suhu pembekuan -20°C memiliki pengaruh yang tidak berbeda secara signifikan terhadap nilai kecerahan ( $L^*$ ) dengan suhu pembekuan -4°C dan berbeda secara signifikan dengan suhu pembekuan -12°C. Hal ini dapat dipengaruhi oleh ukuran kristal es yang terbentuk. Pada suhu -20°C merupakan suhu yang lebih rendah dari suhu pembentukan kristal es, sehingga proses nukleasi akan mendominasi dan dihasilkan kristal es dengan ukuran kecil dalam jumlah banyak (Ramaswamy and Marcotte, 2005). Nukleasi yang mendominasi pada suhu pembekuan -20°C berpengaruh terhadap kerusakan struktur sel yang lebih rendah dibanding suhu -4°C, sehingga padatan dalam sel seperti protein, pigmen dan tanin dapat lebih dipertahankan dan memiliki porositas serta daya serap air yang lebih tinggi dibanding suhu pembekuan -4°C karena banyak terbentuk inti sel dan didukung dengan pembekuan air terikat lemah pada struktur koloid pati sehingga kristal es berukuran kecil yang terbentuk jumlahnya semakin tinggi. Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh terhadap konsentrasi pigmen dan kadar tanin yang menurun, sehingga nilai kecerahannya meningkat (Le and Jittanit, 2015). Dengan demikian, 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. Pada sampel suhu pembekuan -4 dan -20°C memiliki pengaruh yang berbeda secara signifikan dengan suhu pembekuan -12°C dikarenakan pada sampel dengan suhu pembekuan -12°C degradasi struktur sel lebih tinggi, sehingga kandungan padatan dalam sel seperti protein, pigmen dan kadar tanin akan lebih menurun (Beckett, 2012). Hal ini berpengaruh terhadap konsentrasi warna yang lebih rendah sehingga tingkat kecerahannya akan lebih tinggi dibanding sampel dengan suhu pembekuan -4 dan -20°C.

Berdasarkan **Tabel 4.11** lama pembekuan juga 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. Peningkatan kecerahan nasi sorgum instan dapat diakibatkan oleh degradasi struktur sel akibat pembentukan kristal es. Pada suhu pembekuan -4 dan -12°C perbedaan nilai kecerahan ( $L^*$ ) akibat lama pembekuan yang berbeda dapat dipengaruhi oleh degradasi struktur sel yang mengakibatkan keluarnya cairan serta padatan seperti protein, pigmen dan tanin pada saat dithawing (Beckett, 2012). Dimana proses tersebut tentunya tidak berlangsung dengan waktu singkat, melainkan butuh waktu yang dimulai dengan pembentukan kristal es pada bagian intra dan ekstraseluler, selanjutnya terjadi pembentukan kristal es secara intensif pada ekstraseluler sampai terbentuk kristal es dengan ukuran besar (Ramaswamy and Marcotte, 2005). Pembentukan kristal es juga membutuhkan waktu untuk mencapai pembentukan kristal es maksimal. Menurut (Beckett, 2012) pembentukan kristal es dimulai pada bagian permukaan bahan hingga mencapai titik pusat bahan pangan. Kristal es dengan ukuran yang besar kemudian akan menekan dinding sel hingga terjadi degradasi struktur sel serta keluarnya cairan dan padatan yang terlarut. Menurut (Taylor and Duodu, 2018) sorgum mengandung komposisi nutrisi yang kompleks karena terdapat berbagai komponen makro dan mikromolekul seperti pati, lemak, protein, serat pangan, mineral, dan senyawa antinutrisi. Dengan demikian, perbedaan lama pembekuan akan berpengaruh terhadap perbedaan jumlah padatan seperti protein, pigmen, dan tanin dalam sel karena penurunan padatan dalam sel membutuhkan waktu dan tidak terjadi secara spontan akibat komposisinya yang kompleks (Beckett, 2012). Kadar protein, pigmen antosianin, dan tanin dalam nasi sorgum instan sangat berpengaruh terhadap warna nasi sorgum instan. Semakin lama pembekuan, maka nilai kecerahan nasi sorgum instan akan lebih tinggi karena penurunan padatan yang berkontribusi terhadap warna nasi sorgum instan semakin menurun, sehingga tingkat

kecerahannya meningkat. Berbeda dengan sampel pada suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$ , dimana perbedaan nilai kecerahan ( $L^*$ ) akibat perbedaan lama pembekuan dapat dipengaruhi oleh porositas dan daya serap air. Pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  merupakan suhu yang lebih rendah dari suhu pembentukan kristal es, sehingga akan dihasilkan kristal es dengan ukuran kecil. Semakin lama pembekuan tentunya akan berpengaruh terhadap porositas bahan. Semakin lama pembekuan akan membentuk kristal es dengan jumlah yang lebih tinggi, karena pada suhu tersebut dimungkinkan terjadi pembekuan pada kadar air terikat lemah pada struktur koloid pati. Pembekuan kadar air terikat lemah membutuhkan waktu hingga air tersebut dapat membentuk kristal es dan terlepas dari ikatan amilosa dan amilopektin (Rockland and Stewart, 2013). Dengan demikian, semakin lama pembekuan semakin *porous* dan terbuka struktur pati juga struktur nasi sorgum instan karena peningkatan jumlah kristal es. Semakin *porous* suatu bahan, maka daya serap airnya akan semakin tinggi (Yuwono and Zulfiah, 2014). Hal ini dapat dilihat dari korelasi positif (**Gambar 4.3**) antara densitas kamba dan daya serap air. Semakin lama waktu pembekuan menyebabkan daya serap air semakin tinggi, sehingga kadar air pada nasi sorgum instan setelah direhidrasi juga akan semakin tinggi. Kadar air akan berpengaruh terhadap nilai kecerahan nasi sorgum instan. Hubungan antara kadar air dengan nilai kecerahan ( $L^*$ ) nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



**Gambar 4.4.** Grafik Hubungan antara Kecerahan ( $L^*$ ) dan Kadar Air



Berdasarkan **Gambar 4.4** dapat dilihat bahwa kadar air menentukan nilai kecerahan ( $L^*$ ) sebesar 21,88%. Berdasarkan hasil analisa korelasi *Person* (**Lampiran 11**) diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,014 dengan koefisien korelasi sebesar 0,468. Nilai tersebut menunjukkan adanya korelasi sedang dengan arah korelasi positif antara kadar air dengan nilai kecerahan ( $L^*$ ), dimana semakin tinggi kadar air, maka nilai kecerahan ( $L^*$ ) akan semakin tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh sifat pigmen melanoidin, antosianin, dan tanin pada saat direhidrasi. Menurut (Murata, 2020) pigmen melanoidin memiliki sifat larut air, pigmen antosianin juga memiliki sifat larut air, begitupun dengan tanin yang bersifat larut air (Lichtfouse and Goyal, 2015). Sifatnya yang larut air dapat menurunkan konsentrasi warna sehingga tingkat kecerahannya meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Le and Jittanit (2015) bahwa dengan struktur beras merah instan yang *porous* menyebabkan penyerapan air yang tinggi ketika direhidrasi, sehingga menghasilkan beras merah instan dengan intensitas warna yang rendah, namun tingkat kecerahannya semakin tinggi. Pendapat tersebut didukung dengan hasil penelitian dari Abhilasha et al. (2021) dimana pada sampel *quick cooking germinated brown rice* diperoleh intensitas warna yang rendah karena struktur produk kurang padat akibat perlakuan *pretreatment* berupa pembekuan. Pada penelitian ini menghasilkan nasi sorgum instan berwarna gelap yang ditunjukkan dengan nilai L (tingkat kecerahan) yang rendah (<51). Notasi L menunjukkan derajat kecerahan dengan warna gelap apabila memiliki kisaran nilai L antara 1-50, sedangkan warna cerah memiliki kisaran nilai L antara 51-100 (HunterLab, 2016). Warna gelap pada nasi sorgum instan dapat diakibatkan karena adanya proses pengeringan yang dapat menyebabkan terjadinya reaksi maillard dan menghasilkan pigmen coklat yaitu pigmen melanoidin (Simpson et al., 2012). Gelatinisasi pada nasi sorgum instan juga turut mempengaruhi tingkat kecerahan produk. Proses gelatinisasi pati baik pada proses pemasakan maupun rehidrasi dapat menghilangkan sifat *birefringence*. Menurut Roos and Drusch (2015) selama berlangsungnya gelatinisasi pati terdapat tiga proses yang berkaitan dengan perubahan karakteristik pati antara lain proses difusi air ke dalam granula pati, hilangnya sifat *birefringence* dengan adanya hidrasi, dan pembengkakan granula. Berdasarkan penelitian Leseni and Yuwana (2021) melaporkan bahwa adanya proses gelatinisasi dapat menyebabkan kehilangan sifat *birefringence* pada *Fried Frozen Cassava* sehingga tingkat kecerahannya menurun. *Birefringence* merupakan karakteristik dari granula pati yang dapat memantulkan sinar terpolarisasi (Gultom et al., 2014).

#### 4.2.2.6.2. Kemerahan ( $a^*$ )

Nilai kemerahan ( $a^*$ ) merupakan skala warna yang dapat menunjukkan warna kehijauan-kemerahan, dimana apabila nilai ( $-a^*$ ) negatif menunjukkan warna kehijauan

sedangkan jika nilai (+a\*) positif menunjukkan warna kemerahan (HunterLab, 2016). Nilai kemerahan (a\*) nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 1,37 – 3,50 dengan skala nilai (-a\*) negatif (**Lampiran 12**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa suhu dan lama pembekuan serta interaksi antara suhu dan lama pembekuan memberi pengaruh nyata (p-value < 0,05) terhadap nilai kemerahan (a\*) nasi sorgum instan. Hasil uji DMRT pengaruh interaksi suhu dan lama pembekuan terhadap nilai kemerahan (a\*) dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

**Tabel 4.12** Rerata Nilai Kemerahan (a\*) Nasi Sorgum Instan Akibat Suhu Pembekuan

Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (Jam)	Kemerahan (a*)	DMRT (5%)
-4	12	2,2 ± 0,26 b	0,37
-4	18	1,67 ± 0,15 a	0,36
-4	24	1,57 ± 0,15 a	0,35
-12	12	1,50 ± 0,10 a	0,34
-12	18	1,67 ± 0,15 a	0,37
-12	24	1,37 ± 0,15 a	0,33
-20	12	2,73 ± 0,29 c	0,37
-20	18	3,50 ± 0,17 d	
-20	24	2,33 ± 0,21 b	0,37

Keterangan : 1) Data merupakan rerata dari 3 kali ulangan  
 2) Angka setelah ± menunjukkan standar deviasi  
 3) Angka yang didampingi notasi berbeda menunjukkan perbedaan nyata (α = 0,05)

Berdasarkan **Tabel 4.12** dapat diketahui bahwa nilai tertinggi untuk nilai kemerahan (a\*) diperoleh pada perlakuan suhu pembekuan -20°C dengan lama pembekuan 18 jam. Semakin rendah suhu pembekuan diperoleh nilai kemerahan (a\*) yang cenderung semakin tinggi, dimana 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. 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. Menurut Lichtfouse and Goyal (2015) biji sorgum mengandung senyawa fitokimia dalam jumlah tinggi seperti tanin, asam fenolik, antosianin, pitosterol dan policosanol. Antosianin merupakan pigmen warna yang dapat menghasilkan warna merah. Selain pigmen antosianin, tanin juga berkontribusi dalam memberikan warna merah pada biji sorgum, sesuai dengan pernyataan dari (Subagio, 2014) bahwa tanin merupakan senyawa polifenol yang berwarna gelap yaitu cokelat, merah dan hitam. Menurut (Layuk et al., 2021) proses pembekuan lambat dapat membuat struktur bahan menjadi lebih porous, dimana semakin rendah suhu pembekuan dan semakin lama pembekuan dapat membentuk porositas yang



lebih tinggi sehingga daya serap air juga semakin tinggi (Sasmitaloka et al., 2020). Tingginya daya serap air pada nasi sorgum instan menyebabkan semakin tinggi kadar air nasi sorgum instan setelah direhidrasi. Hal ini menyebabkan konsentrasi warna pada nasi sorgum semakin menurun salah satunya adalah warna merah yang dihasilkan dari pigmen antosianin dan tanin. Hal ini disebabkan karena pigmen antosianin memiliki sifat yang larut air (Kan and Chen, 2021), begitupun dengan tanin yang juga bersifat larut air (Aires, 2020). Oleh karenanya, pada suhu pembekuan yang lebih rendah warna merah akan semakin memudar sehingga nasi sorgum instan cenderung lebih berwarna kehijauan. Hal ini juga ditandai dengan warna kehijauan yang semakin tinggi.

#### 4.2.2.6.3. Kekuningan (b\*)

Nilai kekuningan (b\*) merupakan skala warna yang dapat menunjukkan warna biru-kuning, dimana apabila nilai (-b\*) negatif menunjukkan warna biru sedangkan jika nilai (+b\*) positif menunjukkan warna kuning (HunterLab, 2016). Nilai kekuningan (b\*) nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan memiliki rerata kisaran 8,43 – 10,20 dengan skala nilai (+b\*) positif (**Lampiran 13**). Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa suhu dan lama pembekuan serta interaksi antara suhu dan lama pembekuan tidak memberi pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai kekuningan (b\*) nasi sorgum instan. Rerata nilai kekuningan (b\*) dari nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.13**

**Tabel 4.13** 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

Berdasarkan **Tabel 4.13** dapat diketahui bahwa nilai tertinggi untuk nilai kekuningan (b\*) yaitu 10,20 diperoleh pada perlakuan suhu pembekuan -4°C dengan lama pembekuan 18 jam, sedangkan nilai terendah diperoleh pada sampel dengan perlakuan suhu pembekuan -20°C yang dibekukan selama 24 jam dengan nilai kekuningan (b\*) 8,43. Hasil analisa warna menggunakan color reader diperoleh nilai kekuningan (b\*) bernilai positif

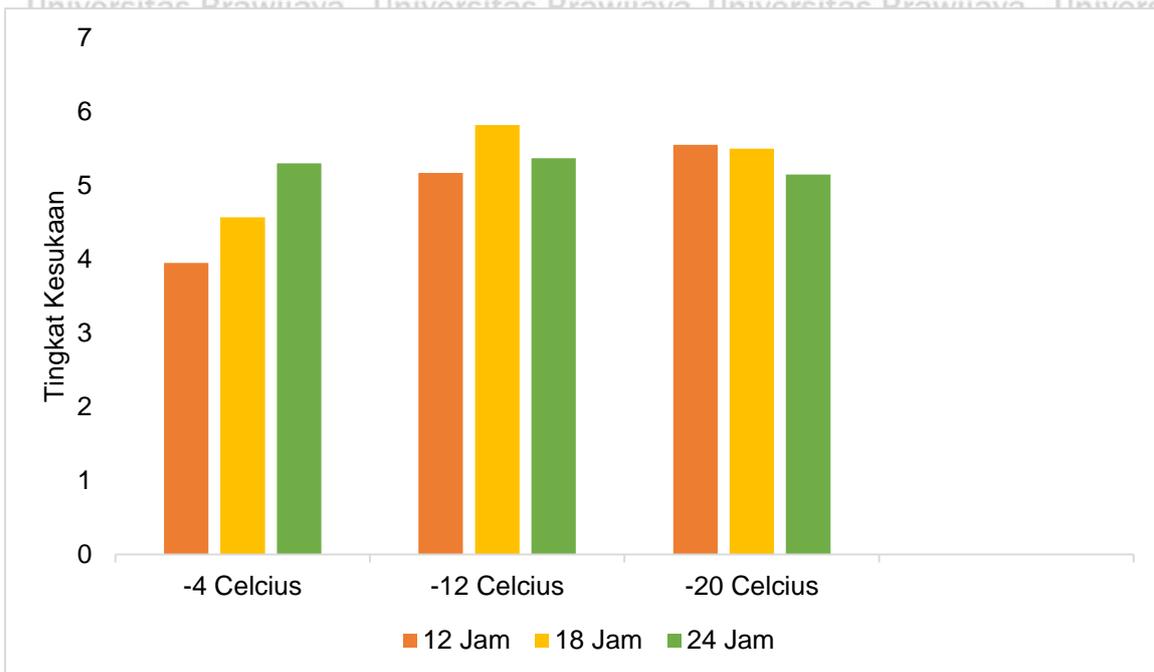


pada keseluruhan sampel yang menunjukkan bahwa sampel nasi sorgum instan berwarna kekuningan. Perlakuan suhu dan lama pembekuan tidak memberi pengaruh nyata terhadap warna kekuningan ( $b^*$ ) nasi sorgum instan. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi proses pengeringan yang sama untuk semua sampel nasi sorgum instan. Proses pengeringan nasi sorgum instan dilakukan pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  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. Menurut Ustunol (2014) reaksi *maillard* dipengaruhi oleh suhu, aktivitas air, pH, dan ion logam. Lebih lanjut dalam penelitian yang dilakukan Kusumawati et al. (2012) diperoleh bahwa semakin tinggi suhu pengeringan menghasilkan warna tepung biji nangka yang semakin tinggi. Dengan demikian, suhu pengeringan yang sama pada sampel nasi sorgum instan menyebabkan kecenderungan pigmen melanoidin yang terbentuk memiliki konsentrasi yang hampir sama pada semua sampel. Analisa warna pada nasi sorgum instan dilakukan pada sampel yang telah direhidrasi. Sedikit perbedaan nilai kekuningan pada sampel nasi sorgum 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 and Duodu (2018) nasi sorgum matang harus memiliki warna putih atau kuning muda.

#### 4.2.3. Karakteristik Organoleptik Nasi Sorgum Instan

##### 4.2.3.1. Warna

Hasil uji hedonik dengan 40 panelis tidak terlatih pada parameter warna menghasilkan nilai rerata antara 3,95 – 5,82 (agak tidak suka – agak suka) (**Lampiran 16**). Perbedaan nilai tingkat kesukaan panelis tidak terlatih terhadap parameter warna nasi sorgum instan perlakuan suhu dan lama pembekuan dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



**Gambar 4.5** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter Warna

Pada **Gambar 4.1** dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap parameter warna nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan. Lama pembekuan pada suhu  $-4^{\circ}$  celcius memiliki perbedaan tingkat kesukaan panelis yang paling signifikan, diikuti dengan lama pembekuan pada suhu  $-12^{\circ}$  celcius, sedangkan lama pembekuan pada suhu  $-20^{\circ}$  celcius terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap parameter warna nasi sorgum dengan perlakuan lama pembekuan. Selanjutnya untuk perlakuan suhu pembekuan yang berbeda dengan lama waktu yang sama memiliki tingkat kesukaan panelis yang berbeda terhadap parameter warna nasi sorgum instan. Tingkat kesukaan panelis yang paling tinggi pada parameter warna yaitu pada sampel perlakuan suhu pembekuan  $-12^{\circ}\text{C}$  selama 18 jam, sedangkan tingkat kesukaan panelis paling rendah terhadap parameter warna yaitu pada sampel perlakuan  $-4^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam.

Berdasarkan hasil uji Friedman terhadap parameter warna nasi sorgum instan (**Lampiran 16**) didapatkan nilai p sebesar 0,00 ( $p < 0,05$ ) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap 9 sampel nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan yang berbeda. Hasil uji Friedman pada 9 sampel nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

Tabel 4.14 Hasil Uji Friedman Parameter Warna

Perlakuan	Kode Sampel	Rerata	Rerata Peringkat Friedman	Jumlah Peringkat Friedman
S1L1	171	3,95	2,950	118,0
S1L2	264	4,57	3,975	159,0
S1L3	972	5,30	4,975	199,0
S2L1	702	5,17	4,950	198,0
S2L2	813	5,82	6,150	246,0
S2L3	974	5,37	5,437	217,5
S3L1	515	5,55	5,775	231,0
S3L2	621	5,50	5,500	220,0
S3L3	438	5,15	5,287	211,5

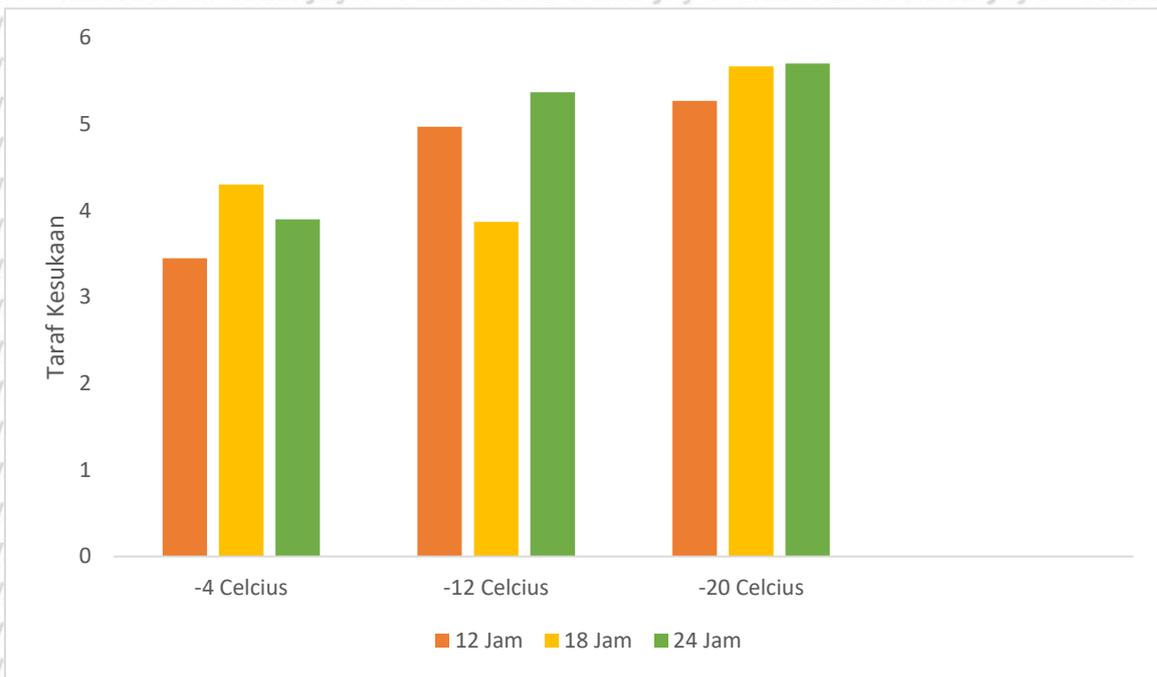
Berdasarkan **Tabel 4.14** dapat diketahui peringkat tertinggi dengan nilai 6,150 diperoleh pada perlakuan S2L2 dengan kode 813 merupakan perlakuan dengan suhu pembekuan  $-12^{\circ}$  celcius dan lama pembekuan 18 jam (**Tabel 4.14**). Nilai dari tingkat kesukaan panelis yang paling tinggi adalah pada sampel S2L2 dengan kode 813 menunjukkan bahwa sampel tersebut merupakan sampel dengan warna paling disukai oleh panelis, dimana pada sampel ini menghasilkan warna putih yang merata secara keseluruhan. Warna yang terbentuk berkaitan dengan kemampuan sampel dalam menyerap air saat direhidrasi. Nasi sorgum instan pada prosesnya dilakukan pengeringan menggunakan oven listrik pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam, sehingga dihasilkan bulir nasi sorgum instan dengan warna kuning kecoklatan. Warna tersebut diakibatkan karena terjadinya reaksi *maillard* yaitu reaksi antara gula reduksi dengan asam amino. Diketahui sorgum varietas numbu yang telah disosoh mengandung protein sebesar 1,82% dalam persentase berat basah (Suarni and Firmansyah, 2016), serta mengandung 0,85% sukrosa sebagai komponen gula utama diikuti dengan glukosa 0,09%, fruktosa 0,09%, maltose serta stachyose (Ratnavathi et al., 2016). Warna kuning kecoklatan dari nasi sorgum instan setelah proses pengeringan disebabkan karena adanya kandungan pigmen coklat melanoidin hasil dari reaksi *maillard* (Edelstein, 2018). Warna kuning kecoklatan pada nasi sorgum instan setelah pengeringan sejalan dengan hasil penelitian dari Rasyid et al. (2016) bahwa pada pembuatan beras analog sorgum yang ditambahkan dengan rempah campuran menghasilkan beras analog yang berwarna kecoklatan akibat reaksi *Maillard* saat proses pemanasan dan pengeringan. Pada penelitian ini dilakukan uji hedonik dengan menggunakan sampel yang telah direhidrasi, dimana sampel yang telah direhidrasi akan mengalami perubahan warna dari kuning kecoklatan menjadi putih agak kekuningan sampai putih. Hal ini dapat disebabkan karena terlarutnya pigmen dalam air panas yang digunakan untuk merehidrasi nasi sorgum instan. Menurut Murata (2020) secara umum melanoidin merupakan polimer yang bersifat larut dalam air. Sifat pigmen melanoidin tersebut yang mempengaruhi perubahan warna dari nasi sorgum instan yang telah

direhidrasi. Pada sampel dengan perlakuan suhu pembekuan  $-12^{\circ}$  celcius dan lama pembekuan 18 jam memiliki daya serap air yang baik sehingga warna yang dihasilkan berwarna putih yang disukai oleh panelis karena konsentrasi pigmen yang menurun.

Berdasarkan **Tabel 4.14** diperoleh peringkat terendah dengan nilai 2,950 untuk parameter warna pada sampel S1L1 dengan kode 171 yang dibekukan pada suhu  $-4^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam. Pada sampel ini warna nasi sorgum instan cenderung berwarna putih kekuningan. Warna yang dihasilkan terkait dengan rendahnya kemampuan sampel dalam menyerap air saat proses rehidrasi. Nasi sorgum instan sebelum direhidrasi memiliki warna kuning kecoklatan akibat terbentuknya pigmen melanoidin hasil dari reaksi *maillard* saat proses pengeringan (Edelstein, 2018). Menurut Murata (2020) secara umum melanoidin merupakan polimer yang bersifat larut dalam air. Sifat pigmen melanoidin yang larut dalam air menyebabkan berkurangnya warna kuning kecoklatan pada nasi sorgum instan ketika direhidrasi. Akan tetapi, semakin rendah daya serap air mengakibatkan konsentrasi pigmen melanoidin menjadi lebih tinggi sehingga warna coklat tersebut akan berkontribusi pada warna akhir dari nasi sorgum instan yang telah direhidrasi. Konsentrasi pigmen coklat yang lebih tinggi menyebabkan tingkat kecerahan produk semakin menurun. Hal ini sejalan dengan pendapat dari Hutchings (2012) bahwa dengan konsentrasi pigmen yang meningkat menyebabkan warna sampel menjadi gelap.

#### 4.2.3.2. Kenampakkan

Hasil uji hedonik dengan 40 panelis tidak terlatih pada parameter kenampakkan menghasilkan nilai rerata antara 3,45 – 5,70 (agak tidak suka – agak suka) (**Lampiran 17**). Perbedaan nilai tingkat kesukaan panelis tidak terlatih terhadap parameter kenampakkan nasi sorgum instan perlakuan suhu dan lama pembekuan dapat dilihat pada **Gambar 4.2**:



**Gambar 4.6** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter Kenampakkan

Pada **Gambar 4.2** dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap parameter kenampakkan nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan. Lama pembekuan yang sama pada suhu yang berbeda menunjukkan semakin rendah suhu maka semakin tinggi tingkat kesukaan panelis terhadap parameter kenampakkan nasi sorgum instan. Tingkat kesukaan panelis yang paling tinggi pada parameter kenampakkan yaitu pada sampel perlakuan suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam, sedangkan tingkat kesukaan panelis paling rendah terhadap parameter kenampakkan yaitu pada sampel perlakuan  $-4^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam.

Berdasarkan hasil uji Friedman terhadap parameter kenampakkan nasi sorgum instan (**Lampiran 17**) didapatkan nilai p sebesar 0,00 ( $p < 0,05$ ) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap 9 sampel nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan yang berbeda. Hasil uji Friedman pada 9 sampel nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.



**Tabel 4.15** Hasil Uji Friedman Parameter Kenampakkan

Perlakuan	Kode Sampel	Rerata	Rerata Peringkat Friedman	Jumlah Peringkat Friedman
S1L1	171	3,45	2,912	116,5
S1L2	264	4,30	4,075	163,0
S1L3	972	3,90	3,625	145,0
S2L1	702	4,97	5,287	211,5
S2L2	813	3,87	3,787	151,5
S2L3	974	5,37	6,087	243,5
S3L1	515	5,27	6,012	240,5
S3L2	621	5,67	6,587	263,5
S3L3	438	5,70	6,625	265,0

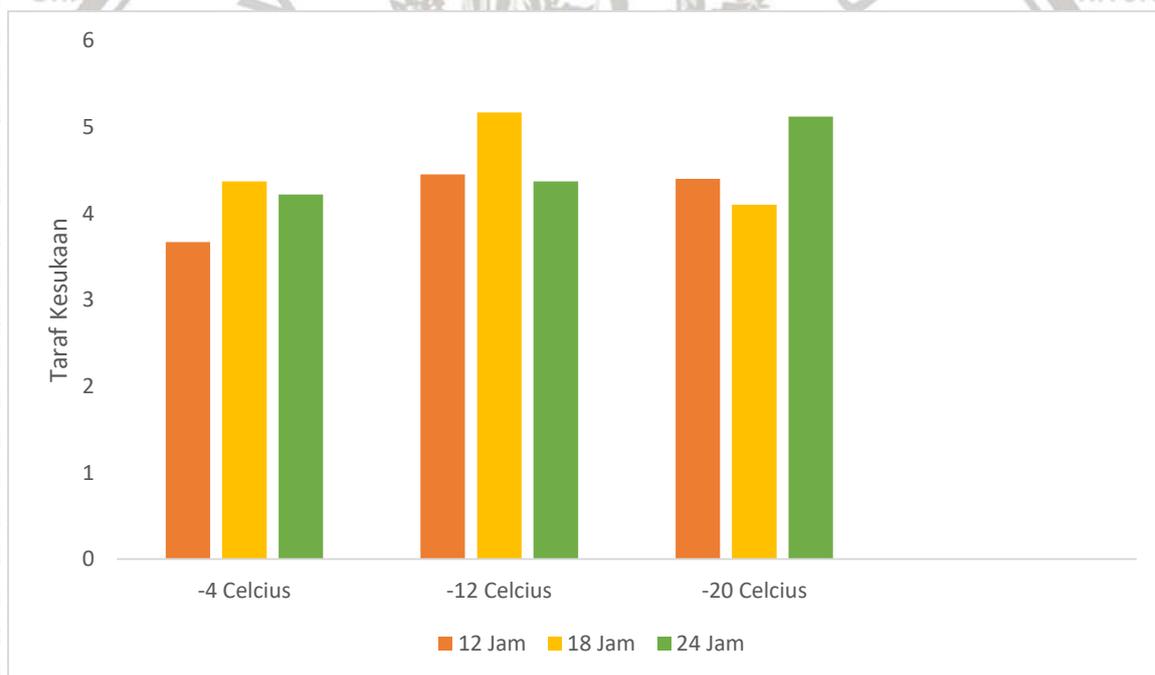
Berdasarkan **Tabel 4.15** dapat diketahui peringkat tertinggi dengan nilai 6,625 diperoleh pada perlakuan S3L3 dengan kode 438 merupakan perlakuan dengan suhu pembekuan  $-20^{\circ}$  celcius dan lama pembekuan 24 jam. Bentuk bulir nasi sorgum yang dihasilkan setelah rehidrasi berbentuk bulat utuh. Kenampakkan dari bentuk sorgum dipengaruhi oleh proses pengolahan nasi sorgum instan. Pada tahap pembekuan adanya pembentukan kristal es dapat mempengaruhi struktur mikro sampel beku (Peng et al., 2018). Adanya proses pembekuan dapat membentuk struktur *porous* pada nasi sorgum instan sehingga membuat penampilan produk akhir menjadi mengembang dan terlihat padat dengan bulir nasi yang utuh karena penyerapan air yang tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Le and Jittanit (2015) bahwa *pretreatment* pembekuan dapat membantu pembentukan struktur nasi instan yang *porous*, dimana struktur *porous* dapat memfasilitasi migrasi air baik ketika proses pengeringan maupun rehidrasi. Pada sampel dengan kode 438 dilakukan perlakuan pembekuan dengan suhu paling rendah yaitu  $-20^{\circ}$  celcius serta lama pembekuan dengan waktu yang paling lama yaitu 24 jam. Perlakuan tersebut dapat mencegah bulir nasi sorgum hancur setelah proses pengeringan serta dapat mencegah bulir nasi sorgum instan yang pecah-pecah setelah rehidrasi karena penyerapan air yang memadai. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian dari Sukasih et al. (2020) bahwa semakin lama pembekuan dapat menurunkan jumlah biji kacang hijau instan yang pecah.

Berdasarkan **Tabel 4.15** diperoleh peringkat terendah dengan nilai 2,912 untuk parameter kenampakkan pada sampel S1L1 dengan kode 171 yang dibekukan pada suhu  $-4^{\circ}$ C selama 12 jam. Pada sampel tersebut cenderung memiliki kenampakkan agak pecah-pecah dan berkerut. Nasi sorgum instan yang agak pecah-pecah dan berkerut dipengaruhi oleh kondisi proses pembekuan yang kurang optimal. Suhu dan lama pembekuan pada sampel kode 171 memiliki jumlah kristal es yang lebih sedikit dibandingkan dengan pembekuan pada suhu yang lebih rendah dengan waktu pembekuan yang lebih lama. Menurut Sripinyowanich and Noomhorm (2011) ukuran ruang kosong dalam nasi beku tidak seragam karena perubahan fase dari padat menjadi cair selama thawing serta ekspansi

uap air saat pengeringan membutuhkan waktu yang tidak singkat. Berdasarkan pendapat tersebut dapat diketahui bahwa dengan jumlah kristal es yang lebih sedikit maka akan semakin singkat waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan kandungan air bahan. Akan tetapi, pada pembuatan nasi sorgum instan dilakukan pengeringan dengan kondisi proses yang sama yaitu pada suhu 100°C selama 2 jam sehingga menyebabkan sampel nasi sorgum instan dengan kode 171 menjadi lebih patah-patah dibandingkan sampel lain karena tidak dapat mempertahankan keutuhan biji akibat laju pengeringan yang lebih cepat. Hal ini sesuai dengan pendapat Chandra et al. (2017) bahwa pada saat proses pengeringan terjadi proses penguapan air yang terus menerus.

#### 4.2.3.3. Rasa

Hasil uji hedonik dengan 40 panelis tidak terlatih pada parameter rasa menghasilkan nilai rerata antara 3,67 – 5,17 (agak tidak suka – agak suka) (Lampiran ). Perbedaan nilai tingkat kesukaan panelis tidak terlatih terhadap parameter rasa nasi sorgum instan perlakuan suhu dan lama pembekuan dapat dilihat pada grafik **Gambar 4.3**.



**Gambar 4.7** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter Rasa

Pada **Gambar 4.3** dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap parameter rasa nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan. Lama pembekuan 24 jam pada suhu yang berbeda menunjukkan semakin rendah suhu maka semakin tinggi tingkat kesukaan panelis terhadap parameter rasa nasi sorgum instan. Tingkat kesukaan panelis yang paling tinggi pada parameter rasa yaitu pada



sampel perlakuan suhu pembekuan  $-12^{\circ}\text{C}$  selama 18 jam, sedangkan tingkat kesukaan panelis paling rendah terhadap parameter *overall liking* yaitu pada sampel perlakuan  $-4^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam.

Berdasarkan hasil uji Friedman terhadap parameter rasa nasi sorgum instan (**Lampiran 15**) didapatkan nilai p sebesar 0,00 ( $p < 0,05$ ) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap 9 sampel nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan yang berbeda. Hasil uji Friedman pada 9 sampel nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

**Tabel 4.16** Hasil Uji Friedman Parameter Rasa

Perlakuan	Kode Sampel	Rerata	Rerata Peringkat Friedman	Jumlah Peringkat Friedman
S1L1	171	3,67	3,575	143,0
S1L2	264	4,37	4,850	194,0
S1L3	972	4,22	4,700	188,0
S2L1	702	4,45	5,112	204,5
S2L2	813	5,17	6,425	257,0
S2L3	974	4,37	4,862	194,5
S3L1	515	4,4	4,900	196,0
S3L2	621	4,10	4,212	168,5
S3L3	438	5,12	6,362	254,5

Berdasarkan **Tabel 4.16** dapat diketahui peringkat tertinggi dengan nilai 6,425 diperoleh pada perlakuan S2L2 dengan kode 813 merupakan perlakuan dengan suhu pembekuan  $-12^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 18 jam. Pada sampel ini memiliki rasa yang paling disukai. Berdasarkan pendapat dari panelis sampel dengan kode 813 memiliki rasa yang mirip dengan nasi, agak gurih dan sedikit manis. Rasa manis pada nasi sorgum dipengaruhi oleh kandungan berbagai jenis gula pada biji sorgum. Menurut Taylor and Duodu (2018) pada sorgum *ripening* mengandung gula larut air sebanyak 2,3%, dimana jenis gula larut air yang mendominasi adalah sukrosa. Lebih lanjut Ratnavathi et al. (2016) melaporkan bahwa pada biji sorgum mengandung 0,85% sukrosa sebagai komponen gula utama diikuti dengan glukosa 0,09%, fruktosa 0,09%, maltose serta stachyose. Masing-masing jenis gula memiliki *relative sweetness* yang berbeda-beda. Menurut Mohan and Singh (2020) *relative sweetness* dari masing-masing jenis gula yaitu 1,00 untuk sukrosa, glukosa 0,75 dan fruktosa 1,70. Sedikit rasa gurih turut memberikan pengaruh terhadap atribut rasa nasi sorgum instan, dimana rasa gurih tersebut dipengaruhi oleh kandungan protein yaitu asam glutamat. Menurut Mohapatra et al. (2019) asam amino utama pada biji sorgum antara lain asam glutamat, arginin, asam aspartate, glisin, serin dan leusin. Asam glutamat merupakan jenis protein yang dapat menciptakan rasa gurih atau umami (Hurst, 2020). Pada sampel kode 813 dengan nilai kesukaan tertinggi dilakukan perlakuan suhu

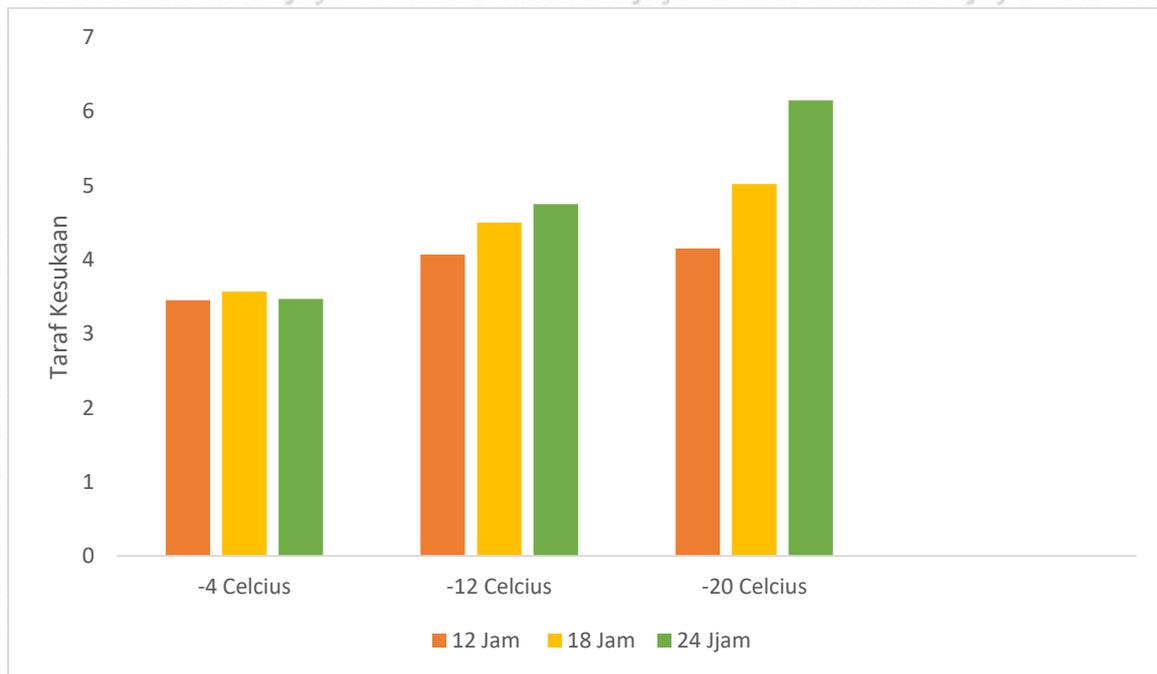
pembekuan  $-12^{\circ}$  celcius dan lama pembekuan 18 jam, dimana dengan perlakuan tersebut dapat menurunkan cita rasa dari nasi sorgum instan. Penurunan rasa baik manis maupun gurih nasi sorgum instan dipengaruhi oleh sifat dari komponen yang memberikan atribut rasa pada nasi sorgum instan. Sukrosa, glukosa dan fruktosa merupakan jenis gula yang bersifat larut air, begitupun dengan asam glutamate pada biji sorgum yang bersifat polar. Adanya penyerapan air saat rehidrasi menyebabkan terlarutnya komponen tersebut sehingga terjadi penurunan konsentrasi dan mengakibatkan rasa manis dan gurih pada nasi sorgum instan menurun. Meskipun demikian, penurunan rasa pada sampel kode 813 masih dapat ditoleransi oleh panelis karena masih terdapat sedikit rasa manis dan gurih serta nasi sorgum instan idealnya tidak dijadikan sebagai makanan pendamping yang harus memiliki cita rasa yang dominan melainkan dijadikan sebagai makanan utama.

Berdasarkan **Tabel 4.16** diperoleh peringkat terendah dengan nilai 3,575 untuk parameter rasa pada sampel S1L1 dengan kode 171 yang dibekukan pada suhu  $-4^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam. Pada sampel tersebut merupakan sampel yang paling tidak disukai oleh panelis. Berdasarkan pendapat dari panelis sampel dengan kode 171 memiliki rasa agak pahit, kasar dan hambar. Sedikit rasa pahit pada sampel nasi sorgum tersebut dipengaruhi oleh kadar tanin yang masih tersisa. Menurut Wang et al. (2019) tanin pada biji sorgum menyebabkan rasa pahit yang kuat. Nasi sorgum instan dibuat dari beras sorgum yang telah mengalami serangkaian proses pengolahan yang dapat mereduksi kadar tanin. Hal ini sejalan dengan pendapat Amrinola et al. (2015) bahwa pada pembuatan beras sorgum melalui beberapa tahapan yang dapat menurunkan jumlah tanin pada biji sorgum. Tahapan tersebut antara lain pembersihan bahan, *conditioning* atau *tempering*, penyosohan, dan pemisihan fraksi antara beras sorgum dengan dedak secara manual. Proses penurunan tanin dilanjutkan pada tahap pembuatan nasi sorgum instan. Menurut Chavan (2018) secara umum penurunan kadar tanin pada sorgum dapat dilakukan dengan berbagai proses pengolahan pangan seperti pemasakan, perkecambahan, pembekuan, pengeringan, dan penyimpanan biji-bijian. Berdasarkan beberapa tahap tersebut nasi sorgum instan melalui tahap pemasakan, pengeringan dan pembekuan, sehingga kandungan tanin pada nasi sorgum instan lebih menurun dibandingkan beras sorgum. Akan tetapi, pada sampel dengan kode 171 dilakukan perlakuan suhu dan lama pembekuan dengan tingkat suhu yang lebih tinggi dan lama pembekuan paling cepat yaitu suhu pembekuan  $-4^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam. Kondisi proses tersebut kurang optimal dibandingkan dengan suhu pembekuan  $-12$  dan  $-20$  selama 12, 18, dan 24 jam, sehingga dimungkinkan lebih banyak jumlah tanin yang tersisa. Rasa kasar dan hambar juga turut hadir pada atribut rasa nasi sorgum instan dengan kode 171. Rasa kasar tersebut dipengaruhi oleh daya serap air yang rendah, sehingga menyebabkan tekstur menjadi lebih kasar dan berpengaruh terhadap rasa dari nasi sorgum instan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian

dari Hidayati et al. (2016) bahwa tekstur nasi instan yang keras menyebabkan penurunan penilaian panelis terhadap atribut rasa.

#### 4.2.3.4. Tekstur

Hasil uji hedonik dengan 40 panelis tidak terlatih pada parameter tekstur menghasilkan nilai rerata antara 3,45 – 6,15 (agak tidak suka – suka) (**Lampiran 14**). Perbedaan nilai tingkat kesukaan panelis tidak terlatih terhadap parameter tekstur nasi sorgum instan perlakuan suhu dan lama pembekuan dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



**Gambar 4.8** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter Tekstur

Pada **Gambar 4.4** dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap parameter tekstur nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan. Lama pembekuan baik pada suhu yang sama maupun pada suhu yang berbeda menunjukkan semakin lama pembekuan maka semakin tinggi tingkat kesukaan panelis terhadap parameter tekstur nasi sorgum instan. Semakin rendah suhu pembekuan juga menunjukkan semakin tinggi tingkat kesukaan panelis terhadap parameter tekstur nasi sorgum instan, namun pada suhu pembekuan  $-4^{\circ}\text{C}$  dengan lama pembekuan yang berbeda menunjukkan tidak terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap parameter tekstur. Tingkat kesukaan panelis yang paling tinggi pada parameter tekstur yaitu pada sampel perlakuan suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam, sedangkan tingkat kesukaan panelis paling rendah terhadap parameter tekstur yaitu pada sampel perlakuan  $-4^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam.



Berdasarkan hasil uji Friedman terhadap parameter tekstur nasi sorgum instan (**Lampiran 14**) didapatkan nilai p sebesar 0,00 ( $p < 0,05$ ) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap 9 sampel nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan yang berbeda. Hasil uji Friedman pada 9 sampel nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

**Tabel 4.17** Hasil Uji Friedman Parameter Tekstur

Perlakuan	Kode Sampel	Rerata	Rerata Peringkat Friedman	Jumlah Peringkat Friedman
S1L1	171	3,45	3,175	127,0
S1L2	264	3,57	3,600	144,0
S1L3	972	3,47	3,287	131,5
S2L1	702	4,07	4,600	184,0
S2L2	813	4,50	5,475	219,0
S2L3	974	4,75	5,725	229,0
S3L1	515	4,15	4,612	184,5
S3L2	621	5,02	6,325	253,0
S3L3	438	6,15	8,200	328,0

Berdasarkan **Tabel 4.16** dapat diketahui peringkat tertinggi dengan nilai 8,200 diperoleh pada perlakuan S3L3 dengan kode 438 merupakan perlakuan dengan suhu pembekuan  $-20^{\circ}$  celcius dan lama pembekuan 24 jam. Pada sampel ini memiliki tekstur yang paling disukai oleh panelis. Berdasarkan pendapat dari panelis sampel dengan kode 438 memiliki tekstur lembut dan lunak saat digigit. Tekstur pada nasi sorgum dipengaruhi oleh perlakuan proses pengolahan berupa suhu dan lama pembekuan. Semakin rendah suhu dan semakin lama pembekuan menyebabkan semakin banyak jumlah kristal es yang terbentuk. Pembentukan kristal es tersebut membuat penyerapan air semakin tinggi saat rehidrasi akibat struktur bahan yang *porous*, sehingga tekstur bahan menjadi lembut (Husain et al., 2006). Tekstur nasi sorgum instan yang lembut dan lunak juga dipengaruhi oleh kandungan protein yang menyelubungi granula pati. Menurut Sukasih et al. (2020) selama proses pembekuan terjadi denaturasi protein akibat meningkatnya kekuatan ionik dari jaringan intraseluler yang diikuti migrasi air ke jaringan ekstraseluler. Ketika proses thawing, protein yang terdenaturasi akan ikut terbawa keluar bersama air, sehingga terjadi penurunan kadar protein. Penurunan kadar protein tersebut membuat tekstur nasi instan menjadi lebih lembut karena protein tidak lagi menjadi penghambat dalam penyerapan air saat proses rehidrasi (Sasmitaloka et al., 2020). Pada sampel kode 438 dilakukan perlakuan dengan suhu paling rendah yaitu  $-20^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 24 jam sehingga menyebabkan penyerapan air semakin tinggi dan lebih banyak kadar protein yang tereduksi, sehingga dihasilkan tekstur yang lebih lembut dan lunak. Hal ini sejalan dengan penelitian dari Sukasih et al. (2020) berdasarkan hasil penelitiannya pada sampel kacang

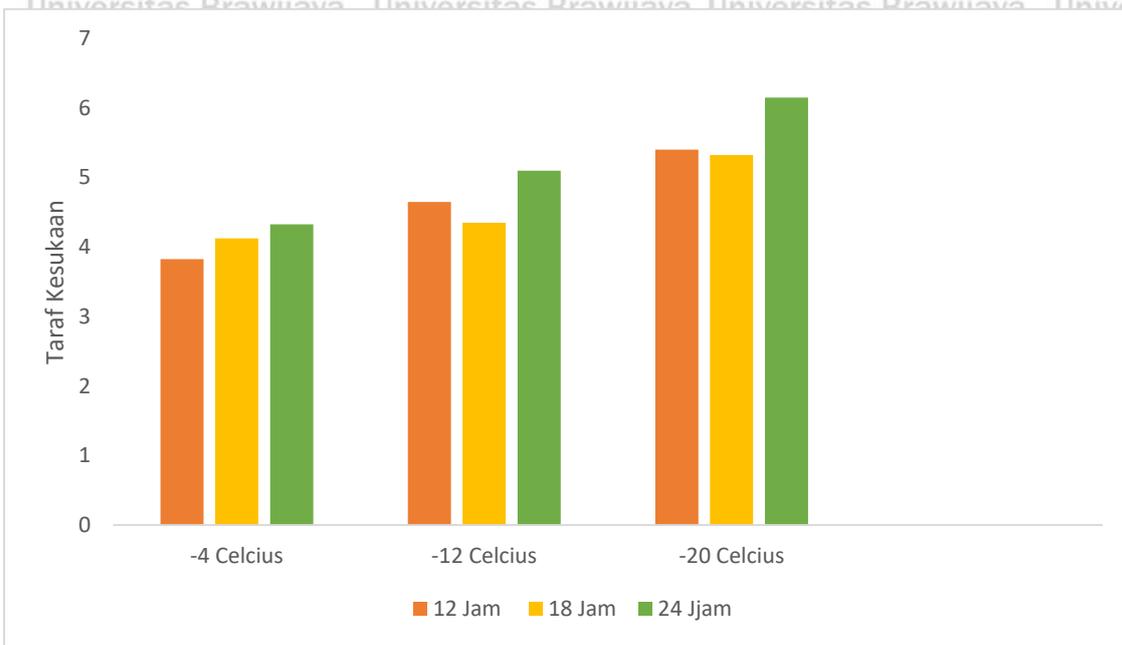


hijau instan terdapat kecenderungan penurunan kadar protein dengan semakin lama pembekuan.

Berdasarkan **Tabel 4.16** diperoleh peringkat terendah dengan nilai 3,175 untuk parameter tekstur pada sampel S1L1 dengan kode 171 yang dibekukan pada suhu  $-4^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam. Pada sampel tersebut merupakan sampel yang paling tidak disukai oleh panelis. Berdasarkan pendapat dari panelis sampel dengan kode 171 memiliki tekstur kasar dan sedikit keras. Tekstur yang dihasilkan pada sampel kode 171 dipengaruhi oleh perlakuan proses pengolahan berupa suhu dan lama pembekuan. Tekstur nasi instan dihasilkan setelah proses rehidrasi, dimana semakin *porous* struktur bahan maka semakin tinggi kemampuannya dalam menyerap air sehingga dihasilkan tekstur yang lembut (Husain et al., 2006). Pada sampel dengan kode 171 dilakukan perlakuan dengan suhu yang paling tinggi yaitu  $-4^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan paling cepat yaitu 12 jam sehingga struktur bahan yang terbentuk kurang *porous* dan mengakibatkan penyerapan air yang lebih rendah. Kemampuan penyerapan air yang rendah dapat membentuk tekstur nasi instan yang sedikit keras dan kasar (Hidayati et al., 2016). Kadar amilosa pada produk akhir juga turut mempengaruhi tekstur nasi sorgum instan. Berdasarkan pada penelitian Afifah dan Ratnawati (2017) semakin tinggi kadar amilosa menyebabkan peningkatan kekerasan (*hardness*) karena amilosa akan saling berikatan membentuk matriks yang kuat. Kondisi proses perlakuan pada sampel nasi sorgum instan dengan kode 171 terjadi penurunan kadar amilosa yang lebih sedikit dikarenakan menggunakan suhu yang lebih tinggi dengan lama pembekuan yang lebih singkat, sehingga tekstur yang dihasilkan lebih keras. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Sasmitaloka et al. (2020) bahwa dengan semakin tinggi suhu dan semakin cepat waktu pembekuan menghasilkan rata-rata kadar amilosa yang semakin tinggi pada nasi instan.

#### 4.2.3.5. Overall Liking

Hasil uji hedonik dengan 40 panelis tidak terlatih pada parameter *overall liking* menghasilkan nilai rerata antara 3,82 – 6,1 (agak tidak suka – suka) (**Lampiran 18**). Perbedaan nilai tingkat kesukaan panelis tidak terlatih terhadap parameter *overall liking* nasi sorgum instan perlakuan suhu dan lama pembekuan dapat dilihat pada grafik **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.9** Grafik Nilai Rerata uji Hedonik Parameter *Overall Liking*

Pada **Gambar 4.5** dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap parameter *overall liking* nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan. Lama pembekuan baik pada suhu yang sama maupun pada suhu yang berbeda menunjukkan semakin lama pembekuan maka semakin tinggi tingkat kesukaan panelis terhadap parameter *overall liking* nasi sorgum instan. Semakin rendah suhu pembekuan juga menunjukkan semakin tinggi tingkat kesukaan panelis terhadap parameter *overall liking* nasi sorgum instan. Tingkat kesukaan panelis yang paling tinggi pada parameter *overall liking* yaitu pada sampel perlakuan suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam, sedangkan tingkat kesukaan panelis paling rendah terhadap parameter *overall liking* yaitu pada sampel perlakuan  $-4^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam.

Berdasarkan hasil uji Friedman terhadap parameter keseluruhan nasi sorgum instan (**Lampiran 18**) didapatkan nilai p sebesar 0,00 ( $p < 0,05$ ) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis terhadap 9 sampel nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan yang berbeda. Hasil uji Friedman pada 9 sampel nasi sorgum instan dapat dilihat pada **Tabel 4.17**.



Tabel 4.18 Hasil Uji Friedman Parameter Keseluruhan

Perlakuan	Kode Sampel	Rerata	Rerata Peringkat Friedman	Jumlah Peringkat Friedman
S1L1	171	3.825	3,012	120,5
S1L2	264	4.125	3,450	138,0
S1L3	972	4.325	3,950	158,0
S2L1	702	4.65	4,650	186,0
S2L2	813	4.35	4,175	167,0
S2L3	974	5.1	5,737	229,5
S3L1	515	5.4	6,337	253,5
S3L2	621	5.325	6,162	246,5
S3L3	438	6.1	7,525	301,0

Berdasarkan **Tabel 4.17** dapat diketahui peringkat tertinggi dengan nilai 7,52 diperoleh pada perlakuan S3L3 dengan kode 438 merupakan perlakuan dengan suhu pembekuan  $-20^{\circ}$  celcius dan lama pembekuan 24 jam. Sampel tersebut menjadi sampel yang paling disukai oleh panelis berdasarkan parameter secara keseluruhan. Berdasarkan kuisisioner 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, kenampakkan, dan warna. Sampel nasi sorgum instan dengan kode 438 pada atribut tekstur memiliki tekstur yang lembut dan lunak. Pada atribut rasa memiliki rasa mirip dengan nasi, agak gurih dan sedikit manis. Pada atribut kenampakkan memiliki kenampakkan bulat utuh dengan ukuran seragam. Pada atribut warna memiliki warna putih. Berdasarkan keseluruhan atribut pada sampel nasi sorgum instan dengan kode 438 menjadikan sampel yang paling disukai oleh panelis.

Peringkat tertinggi dengan nilai 3,01 diperoleh pada perlakuan S1L1 dengan kode 171 merupakan perlakuan dengan suhu pembekuan  $-4^{\circ}$  celcius dan lama pembekuan 12 jam. Sampel tersebut menjadi sampel yang paling disukai oleh panelis berdasarkan berdasarkan parameter secara keseluruhan. Berdasarkan kuisisioner 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, kenampakkan, dan warna. Sampel nasi sorgum instan dengan kode 171 pada atribut tekstur memiliki tekstur yang kasar dan sedikit keras. Pada atribut rasa memiliki rasa agak pahit, kasar dan hambar. Pada atribut kenampakkan memiliki kenampakkan agak pecah-pecah dan berkerut. Pada atribut warna memiliki warna cenderung berwarna putih kekuningan. Berdasarkan keseluruhan atribut yang terdiri dari warna, kenampakkan, rasa, serta tekstur pada sampel nasi sorgum instan dengan kode 171 menjadikan sampel yang paling tidak disukai oleh panelis.

### 4.3. Nasi Sorgum Instan Perlakuan Terbaik

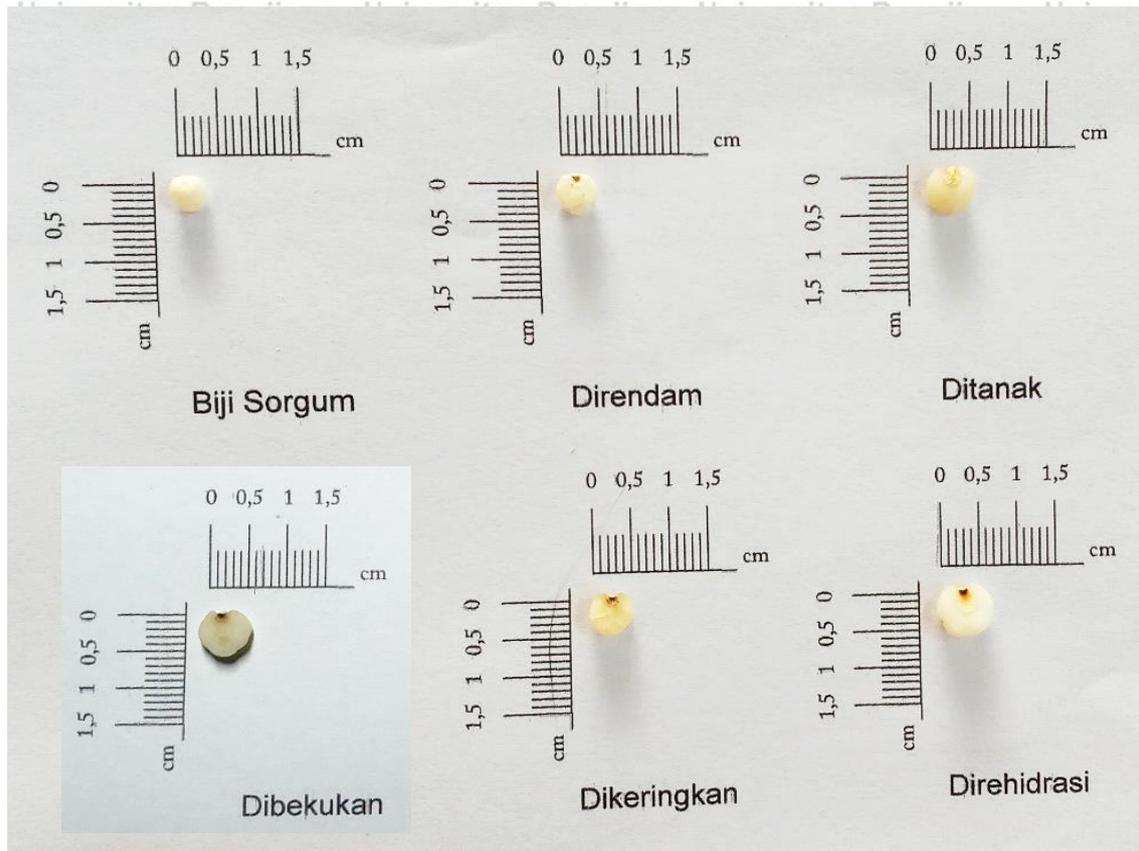
Perlakuan terbaik produk nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu dan lama pembekuan ditentukan dengan menggunakan metode *Multiple Atribute* yaitu MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*). Menurut Mukhametzyanov and Pamucar (2018) metode MCDM merupakan alat yang digunakan untuk mengurangi subjektivitas dalam pengambilan keputusan dan membantu membuat pilihan diantara alternatif yang kompleks. Pada penelitian ini dipilih beberapa parameter berdasarkan faktor kepentingan yaitu kadar air, kadar pati, kadar amilosa, waktu rehidrasi, tekstur serta hasil analisa organoleptik (warna, kenampakkan, rasa, tekstur, dan keseluruhan). Pemilihan perlakuan terbaik dilakukan dengan memberikan nilai pengharapan berdasarkan kebutuhan terhadap karakteristik produk nasi sorgum instan. Parameter yang telah dipilih disajikan pada **Tabel 4.18** berikut

**Tabel 4.19** Pemilihan Parameter Berdasarkan Faktor Kepentingan

Parameter	Nilai Pengharapan
Kadar Air	Nilai Tertinggi
Kadar Pati	Nilai Terendah
Kadar Amilosa	Nilai Terendah
Waktu Rehidrasi	Nilai Terendah
Tekstur	Nilai Terendah
Warna	Nilai Tertinggi
Kenampakkan	Nilai Tertinggi
Rasa	Nilai Tertinggi
Tekstur	Nilai Tertinggi
Keseluruhan	Nilai Tertinggi

Berdasarkan perhitungan penentuan perlakuan terbaik (Lampiran) menggunakan metode *Multiple Attribute*, diperoleh perlakuan terbaik produk nasi sorgum instan dari 8 parameter penting yaitu sampel dengan perlakuan suhu pembekuan -20°C yang dibekukan selama 24 jam. Sampel perlakuan terbaik ditentukan berdasarkan pada hasil penjumlahan nilai L1, L2, dan Lmaks dengan hasil paling rendah. Berikut merupakan sampel perlakuan terbaik pada tiap tahap proses pengolahan nasi sorgum instan pada **Gambar 4.6**.





**Gambar 4.10** Nasi Sorgum Instan Perlakuan Terbaik

Pada **Gambar 4.1** merupakan sampel perlakuan terbaik yang menunjukkan tampilan fisik biji sorgum yang telah melalui proses pembuatan nasi sorgum instan. Berdasarkan tampilan fisik dapat diketahui bahwa terdapat perubahan disetiap tahapan pada biji sorgum akibat proses pengolahan. Karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik dari perlakuan terbaik berupa sampel dengan perlakuan suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  dan lama pembekuan 24 jam dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.



**Tabel 4.20** Karakteristik Fisik, Kimia, dan Organoleptik Nasi Sorgum Instan Perlakuan terbaik

Parameter	Jumlah
<b>Fisik</b>	
Waktu Rehidrasi (menit)	4,18 ± 0,09
Daya Serap Air (%)	157,28 ± 3,66
Rendemen (%)	95,33 ± 2,31
Kekerasan ( <i>Hardness</i> ) (g)	77,2 ± 9,0
Densitas Kamba (g/ml)	0,48 ± 0,01
Nilai Kecerahan (L*)	43,13 ± 2,25
Nilai Kemerahan (a*)	2,33 ± 0,21
Nilai Kekuningan (b*)	8,43 ± 0,58
<b>Kimia</b>	
Kadar Air (%)	61,62 ± 1,60
Kadar Abu (%)	0,18 ± 0,02
Kadar Protein (%)	5,40 ± 1,36
Kadar Lemak (%)	2,27 ± 0,64
Kadar Karbohidrat (%)	30,53
<b>Organoleptik</b>	
Warna	5,15
Kenampakkan	5,70
Rasa	5,12
Tekstur	6,15
<i>Overall Liking</i>	6,10

Keterangan: 1) Data analisis merupakan rerata dari 3 kali ulangan

2) Angka setelah ± pada analisa fisik dan kimia adalah nilai standar deviasi

3) Nilai parameter organoleptik merupakan rerata nilai dari 40 panelis

#### 4.4. Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan Perlakuan Terbaik dan Kontrol

Hasil analisis fisik nasi sorgum instan perlakuan terbaik dibandingkan dengan kontrol untuk mengetahui pengaruh faktor suhu dan lama pembekuan terhadap perubahan karakteristik fisik serta dapat mengetahui bahwa nasi sorgum instan telah memenuhi karakteristik produk instan. Analisis fisik nasi sorgum instan yang dibandingkan dengan kontrol meliputi parameter waktu rehidrasi, daya serap air, rendemen, dan densitas kamba. Kontrol yang digunakan sebagai pembanding merupakan nasi sorgum instan tanpa tahap pembekuan pada proses pembuatannya. Pada penelitian ini juga dilakukan percobaan pembuatan nasi sorgum tanpa proses instanisasi berupa pembekuan dan pengeringan untuk membandingkan waktu penyajian produk, sehingga dapat membuktikan bahwa produk nasi sorgum instan dapat dikategorikan sebagai produk instan. Hasil analisis fisik nasi sorgum instan perlakuan terbaik dan kontrol dapat dilihat pada **Tabel 4.21**.

**Tabel 4.21** Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Intan Terbaik dan Kontrol

Parameter	Hasil Analisa		p - value
	Nasi Sorgum Intan Perlakuan Terbaik	Kontrol	
Waktu Rehidrasi (menit)	4,18 ± 0,09	12,66 ± 0,52	0,001
Daya Serap Air (%)	157,28 ± 3,66	98,44 ± 1,66	0,002
Rendemen (%)	95,33 ± 2,31	89,67 ± 3,51	0,042
Densitas Kamba (g/ml)	0,48 ± 0,01	0,67 ± 0,06	0,033

Keterangan: 1) Data analisis merupakan rerata dari 3 kali ulangan

2) Angka setelah ± adalah nilai standar deviasi

Pada **Tabel 4.21** menunjukkan bahwa nasi sorgum instan perlakuan terbaik memiliki rerata waktu rehidrasi  $4,18 \pm 0,09$  lebih rendah dibandingkan kontrol yaitu  $12,66 \pm 0,52$ . Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat penurunan waktu rehidrasi dari nasi sorgum instan yang cukup signifikan. Kesimpulan ini didukung dengan hasil analisis ragam pada waktu rehidrasi nasi sorgum instan perlakuan terbaik yang berbeda nyata dengan kontrol ( $p\text{-value} < 0,05$ ). Perbedaan signifikan waktu rehidrasi antara keduanya dipengaruhi oleh kondisi proses pembekuan yang dapat mempengaruhi perubahan komponen produk akhir. Proses pembekuan dapat menurunkan sejumlah komponen makromolekul yang dapat menghambat penyerapan air saat rehidrasi. Protein yang tidak larut air seperti glutelin dapat menghambat penyerapan air dan volume pengembangan pada granula pati saat pemanasan (Zhang and Pierce, 2016). Menurut Sukasih et al. (2020) selama proses pembekuan terjadi denaturasi protein akibat meningkatnya kekuatan ionik dari jaringan intraseluler yang diikuti migrasi air ke jaringan ekstraseluler, sehingga terjadi penurunan kadar protein. Kadar lemak pada nasi sorgum juga dapat menghambat gelatinisasi pati. Menurut Awuah et al. (2007) lemak dan protein dapat membentuk lapisan pada permukaan granula pati. Pembentukan lapisan protein dan lemak tersebut dapat menghambat adsorpsi air oleh granula pati, sehingga menyebabkan penundaan proses gelatinisasi (Kusnandar, 2019). Namun, kadar lemak dapat diturunkan dengan adanya proses pembekuan. Pembekuan lambat dapat menyebabkan kerusakan struktur sel, sehingga pada saat thawing nutrisi seperti vitamin larut air, asam-asam amino, asam laktat, protein, dan lemak pada bahan pangan akan terlarut dan hilang bersama dengan cairan yang keluar dari bahan pangan. Meskipun digunakan suhu yang lebih rendah dari pembentukan kristal es, namun tidak dapat mencegah kehilangan beberapa komponen nutrisi pada bahan pangan melainkan dapat menurunkan degradasi dinding sel, sehingga kehilangan kandungan nutrisi dapat diturunkan (Evans, 2009). Dengan demikian, proses pembekuan dapat menurunkan komponen penghambat gelatinisasi pati yang terkandung dalam nasi sorgum, sehingga waktu rehidrasi yang dibutuhkan untuk mencapai gelatinisasi optimum akan lebih cepat. Waktu rehidrasi nasi sorgum instan perlakuan terbaik telah memenuhi kriteria produk instan dibandingkan dengan kontrol yaitu nasi



sorgum instan tanpa perlakuan pembekuan yang tidak dapat dikategorikan sebagai produk instan karena waktu rehidrasi melebihi syarat produk instan. Menurut Wongsa et al. (2016) waktu rehidrasi merupakan syarat utama dari produk instan, dimana nasi instan dapat dikategorikan sebagai produk instan apabila dapat direhidrasi selama tidak lebih dari 5 menit dengan penambahan air panas. Hal ini didukung dengan cara penyajian yang praktis pada nasi sorgum instan dibandingkan dengan penyajian nasi sorgum tanpa proses instanisasi (pembekuan dan pengeringan). Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan yaitu memasak sorgum dengan menggunakan metode konvensional terdapat beberapa tahap yang perlu dilakukan seperti perendaman selama 12 jam untuk mendegradasi lapisan aleuron dan protein. Lapisan aleuron banyak mengandung protein dan dapat mengakibatkan tekstur nasi sorgum menjadi keras. Kadar protein dapat mempengaruhi tekstur nasi menjadi kurang lunak atau cenderung keras akibat kemampuannya membentuk ikatan silang (Wrigley et al., 2015). Protein menjadi komponen tertinggi kedua setelah pati, oleh karenanya perlu adanya proses perendaman untuk menurunkan kadar protein (Bangar et al., 2021). Setelah direndam biji sorgum kemudian dicuci untuk menghilangkan zat pengotor yang menempel pada permukaan biji sorgum. Proses selanjutnya yaitu pemasakan, dimana waktu pemasakan sorgum membutuhkan waktu lebih tinggi dibandingkan dengan pemasakan nasi dari beras (Aruna et al., 2018). Pada penelitian ini waktu pemasakan menggunakan metode aron kukus dibutuhkan waktu 60-65 menit. Dengan demikian, nasi sorgum instan dapat dikategorikan sebagai produk instan karena waktu pemasakan memenuhi kriteria produk instan yaitu kurang dari 5 menit dengan cara penyajian yang lebih praktis hanya dengan penyeduhan menggunakan air panas dibandingkan dengan nasi sorgum tanpa proses instanisasi (pembekuan dan pengeringan) yang harus melalui beberapa tahapan dengan waktu yang relatif lama.

Daya serap air nasi sorgum instan perlakuan terbaik sebesar  $157,28 \pm 3,66$  lebih besar dibandingkan kontrol yaitu sebesar  $98,44 \pm 1,66$  (**Tabel 4.21**). Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh densitas kamba nasi sorgum instan perlakuan terbaik berbeda nyata dengan kontrol ( $p\text{-value} < 0,05$ ). Perbedaan yang cukup signifikan pada parameter daya serap air dapat dipengaruhi oleh perubahan struktur bahan dan komposisi nutrisi akibat kondisi proses pembekuan. Menurut (Ramaswamy and Marcotte, 2005) proses pembekuan dapat mengakibatkan pembentukan kristal es yang akan menyebabkan kerusakan pada dinding sel, meskipun pada suhu yang lebih rendah akan menurunkan tingkat kerusakan tersebut. Adanya kerusakan pada dinding sel dapat mengakibatkan sebagian padatan berupa komponen nutrisi menjadi terlarut setelah proses thawing (Evans, 2009). Hal ini akan berakibat pada struktur bahan yang lebih terbuka. Proses pembekuan pada suhu yang lebih rendah dari suhu pembentukan kristal juga akan terjadi pembekuan kadar air terikat lemah pada struktur koloid pati, sehingga membuat struktur pati lebih

porous dan terbuka (Rockland and Stewart, 2013). Porositas yang terbentuk pada nasi sorgum instan akan meningkatkan daya serap air (Yuwono and Zulfiah, 2014). Daya serap air yang tinggi pada nasi sorgum instan perlakuan terbaik dibandingkan kontrol juga dipengaruhi oleh komponen nutrisi penghambat penyerapan air yang mengalami penurunan akibat pembekuan. Nutrisi sorgum yang dapat menghambat penyerapan air adalah protein dan lemak. Protein yang bersifat tidak larut air dapat menghambat penyerapan air dan pengembangan volume granula pati (Zhang and Pierce, 2016). Protein dan lemak juga dapat membentuk lapisan pada permukaan granula pati sehingga dapat menghambat adsorpsi air (Auwah et al., 2007). Adanya proses pembekuan dapat menurunkan kadar protein karena terdenaturasi, sedangkan kadar lemak dapat diturunkan dengan proses pembekuan melalui degradasi struktur sel, meskipun dengan suhu yang lebih rendah dapat mempertahankan integritas struktur sel, namun sebagian kadar lemak akan menurun bersama dengan keluarnya cairan pada saat thawing (Beckett, 2012). Penurunan kadar protein dan lemak akibat pembekuan dapat meningkatkan daya serap air nasi sorgum instan perlakuan terbaik dibandingkan dengan kontrol tanpa proses pembekuan, dimana porositas bahan cenderung rendah dan kadar komponen penghambat penyerapan air lebih tinggi, sehingga daya serap air lebih rendah.

Rendemen nasi sorgum instan perlakuan terbaik sebesar  $157,28 \pm 3,66$  lebih besar dibandingkan kontrol yaitu sebesar  $98,44 \pm 1,66$  (**Tabel 4.21**). Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh densitas kamba nasi sorgum instan perlakuan terbaik berbeda nyata dengan kontrol ( $p\text{-value} < 0,05$ ). Perbedaan yang cukup signifikan pada parameter rendemen dapat dipengaruhi oleh pengaruh kondisi pembekuan terhadap kandungan nutrisi nasi sorgum instan. Menurut (Rockland and Stewart, 2013) pembekuan dengan suhu dibawah  $-10^{\circ}\text{C}$  dapat terjadi pembekuan pada kadar air terikat lemah. Hal ini akan berakibat pada saat proses thawing dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat mencairkan kristal es sampai titik pusat bahan pangan. Oleh karenanya, pada saat pengeringan dimungkinkan kristal es pada bagian pusat bahan masih membentuk kristal utamanya pada bagian dalam pati. Prinsip dari proses pengeringan sendiri adalah selama proses pindah panas dari udara secara umum dalam alat pengering dan pindah masa dari bahan yang dikeringkan, maka dibutuhkan perubahan fase cair menjadi uap atau padat menjadi uap untuk pindah masa tersebut (Waziroh et al., 2017). Dengan demikian, pada nasi sorgum instan perlakuan terbaik dibutuhkan waktu pengeringan yang lebih lama untuk menguapkan kandungan air bahan sampai titik pusat. Akan tetapi, pada penelitian ini digunakan suhu dan waktu pengeringan yang sama, sehingga pada nasi sorgum instan kontrol kerusakan penurunan padatan seperti pati akan lebih tinggi akibat lama pembekuan. Berbeda dengan nasi sorgum instan perlakuan terbaik, dimana seiring dengan pengeringan yang semakin lama akan menguapkan kandungan air dalam jumlah yang lebih banyak. Hal ini didukung dengan

pendapat dari Sjöö and Nilsson (2017) bahwa semakin lama pengeringan dapat menurunkan kadar pati karena rusaknya sebagian molekul pati.

Densitas kamba nasi sorgum instan perlakuan terbaik sebesar  $0,48 \pm 0,01$  lebih besar dibandingkan kontrol yaitu sebesar  $0,67 \pm 0,06$  (**Tabel 4.21**). Berdasarkan hasil analisis ragam diperoleh densitas kamba nasi sorgum instan perlakuan terbaik berbeda nyata dengan kontrol ( $p\text{-value} < 0,05$ ). Perbedaan yang cukup signifikan pada parameter densitas kamba menunjukkan bahwa nasi sorgum instan memiliki porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Menurut Cucikodana et al. (2012) densitas merupakan parameter yang dapat menunjukkan tingkat porositas dari suatu bahan, dimana semakin rendah nilai densitas kamba, maka bahan tersebut memiliki porositas yang semakin tinggi. Porositas nasi sorgum instan perlakuan terbaik yang lebih tinggi daripada kontrol dapat dipengaruhi oleh proses pembekuan yang dapat menghasilkan kristal es. Semakin rendah suhu pembekuan maka akan terbentuk kristal es dengan ukuran kecil dan jumlahnya akan semakin banyak dengan semakin lama pembekuan, karena pada suhu dibawah  $-10^{\circ}\text{C}$  akan terjadi pembekuan pada kadar air terikat lemah yang berkontribusi terhadap pembentukan kristal es (Rockland and Stewart, 2013). Terbentuknya kristal es akan menghasilkan ruang kosong atau celah pada matriks bahan setelah proses thawing dan pengeringan, sehingga nasi sorgum instan yang dilakukan proses pembekuan cenderung memiliki porositas yang lebih tinggi daripada kontrol yaitu nasi sorgum instan tanpa proses pembekuan.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian nasi sorgum instan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Suhu pembekuan pada pembuatan nasi sorgum instan memberikan pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar pati, waktu rehidrasi, daya serap air, kekerasan (*hardness*), densitas kamba, nilai kecerahan ( $L^*$ ), nilai kemerahan ( $a^*$ ) dan seluruh parameter uji organoleptik (warna, kenampakkan, rasa, tekstur, *overall liking*) produk nasi sorgum instan. Suhu pembekuan pada pembuatan nasi sorgum instan tidak memberikan pengaruh nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap kadar air, kadar amilosa, rendemen, dan nilai kekuningan ( $b^*$ ).
2. Lama pembekuan pada pembuatan nasi sorgum instan memberikan pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar air, kadar pati, kadar amilosa, waktu rehidrasi, daya serap air, rendemen, kekerasan (*hardness*), nilai kecerahan ( $L^*$ ), nilai kemerahan ( $a^*$ ) dan seluruh parameter uji organoleptik (warna, kenampakkan, rasa, tekstur, *overall liking*) produk nasi sorgum instan. Lama pembekuan pada pembuatan nasi sorgum instan tidak memberikan pengaruh nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap densitas kamba dan nilai kekuningan ( $b^*$ ).
3. Interaksi antara suhu dan lama pembekuan memberikan pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar pati, waktu rehidrasi, daya serap air, kekerasan (*hardness*), dan nilai kemerahan ( $a^*$ ).
4. Perlakuan terbaik didapatkan pada nasi sorgum instan dengan perlakuan suhu pembekuan  $-20^{\circ}\text{C}$  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 kenampakkan 5,70, nilai organoleptik parameter rasa 5,12, nilai organoleptik parameter tekstur 6,15, nilai organoleptik parameter *overall liking* 6,10.

5.2. Saran

Beberapa saran untuk perbaikan pada penelitian ini antara lain:

1. Perlu ditentukan penambahan bahan tambahan untuk menambah cita rasa dan nutrisi produk nasi sorgum instan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait metode pembekuan dan pengeringan untuk meningkatkan kualitas produk nasi sorgum instan khususnya terkait nutrisi produk.
3. Perlu dilakukan penelitian terkait umur simpan untuk mengetahui umur simpan produk nasi sorgum instan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abhilasha, P., Pal, U., Panda, M., Sahoo, G., Nayak, R., Rayaguru, K. & Sahoo, N. 2021. Standardisation of Cooking and Conditioning Methods for Preparation of Quick Cooking Germinated Brown Rice. *Journal of the Indian Chemical Society*. 98(8).
- Adicandra, R. M. & Estiasih, T. 2016. Beras Analog Dari Ubi Kelapa Putih (*Discorea Alata* L.): Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 4: 383-390.
- Afifah, N. & Ratnawati, L. 2017. Quality Assessment of Dry Noodles Made from Blend of Mocaf Flour, Rice Flour and Corn Flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 101: 1-9.
- Agrawal, S., Raigar, R. K. & Mishra, H. N. 2019. Effect of Combined Microwave, Hot Air, and Vacuum Treatments on Cooking Characteristics of Rice. *Journal of Food Process Engineering*. 42: 1-8.
- Aires, A. 2020. *Tannins: Structural Properties, Biological Properties and Current Knowledge*. London: BoD – Books on Demand.
- Amrinola, W., Widowati, S. & Hariyadi, P. 2015. Metode Pembuatan Sorgum Sosoh Rendah Tanin Pada Pembuatan Nasi Sorgum (*Sorghum Bicolor* L) Instan. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*. 6(1): 9-19.
- Andriani, A. & Isnaini, M. 2013. *Morfologi Dan Fase Pertumbuhan Sorgum*. Jakarta: IAARD Press.
- AOAC 1995. *Official Methods of Analysis*. Washington D.C.: AOAC International.
- AOAC 2005. *Official Methods of Analysis*. Washington D.C.: AOAC International.
- Apriyantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N. L., Sedarnawati, B. S. & Budiyanto, S. 1989. *Analisis Pangan*. Bogor: IPB Press.
- Arendt, E. K. & Zannini, E. 2013. *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. United Kingdom: Elsevier.
- Arif, A. 2020. *Sorgum: Benih Leluhur Untuk Masa Depan*. Jakarta: PT Gramedia.
- Aruna, C., Visarada, K., Bhat, B. V. & Tonapi, V. A. 2018. *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*. United Kingdom: Woodhead Publishing.
- Asropi, A., Bintoro, N., Karyadi, J. N. W., Rahayoe, S. & Saputro, A. D. J. A. 2019. Kinetika Perubahan Sifat Fisik Dan Kadar Tanin Biji Sorgum (*Sorghum Bicolor* L.) Selama Perendaman. *Agritech*. 39(3): 222-233.
- Auwah, G., Ramaswamy, H., Economides, A. J. C. E. & Intensification, P. P. 2007. Thermal Processing and Quality: Principles and Overview. 46(6): 584-602.
- Bala, B. K. 2020. *Agro-Product Processing Technology: Principles and Practice*. United States: CRC Press.



- Bangar, S. P., Siroha, A. K. & Kumar, M. 2021. *Handbook of Cereals, Pulses, Roots, and Tubers: Functionality, Health Benefits, and Applications*. United States: CRC Press.
- Banurea, I. R., Sasmitaloka, K. S., Sukasih, E. & Widowati, S. 2020. Karakterisasi Nasi Instan Yang Diproduksi Dengan Metode Freeze Drying. *Warta Industri Hasil Pertanian*. 37(2): 133-143.
- Baz, A. A., Hsu, J. Y. & Scoville, E. 1992. *Preparation of Quick Cooking Rice*. <https://www.freepatentsonline.com/5089281.html>. Pada tanggal 20 Agustus.2021.
- Beckett, S. T. 2012. *Physico-Chemical Aspects of Food Processing*. New York: Springer Science & Business Media.
- Belton, P. 2008. *The Chemical Physics of Food*. United Kingdom: Wiley.
- Belton, P. S. & Taylor, J. R. 2013. *Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization Potential*. New York: Springer Science & Business Media.
- Berenji, J., Dahlberg, J., Sikora, V. & Latkovi, D. 2011. Origin, History, Morphology, Production, Improvement, and Utilization of Broomcorn [Sorghum Bicolor (L.) Moench] in Serbia. *Economic Botany*. 65(2): 190-208.
- Beta, T., Corke, H., Rooney, L. W. & Taylor, J. R. N. 2001. Starch Properties as Affected by Sorghum Grain Chemistry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81(2): 245-251.
- Bishop, M. L., Fody, E. P. & Schoeff, L. E. 2013. *Clinical Chemistry: Principles, Techniques, and Correlations*. United Kingdom: Wolters Kluwer Health.
- Board, N. 2010. *Handbook on Modern Packaging Industries*. New Delhi: ASIA PACIFIC BUSINESS PRESS Inc.
- Boudries, N., Belhaneche, N., Nadjemi, B., Deroanne, C., Mathlouthi, M., Roger, B. & Sindic, M. 2009. Physicochemical and Functional Properties of Starches from Sorghum Cultivated in the Sahara of Algeria. *Carbohydrate Polymers*. 78(3): 475-480.
- Butt, M., Anjum, F., Salim-Ur-Rehman, Tahir-Nadeem, M., Sharif, M. & Anwer, M. 2008. Selected Quality Attributes of Fine Basmati Rice: Effect of Storage History and Varieties. *International Journal of Food Properties*. 11(3): 698-711.
- Chan, W. & Toledo, R. 1976. Dynamics of Freezing and Their Effects on the Water-Holding Capacity of a Gelatinized Starch Gel. *Journal of Food Science*. 41(2): 301-303.
- Chandra, L., Marsono, Y. & Sutedja, A. M. 2017. Sifat Fisikokimia Dan Organoleptik Flake Beras Merah Dengan Variasi Suhu Perebusan Dan Suhu Pengeringan. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. 13(2): 57-68.
- Chavan, U. 2018. *Phenolic Antioxidants and Health Benefits*. India: Scientific Publishers.
- Ciampitti, I., Prasad, P., Schlegel, A., Haag, L., Schnell, R., Arnall, B. & Lofton, J. 2019. *Sorghum: State of the Art and Future Perspectives*. United Kingdom: Wiley.

- Cucikodana, Y., Supriadi, A. & Purwanto, B. 2012. Pengaruh Perbedaan Suhu Perebusan Dan Konsentras Naoh Terhadap Kualitas Bubuk Tulang Ikan Gabus (*Channa Striata*). *Jurnal Fishtech*. 1(1): 91-101.
- Darandakumbura, H., Wijesinghe, D. & Prasantha, B. 2013. Effect of Processing Conditions and Cooking Methods on Resistant Starch, Dietary Fiber and Glycemic Index of Rice. *Tropical Agricultural Research*. 24(2): 163-174.
- Dessuara, C. F., Waluyo, S. & Novita, D. D. 2015. Pengaruh Tepung Tapioka Sebagai Bahan Substitusi Tepung Terigu Terhadap Sifat Fisik Mie Herbal Basah the Effect of Tapioca Flour as a Substitution of Wheat Flour to the Physical Properties of Wet Herbal Noodles. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 4(2): 81-90.
- Devahastin, S. 2017. *Food Microstructure and Its Relationship with Quality and Stability*. India: Elsevier Science.
- Deville, S. 2017. *Freezing Colloids: Observations, Principles, Control, and Use: Applications in Materials Science, Life Science, Earth Science, Food Science, and Engineering*. Germany Springer International Publishing.
- Du Plessis, J. 2003. *Sorghum Production*. Africa: Department of Agriculture.
- Edelstein 2018. *Food Science*. United States: Jones & Bartlett Learning.
- Erawati, B. T. R. 2020. *Mengenal Sorghum Varietas Numbu*.  
<https://ntb.litbang.pertanian.go.id/artikel/24-artikel19.pdf>. Pada tanggal 30 Agustus.2021.
- Evans, J. A. 2009. *Frozen Food Science and Technology*. Australia: John Wiley & Sons.
- Faostat, F. a. a. O. S. D. U. N. 2021. *Value of Agricultural Production*.  
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QV.15> April.2021.
- Government, A. 2017. *The Biology of Sorghum Bicolor (L.) Moench Subsp. Bicolor (Sorghum)*.  
[http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/5DCF28AD2F3779C4CA257D4E001819B9/\\$File/Sorghum%20Biology%20Version%201.1%20July%202017.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/5DCF28AD2F3779C4CA257D4E001819B9/$File/Sorghum%20Biology%20Version%201.1%20July%202017.pdf). Pada tanggal 29 Mei.2021.
- Gultom, R. J., Sutrisno, S. & Budijanto, S. 2014. Optimasi Proses Gelatinisasi Berdasarkan Respon Surface Methodology Pada Pencetakan Beras Analog Dengan Mesin Twin Roll. *Jurnal Pascapanen*. 11(2): 67-79.
- Herawati, H. 2018. Potensi Hidrokoloid Sebagai Bahan Tambahan Pada Produk Pangan Dan Nonpangan Bermutu. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 15(2): 80-90.
- Hidayati, S., Nurdin, S. U. & Nugroho, R. A. 2016. Aktivitas Antioksidan Dan Sifat Sensoridari Nasi Instan Hasil Hidrolisis Pati Yang Diperkaya Dengan Ekstrak Pegagan (*Centella Asiatica*). *Jurnal Teknologi Industri Hasil Pertanian*. 21(2): 77-88.

- Hunterlab. 2016. *Measuring Color Using Hunter L, a, B Versus Cie 1976 L\*a\*B\**.  
<https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/204137825-Measuring-Color-using-Hunter-L-a-b-versus-CIE-1976-L-a-b-AN-1005b.24> pada tanggal 24 Juli.2021.
- Hurst, S. 2020. *The Flavor Equation: The Science of Great Cooking Explained in More Than 100 Essential Recipes*. New York: Reed Business Information.
- Husain, H., Muchtadi, T. R. & Haryanto, B. 2006. Pengaruh Metode Pembekuan Dan Pengeringan Terhadap Karakteristik Grits Jagung Instan. *Jurnal teknologi dan Industri Pangan*. 17(3): 189-196.
- Hutchings 2012. *Food Colour and Appearance*. Germany: Springer US.
- Illaningtyas, F., Istini, S., Peni, S., Sukarti, I. & Utami, F. 2014. Pengaruh Suplementasi Isolat Protein Sorghum Terhadap Sifat Kimia, Biologis Dan Organoleptik Biskuit Sorghum. *Jurnal Agroteknologi*. 8(01): 37-50.
- Kan, J. & Chen, K. 2021. *Essentials of Food Chemistry*. Germany: Springer.
- Karapantsios, T., Sakonidou, E. & Raphaelides, S. 2002. Water Dispersion Kinetics During Starch Gelatinization. *Carbohydrate Polymers*. 49(4): 479-490.
- Kementan. 2020. *Kementan: 2020 Kita Dorong Sorgum Jadi Pangan Alternatif*.  
<https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=3978>. pada tanggal 23 Desember 2021
- Kinanti, P. S. K., Amanto, B. S. & Atmaka, W. 2014. Kajian Karakteristik Fisik Dan Kimia Tepung Sorghum (Sorghum Bicolor L) Varietas Mandau Termodifikasi Yang Dihasilkan Dengan Variasi Konsentrasi Dan Lama Perendaman Asam Laktat. *Jurnal Teknosains Pangan*. 3(1): 135-144.
- Koes, F. & Arief, R. Penanganan Pascapanen Sorgum Untuk Mempertahankan Mutu Benih. Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia Ke-34: Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial, 2013.
- Kulamarva, A. G., Sosle, V. R. & Raghavan, G. V. 2009. Nutritional and Rheological Properties of Sorghum. *International Journal of Food Properties*. 12(1): 55-69.
- Kumalasari, R., Setyoningrum, F. & Ekafitri, R. E. 2015. Karakteristik Fisik Dan Sifat Fungsional Beras Jagung Instan Akibat Penambahan Jenis Serat Dan Lama Pembekuan Physical *Jurnal Pangan* 24(1): 37-48.
- Kusnandar, F. 2019. *Kimia Pangan Komponen Makro*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kusumawati, D. D., Amanto, B. S. & Muhammad, D. R. A. 2012. Pengaruh Perlakuan Pendahuluan Dan Suhu Pengeringan Terhadap Sifat Fisik, Kimia, Dan Sensori Tepung Biji Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*). *Jurnal Teknosains Pangan*. 1(1): 41-48.

- Lavelle, C., This, H., Kelly, A. L. & Burke, R. 2021. *Handbook of Molecular Gastronomy: Scientific Foundations, Educational Practices, and Culinary Applications*. United States: CRC Press.
- Layuk, P., Salamba, H., Lintang, M., Karouw, S. & Abdullah, N. Characteristics of Instant Rice in Several Corn Varieties. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. IOP Publishing, 1-10.
- Le, T. Q. & Jittanit, W. J. J. O. S. P. R. 2015. Optimization of Operating Process Parameters for Instant Brown Rice Production with Microwave-Followed by Convective Hot Air Drying. 61(1-8).
- Leseni, N. K. & Yuwana, N. 2021. Karakteristik Fisik Dan Organoleptik Fried Frozen Cassava Dengan Variasi Lama Waktu Perebusan Dan Perendaman Natrium Bikarbonat. *JURNAL AGROTEKNOLOGI*. 15(1): 23-32.
- Lichtfouse, E. & Goyal, A. 2015. *Sustainable Agriculture Reviews Cereals*. Germany: Springer International Publishing.
- Luna, P., Herawati, H., Widowati, S. & Prianto, A. B. 2015a. Pengaruh Kandungan Amilosa Terhadap Karakteristik Fisik Dan Organoleptik Nasi Instan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 12(1): 1-10.
- Luna, P., Herawati, H., Widowati, S. & Prianto, A. B. J. J. P. P. P. 2015b. Pengaruh Kandungan Amilosa Terhadap Karak-Teristik Fisik Dan Organoleptik Nasi Instan. 12(1): 1-10.
- Mohammed, N. A., Ahmed, I. a. M. & Babiker, E. E. 2011. Nutritional Evaluation of Sorghum Flour (Sorghum Bicolor L. Moench) During Processing of Injera. *World Academy Sci Engineer Technol*. 51(3): 58-62.
- Mohan, C. O., Carvajal-Millan, E., Ravishankar, C. N. & Haghi, A. K. 2018. *Food Process Engineering and Quality Assurance*. Canada: Apple Academic Press.
- Mohan, N. & Singh, P. 2020. *Sugar and Sugar Derivatives: Changing Consumer Preferences*. Singapore: Springer
- Mohapatra, D., Patel, A. S., Kar, A., Deshpande, S. S. & Tripathi, M. K. 2019. Effect of Different Processing Conditions on Proximate Composition, Anti-Oxidants, Anti-Nutrients and Amino Acid Profile of Grain Sorghum. *Food chemistry*. 271: 129-135.
- Moo-Young, M. 2019. *Comprehensive Biotechnology*. Netherlands: Elsevier Science.
- Mukhametzyanov, I. & Pamucar, D. 2018. A Sensitivity Analysis in Mcdm Problems: A Statistical Approach. *Decision making: applications in management engineering*. 1(2): 51-80.
- Mukkun, L., Lalel, H. J. D. & Kleden, Y. L. 2021. The Physical and Chemical Characteristics of Several Accessions of Sorghum Cultivated on Drylands in East Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 22(5): 2520-2531.

- 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.
- Murata, M. 2020. Browning and Pigmentation in Food through the Maillard Reaction. *Glycoconjugate Journal*. 38(3): 1-10.
- Murtini, E. S. & Sabilla, N. F. 2020. *Sorgum Dan Pemanfaatannya Dalam Industri Pangan*. FTP-UB Press Universitas Brawijaya.
- Murtini, E. S. & Wijayanti, A. 2020. *Sorgum Dan Pemanfaatannya Dalam Industri Pangan*. Biji Sorgum: FTP-UB Press, Universitas Brawijaya.
- Neoh, T. L., Adachi, S. & Furuta, T. 2016. *Introduction to Food Manufacturing Engineering*. Singapore: Springer.
- Obeta, N. A., Ukom, A. N. & Ossai 2019. Production and Quality Evaluation of Instant Rice from Three Local Rice Varieties in Ebonyi State. *Asian Journal of Applied Sciences*. 12(52-60).
- Ohadi, S., Hodnett, G., Rooney, W. & Bagavathiannan, M. 2017. Gene Flow and Its Consequences in Sorghum Spp. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 36(5-6): 367-385.
- Oikonomopoulou, V. P., Krokida, M. K. & Karathanos, V. T. 2011. Structural Properties of Freeze-Dried Rice. *Journal of Food Engineering*. 107(3-4): 326-333.
- Peng, J., Yi, J., Bi, J., Chen, Q., Wu, X. & Zhou, M. 2018. Freezing as Pretreatment in Instant Controlled Pressure Drop (Dic) Texturing of Dried Carrot Chips: Impact of Freezing Temperature. *Food Science and Technology*. 89(365-373).
- Prasert, W. & Suwannaporn, P. 2009. Optimization of Instant Jasmine Rice Process and Its Physicochemical Properties. *Journal of Food Engineering*. 95(1): 54-61.
- Pustaka, P. P. D. P. T. P. 2019. *Varietas Unggul Sorgum*. <http://repository.pertanian.go.id/bitstream/handle/123456789/7005/Varietas%20Unggul%20Sorgum.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. pada tanggal 3 Agustus.2021.
- Putriningsih, A. A., Surjoseputro, S. & Setijawati, E. 2018. Pengaruh Konsentrasi Tapioka Pada Beras Varietas Mentik (Oryza Sativa Var. Mentik) Terhadap Sifat Fisikokimia Rice Paper. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. 17(1): 28-35.
- Rahmadi, I., Nurdin, S. U. & Astuti, S. 2016. Pengaruh Ekstrak Daun Salam (Syzygium Polyanthum (Wight.) Walp.) Terhadap Tingkat Hidrolisis Pati, Aktivitas Antioksidan Dan Sifat Sensori Nasi Instan *Jurnal Teknologi Industri Hasil Pertanian*. 21(1): 28-41.

- Rahman, A., Al-Wahab, R. & Suwandi, N. Effect of Cooking and Freezing Time on Physical Properties of Instant Germinated Red Rice. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. IOP Publishing, 1-7.
- Rahman, M. S. 2009. *Food Properties Handbook*. United States: CRC Press.
- Ramaswamy, H. S. & Marcotte, M. 2005. *Food Processing: Principles and Applications*. United States: CRC Press.
- Rasyid, M. I., Yuliana, N. D. & Budijanto, S. 2016. Karakteristik Sensori Dan Fisiko-Kimia Beras Analog Sorghum Dengan Penambahan Rempah Campuran. *Agritech*. 36(4): 394-403.
- Ratnavathi, C., Patil, J. V. & Chavan, U. 2016. *Sorghum Biochemistry: An Industrial Perspective*. Cambridge: Academic Press.
- Raymundo, A., Torres, M. D. & Sousa, I. 2021. *Rheology and Quality Research of Cereal-Based Food*. Switzerland: Mdpi AG.
- Reddy, S. & Patil, J. V. 2015. *Genetic Enhancement of Rabi Sorghum: Adapting the Indian Durras*. Netherlands: Elsevier Science.
- Rewthong, O., Soponronnarit, S., Taechapairoj, C., Tungtrakul, P. & Prachayawarakorn, S. 2011. Effects of Cooking, Drying and Pretreatment Methods on Texture and Starch Digestibility of Instant Rice. *Journal of Food Engineering*. 103(3): 258-264.
- 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.
- Rockland, L. B. & Stewart, G. F. 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*. United Kingdom: Elsevier Science.
- Rodriguez-Amaya, D. B. & Amaya-Farfan, J. 2020. *Chemical Changes During Processing and Storage of Foods: Implications for Food Quality and Human Health*. Netherlands: Elsevier Science.
- Roos, Y. H. & Drusch, S. 2015. *Phase Transitions in Foods*. Netherlands: Elsevier Science.
- Salazar-López, N. J., González-Aguilar, G., Rouzaud-Sáñdez, O. & Robles-Sánchez, M. 2018. Technologies Applied to Sorghum (Sorghum Bicolor L. Moench): Changes in Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity. *Food Science Technology*. 38(3): 369-382.
- Sampaio, P. S., Soares, A., Castanho, A., Almeida, A. S., Oliveira, J. & Brites, C. 2018. Optimization of Rice Amylose Determination by Nir-Spectroscopy Using Pls Chemometrics Algorithms. *Food Chemistry*. 242: 196-204.

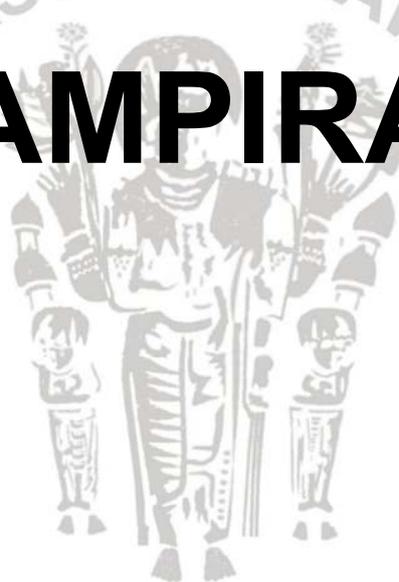
- Santoso, S. B., Pabbage, M. & Pabendon, M. B. 2013. Plasma Nuffah Sorgum, Dalam Sumarno Et. Al. (Ed). Sorgum: Inovasi Teknologi Dan Pengembangan. IAARD Press.
- Saragih, B., Marwati, M., Suprpto, H., Saragih, B. & Rachmawati, M. 2013. Effect of Various Types of Herbs on Sensory Properties and Blood Glucosa Response Adan Instant Black Rice. *International Journal of Science Engineering*. 5(1): 42-48.
- Sari, S. R., Pratama, F., Widowati, T. W. & Prariska, D. 2020. Karakteristik Sensoris Microwaveable Kemplang Palembang Dengan Perbedaan Ketebalan Dan Level Daya Pada Proses Pematangan. *Jurnal Perikanan Air Tawar (Clarias)*. 1(1): 13-18.
- Sasmitaloka, K., Widowati, S. & E., S. 2020. Karakterisasi Sifat Fisikokimia, Sensori, Dan Fungsional Nasi Instan Dari Beras Amilosa Rendah. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 17(1): 1-14.
- Sasmitaloka, K., Widowati, S. & Sukasih, E. Effect of Freezing Temperature and Duration on Physicochemical Characteristics of Instant Rice. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. IOP Publishing, 012043.
- Sasmitaloka, K. S. & Banurea, I. R. 2020. Karakteristik Fisikomia Dan Fungsional Nasi Instan. *JURNAL PANGAN*. 29(2): 87-104.
- Setiarto, R. H. B. & Widhyastuti, N. 2017. Penurunan Kadar Tanin Dan Asam Fitat Pada Tepung Sorgum Melalui Fermentasi *Rhizopus Oligosporus*, *Lactobacillus Plantarum* Dan *Saccharomyces Cerevisiae*. *Berita Biologi*. 15(2): 149-157.
- Simpson, B. K., Nollet, L. M. L., Toldrāj, F., Paliyath, G., Benjakul, S. & Hui, Y. H. 2012. *Food Biochemistry and Food Processing*. United Kingdom: Wiley.
- Siswanto, T., Zuhry, E. & Nurbaiti, N. 2015. *Daya Hasil Dan Kandungan Lemak Beberapa Varietas Sorgum (Sorghum Bicolor (L.) Moench) Yang Diberi Beberapa Dosis Pupuk Fosfor*. Riau University.
- Sjö, M. & Nilsson, L. 2017. *Starch in Food: Structure, Function and Applications*. United Kingdom: Elsevier Science.
- Skibsted, L. H., Risbo, J. & Andersen, M. L. 2010. *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages*. India: Elsevier Science.
- Sripinyowanich, J. & Noomhorm, A. 2011. A New Model and Quality of Unfrozen and Frozen Cooked Rice Dried in a Microwave Vibro-Fluidized Bed Dryer. *Drying technology*. 29(7): 735-748.
- 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.

- Suarni & Firmansyah, I. 2016. Struktur, Komposisi Nutrisi Dan Teknologi Pengolahan Sorgum, Dalam Sumarno Et. Al. (Ed). Sorgum: Inovasi Teknologi Dan Pengembangan. IAARD Press.
- Subagio, H. 2014. Potensi Pengembangan Jagung Dan Sorgum Sebagai Sumber Pangan Fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 32(2): 47-55.
- Subagio, H. & Suryawati 2013. Wilayah Penghasil Dan Ragam Penggunaan Sorgum Di Indonesia, Dalam Sumarno Dkk (Ed). Sorgum: Inovasi Teknologi Dan Pengembangan. IAARD Press Jakarta.
- Sukasih, E., Sasmitaloka, K. S. & Widowati, S. 2020. Karakteristik Fisikokimia Dan Organoleptik Kacang Hijau Instan Dengan Teknologi Pembekuan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 17(1): 37-47.
- Sumarno, Damardjati, D., Syam, M. & Hermanto 2013. *Sorgum Inovasi Teknologi Dan Pengembangan*. Jakarta: IAARD Press.
- Sumartini, H., S. 2018. Kajian Peningkatan Kualitas Beras Merah (*Oryza Nivara*) Instan Dengan Cara Fisik. *Pasundan Food Technology Journal*. 5(1): 84-90.
- Susilowati, S. & Saliem, H. 2013. Perdagangan Sorgum Di Pasar Dunia Dan Asia Serta Prospek Pengembangannya Di Indonesia, Dalam Sumarno Et. Al. (Ed). Sorgum: Inovasi Teknologi Dan Pengembangan. IAARD Press.
- Talanca, A. & Andayani, N. 2016. Perkembangan Perakitan Varietas Sorgum Di Indonesia, Dalam Sumarno Et. Al. (Ed). Sorgum: Inovasi Teknologi Dan Pengembangan. IAARD Press.
- Taylor, J. & Duodu, K. G. 2018. *Sorghum and Millets: Chemistry, Technology, and Nutritional Attributes*. United Kingdom: Elsevier.
- Toriyama, K. 2005. *Rice Is Life Scientific Perspectives for the 21st Century*. Filipina: International Rice Research Institute.
- Tsunoda, S. & Takahashi, N. 2012. *Biology of Rice*. Japan: Elsevier Science.
- Usda, U. D. O. A. 2019a. *Rice, Brown, Long-Grain, Raw (Includes Foods for Usda's Food Distribution Program)*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169703/nutrients>. Pada tanggal 2 Juli.2021.
- Usda, U. D. O. A. 2019b. *Sorghum Grain*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169716/nutrients>. Pada tanggal 2 Juli.2021.
- Ustunol, Z. 2014. *Applied Food Protein Chemistry*. New Delhi: John Wiley & Sons.
- Wang, J., Sun, B. & Tsao, R. 2019. *Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods*. Singapore: Springer.
- Waziroh, E., Ali, D. Y. & Istianah, N. 2017. *Proses Termal Pada Pengolahan Pangan*. Malang: Universitas Brawijaya Press.

- Widowati, S. 2010. Karakteristik Mutu Gizi Dan Diversifikasi Pangan Berbasis Sorgum (Sorghum Vulgare). *Jurnal Pangan*. 19(4): 373-382.
- Widowati, S., Asni, N. & Nuraeni, F. 2020. Formulasi, Karakterisasi, Dan Optimasi Waktu Rehidrasi Produk Nasi Kuning Instan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 17(2): 95-107.
- Widowati, S., Nurjanah, R. & Amrinola, W. 2010. Proses Pembuatan Dan Karakterisasi Nasi Sorgum Instan. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. 35-48.
- Wongsa, J., Uttapap, D., Lamsal, B. P. & Rungsardthong, V. 2016. Effect of Puffing Conditions on Physical Properties and Rehydration Characteristic of Instant Rice Product. *International Journal of Food Science Technology*. 51(3): 672-680.
- Wrasiati, L. P., Wijaya, I. M. a. S. & Suter, I. K. 2014. Application of Pressurized Cooking and Freezing Technique to Improve the Quality of Instant Ledok. *Agriculture Natural Resources*. 48(6): 954-963.
- Wrigley, C. W., Corke, H., Seetharaman, K. & Faubion, J. 2015. *Encyclopedia of Food Grains*. Netherlands: Elsevier Science.
- Wulandari, E. 2018. Karakterisasi Protein Sorgum Dan Upaya Peningkatan Jejaring Protein Sorgum Dengan Penambahan Glukosa-Oksidase *Jurnal Sains dan Teknologi*. 2(1): 20-31.
- Yang, L., Zhou, Y., Wu, Y., Meng, X., Jiang, Y., Zhang, H. & Wang, H. 2016. Preparation and Physicochemical Properties of Three Types of Modified Glutinous Rice Starches. *Carbohydrate Polymers*. 137(305-313).
- Yano, M., Okuno, K., Kawakami, J., Satoh, H. & Omura, T. 1985. High Amylose Mutants of Rice, *Oryza Sativa* L. *Theoretical and Applied Genetics*. 69(3): 253-257.
- Yu, K., Chen, C. & Wu, P. 2011. Research on Application and Rehydration Rate of Vacuum Freeze Drying of Rice. *Journal of Applied Sciences*. 11(3): 535-541.
- Yuwono, S. S. & Susanto, T. 1998. *Pengujian Fisik Pangan*. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya.
- 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).
- Zeleny, M. 1982. *Multiple Criteria Decision Making*. New York: McGraw-Hill.
- Zhang, Q. & Pierce, F. J. 2016. *Agricultural Automation: Fundamentals and Practices*. United States: CRC Press.



# LAMPIRAN



## Lampiran 1. Prosedur Analisa

### Analisis Kadar Air (AOAC, 2005)

- Cawan alumunium dikeringkan dalam oven pada suhu  $\pm 100-105^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam, kemudian diangkat dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang berat cawan
- Sampel yang telah dihaluskan sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan alumunium yang telah dikeringkan dan diketahui beratnya
- Sampel lalu dikeringkan dalam oven pada suhu  $\pm 100-105^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang berat sampel
- Sampel selanjutnya dikeringkan kembali dalam oven pada suhu  $\pm 100-105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit
- Pengeringan dan penimbangan sampel diulang sampai diperoleh berat konstan

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat sampel awal (g)

W2 = Berat sampel setelah dikeringkan (g)

### Analisis Kadar Abu (AOAC, 2005)

- Cawan porselen dikeringkan dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang
- Sampel sebanyak 3-5 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sudah dikeringkan dan ditimbang sebelumnya, lalu diarangkan di atas kompor listrik sampai tidak ada asap yang keluar
- Sampel kemudian diabukan dalam tanur pada suhu  $550^{\circ}\text{C}$  selama 4-6 jam (sampai semua sampel menjadi abu dan beratnya konstan)
- Sampel selanjutnya didinginkan dalam desikator lalu ditimbang
- Pengeringan pada sampel diulang sampai diperoleh berat konstan
- Kadar abu dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat sampel (g)}} \times 100\%$$

**Analisis Kadar Lemak (AOAC, 2005)**

- Sampel sebanyak 5 gram ditimbang dan dibungkus menggunakan kertas saring lalu ditutup dengan kapas bebas lemak
- Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam lalu ditimbang beratnya
- Sampel yang terbungkus kertas saring selanjutnya dimasukkan ke dalam alat ekstraksi soxhlet yang telah terangkai pada kondensor
- Labu lemak ditimbang dan dipasang pada tabung ekstraksi yang ada di alat destilasi soxhlet, lalu ditambahkan dengan pelarut eter sampai turun ke bawah pada labu lemak
- Ekstraksi dimulai dengan mengalirkan air pendingin dan proses ekstraksi dilakukan selama 5 jam
- Pelarut eter kemudian diuapkan untuk memisahkan dari sampel, lalu sampel dioven selama 30 menit pada suhu 105°C
- Pengeringan dilakukan sampai diperoleh berat konstan dan berat residu dinyatakan sebagai berat lemak dengan rumus :

$$\text{Kadar lemak (\%)} = \frac{\text{berat lemak (g)}}{\text{berat sampel (g)}} \times 100\%$$

**Analisis Kadar Protein (AOAC, 2005)**

- Sampel sebanyak 1 gram yang telah dihaluskan ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu kjedahl serta diletakkan dalam *digestion block*, kemudian ditambahkan ½ tablet kjedahl (mengandung K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan CuSO<sub>4</sub>) dan asam sulfat pekat 15 ml
- Larutan dikocok sampai terlarut dan didiamkan selama 5 menit
- Scrubber cup* dipasang pada *digestion block* dan diletakkan pada FOSS *digester*, selanjutnya didestruksi selama 3 jam sampai jernih dan didiamkan
- Sampel yang sudah dingin ditambahkan 25 ml aquades dan ditambahkan NaOH 30% untuk destilasi
- Gas ammonia yang keluar akan ditampung dalam larutan asam borat 3%
- Sampel selanjutnya dititrasi dengan menggunakan HCl 0,1N yang diawali dengan blanko. Blanko dilakukan dengan langkah yang sama tanpa menggunakan sampel. Penetapan kadar lemak menggunakan rumus :

$$\text{Kadar N (\%)} = \frac{\text{volume HCl (sampel-blanko)} \times N \text{ HCl} \times 14,007 \times 100}{\text{berat sampel (mg)}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar protein (\%)} = \%N \times \text{faktor konversi}$$

**Analisis Kadar Karbohidrat (AOAC, 1995)**

- a. Kadar karbohidrat ditentukan dengan menggunakan metode *by difference* yaitu berdasarkan pada pengurangan presentase kadar air, abu, lemak dan protein
- b. Perhitungan untuk penentuan kadar karbohidrat metode *by difference*

menggunakan rumus :

$$\text{Kadar karbohidrat (\%)} = 100\% - (\% \text{ kadar air} + \% \text{ kadar abu} + \% \text{ kadar lemak} + \% \text{ kadar protein})$$

**Analisis Kadar Pati (AOAC, 2005)**

- a. Sampel sebanyak 2-5 gram ditimbang dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambah aquades 50 ml dan diaduk menggunakan shaker selama 1 jam
- b. Suspensi disaring menggunakan kertas saring dan dicuci sampai volume 250 ml
- c. Residu pada kertas saring dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 200 ml aquades dan 20 ml HCl 25%
- d. Larutan selanjutnya dipanaskan dengan pendingin balik (refluks) selama 2,5 jam
- e. Larutan didinginkan, selanjutnya dinetralkan dengan  $\pm 15$  ml NaOH 45%
- f. Larutan diencerkan dengan aquades hingga volume 500 ml dan disaring
- g. Filtrat sebanyak 1 ml dimasukkan dalam labu ukur 10 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda batas
- h. Sebanyak 1 ml filtrate dimasukkan dalam tabung reaksi dan tabung reaksi yang lain diisi 1 ml aquades sebagai larutan blanko
- i. Masing-masing tabung reaksi ditambahkan 1 ml reagen nelson somogyi dan dipanaskan sampai mendidih  $\pm 20$  menit
- j. Larutan didinginkan  $\pm 25$  menit, selanjutnya ditambahkan 1 ml reagen arsenomolibdat dan dihomogenkan hingga larut
- k. Larutan ditambahkan 7 ml aquades dan dihomogenkan, selanjutnya diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer pada  $\lambda$  540 nm. Penetapan kadar pati menggunakan rumus:

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

**Analisis Kadar Amilosa (AOAC, 2005)**

- a. Sampel sebanyak 100 mg dimasukkan dalam tabung reaksi dan ditambahkan NaOH 1 N sebanyak 9 ml dan etanol 95% sebanyak 1 ml
- b. Sampel dipanaskan selama 10 menit sampai terbentuk gel dan ditambahkan aquades
- c. Sampel dipindahkan dalam labu takar 100 ml dan dikocok
- d. Sampel diambil sebanyak 5 ml dan ditambahkan larutan iodin 2 ml, CH<sub>3</sub>COOH 1 N 1 ml, dan aquades
- e. Sampel dimasukkan labu takar 100 ml dan dikocok
- f. Sampel didiamkan selama 20 menit dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada  $\lambda$  625 nm. Penetapan kadar pati menggunakan rumus:

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

Keterangan :

C = Konsentrasi amilosa

V = Volume akhir larutan (ml)

Fp = Faktor pengenceran

W = Berat awal sampel (g)

**Analisis Waktu Rehidrasi (Yu et al., 2011)**

Penentuan waktu rehidrasi dilakukan dengan memasukkan sejumlah sampel ke dalam air panas dengan 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.

**Analisis Daya Serap Air (Butt et al., 2008)**

Pengukuran daya serap air dilakukan dengan cara sejumlah sampel ditimbang kemudian direndam dalam air panas selama waktu rehidrasi sampel tersebut. Selanjutnya diangkat dan ditiriskan. Adapun perhitungan daya serap air adalah sebagai berikut :

$$\text{Daya serap air} = \frac{B-A}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Bobot sampel sebelum perendaman (g)

B = Bobot setelah perendaman (g)

**Analisis Rendemen (Luna et al., 2015a)**

Pengukuran rendemen sampel dilakukan dengan cara membandingkan berat dari nasi sorgum instan yang dihasilkan dengan sejumlah beras sorgum yang digunakan sebagai bahan baku. Adapun rumus perhitungan dari rendemen adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{B_n}{B_b} \times 100\%$$

Keterangan :

R = rendemen (%)

B<sub>n</sub> = berat nasi sorghum instan yang dihasilkan (gram)

B<sub>b</sub> = berat beras sebagai bahan baku (gram)

**Densitas Kamba (Prasert and Suwannaporn, 2009)**

Penentuan densitas kamba dilakukan menggunakan gelas ukur 50 mL. Langkah pertama, 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. Adapun rumus perhitungan densitas kamba adalah sebagai berikut :

$$D_k = \frac{B_s}{V_g} \times 100\%$$

Keterangan :

D<sub>k</sub> = Densitas kamba (gram/mL)

B<sub>s</sub> = Berat sampel (gram)

V<sub>b</sub> = Volume gelas ukur (mL)

**Analisis Warna (Yuwono and Susanto, 1998)**

- Disiapkan sampel yang akan dianalisa ke dalam plastik bening
- Dhidupkan *color reader*
- Diatur tombol pembacaan L\*a\*b, kemudian ditekan tombol target
- Hasil pembacaan dicatat dan diukur warnanya

Keterangan :

L\* = untuk parameter kecerahan (*lightness*)

a\* = untuk parameter kekuningan

b\* = untuk parameter kemerahan

**Analisis Tekstur (Sasmitaloka and Banurea, 2020)**

Pengukuran tekstur sampel dilakukan pada sampel nasi instan yang telah direhidrasi. Selanjutnya sampel diukur tingkat kekerasannya dengan menggunakan alat *texture analyzer*.

**Analisis Organoleptik (Sari et al., 2020)**

- a. Analisis organoleptik menggunakan metode *Hedonic Scale Scoring* meliputi parameter warna, kenampakkan, rasa, tesktur, dan kesukaan keseluruhan
- b. Pengujian dilakukan dengan melibatkan 40 panelis tidak terlatih
- c. Penilaian oleh panelis dilakukan dengan skala angka 1-7 dengan keterangan sebagai berikut:
  - 1 = sangat tidak suka
  - 2 = tidak suka
  - 3 = agak tidak suka
  - 4 = netral
  - 5 = agak suka
  - 6 = suka
  - 7 = sangat suka
- d. Pengujian dilakukan pada 9 sampel berbeda yang dimasukkan dalam kemasan yang telah diberi kode tiga digit angka secara acak, kemudian disajikan pada panelis
- e. Panelis diminta memberikan penilaian berdasarkan tingkat kesukaan berupa skala angka terhadap masing-masing sampel

**Penentuan Perlakuan Terbaik (Zeleny, 1982)**

Perlakuan terbaik ditentukan menggunakan metode *Multiple Attribute* dengan pembobotan sebagai berikut:

- a. Menentukan nilai ideal pada masing-masing parameter

Nilai ideal adalah nilai yang sesuai dengan pengharapan, yaitu maksimal atau minimal dari suatu parameter. Parameter dengan rerata semakin tinggi semakin baik, maka nilai terendah sebagai nilai terjelek, sedangkan pada parameter dengan rerata semakin rendah semakin baik, maka nilai tertinggi sebagai nilai terjelek.

- b. Menghitung derajat kerapatan ( $dk$ )

Dihitung berdasarkan pada nilai ideal untuk masing-masing parameter

Bila nilai ideal maksimal, maka:

$$dk = \frac{\text{nilai kenyataan yang mendekati ideal}}{\text{nilai ideal dari masing-masing alternatif}}$$

Bila nilai ideal minimal, maka:

$$dk = \frac{\text{ilai ideal dari masing-masing alternatif}}{\text{nilai kenyataan yang mendekati ideal}}$$

c. Menghitung jarak kerapatan ( $\lambda$ )

Dengan asumsi semua parameter penting, jarak kerapatan ( $\lambda$ ) dihitung berdasarkan jumlah parameter pada masing-masing perlakuan

$$\lambda = 1/\text{jumlah parameter}$$

$$L1 = (\lambda, k) = 1 - [\sum_{i=0}^n (\lambda \times dk)]$$

$$L2 = (\lambda, k) = [\sum_{i=0}^n \lambda^2 (1 - dk)]$$

$$L \text{ maksimal} = \text{nilai maks} [\lambda \times (1 - dk)]$$

d. Perlakuan terbaik dipilih dari jumlah L1, L1, L maksimal yang memiliki nilai terendah



Lampiran 2. Kuisioner Uji Organoleptik Produk Nasi Sorgum Instan

**LEMBAR KUISIONER**  
**UJI HEDONIK (KESUKAAN)**

Nama : \_\_\_\_\_

Jenis Kelamin : Laki-laki / Perempuan

Usia : \_\_\_\_\_ tahun

Apakah Anda mengetahui apa itu *Nasi Sorgum* ?

Ya  Tidak

Apakah Anda pernah mengonsumsi *Nasi Sorgum Instan* ?

Ya  Tidak

**Instruksi :**

- Anda diminta mencicipi 9 sampel berbeda satu persatu
- Berikan penilaian pada tiap kolom sampel (sesuai kode) dengan cara memasukan nomor (lihat keterangan yang ada di bawah tabel) di kolom penilaian berdasarkan tingkat kesukaan.
- Tiap mencicipi sampel berikutnya netralkan indera pengecap anda terlebih dahulu dengan air mineral
- Jangan membandingkan tingkat kesukaan antar sampel

Kode Sampel : 515		
Parameter	Penilaian	Alasan
Warna		
Kenampakkan		
Rasa		
Tekstur		
Kesukaan Keseluruhan		

Kode Sampel : 264		
Parameter	Penilaian	Alasan
Warna		
Kenampakkan		
Rasa		
Tekstur		
Kesukaan Keseluruhan		

Kode Sampel : 813		
Parameter	Penilaian	Alasan
Warna		
Kenampakkan		
Rasa		
Tekstur		
Kesukaan Keseluruhan		

Kode Sampel : 438		
Parameter	Penilaian	Alasan
Warna		
Kenampakkan		
Rasa		
Tekstur		
Kesukaan Keseluruhan		



Kode Sampel : 702		
Parameter	Penilaian	Alasan
Warna		
Kenampakkan		
Rasa		
Tekstur		
Kesukaan Keseluruhan		

Kode Sampel : 974		
Parameter	Penilaian	Alasan
Warna		
Kenampakkan		
Rasa		
Tekstur		
Kesukaan Keseluruhan		

Kode Sampel : 621		
Parameter	Penilaian	Alasan
Warna		
Kenampakkan		
Rasa		
Tekstur		
Kesukaan Keseluruhan		

Kode Sampel : 972		
Parameter	Penilaian	Alasan
Warna		
Kenampakkan		
Rasa		
Tekstur		
Kesukaan Keseluruhan		

Kode Sampel : 171		
Parameter	Penilaian	Alasan
Warna		
Kenampakkan		
Rasa		
Tekstur		
Kesukaan Keseluruhan		

**Keterangan :**

- 1 = Sangat tidak suka
- 2 = Tidak suka
- 3 = Agak tidak suka
- 4 = Netral
- 5 = Agak suka
- 6 = Suka
- 7 = Sangat suka

Saran dan kritik untuk perbaikan produk Nasi Sorgum Instan



Lampiran 3. Hasil Analisa Kadar Air Produk Nasi Sorgum Instan

Analisis Kadar Air Nasi Sorgum Instan

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Kadar Air					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
-4	12	54,74	57,56	56,00	56,10	1,41	2,52
-4	18	55,09	56,02	57,57	56,22	1,25	2,23
-4	24	56,52	59,17	56,75	57,48	1,46	2,55
-12	12	51,37	53,00	56,56	53,65	2,65	4,95
-12	18	55,73	55,24	57,43	56,13	1,15	2,04
-12	24	54,86	60,15	65,44	60,15	5,29	8,80
-20	12	55,31	52,51	55,39	54,41	1,64	3,01
-20	18	59,15	58,89	56,97	58,34	1,19	2,04
-20	24	59,81	62,20	62,85	61,62	1,60	2,60

Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	P-Value
Suhu Pembekuan	0,243
Lama Pembekuan	0,000
Ulangan	0,067
S*L	0,174

Uji Lanjut BNT 5% Faktor Lama Pembekuan

Lama Pembekuan (Jam)	Rerata	Notasi
24	59,75	a
18	56,90	b
12	54,72	c



**Lampiran 4. Hasil Analisa Kadar Pati Produk Nasi Sorgum Instan**

**Analisis Kadar Pati Nasi Sorgum Instan**

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Kadar Pati					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
-4	12	72,26	73,13	72,96	72,78	0,46	0,63
-4	18	71,52	70,34	70,51	70,79	0,64	0,90
-4	24	70,87	69,93	66,94	69,25	2,05	2,96
-12	12	69,08	66,84	68,35	68,09	1,14	1,68
-12	18	67,52	67,56	66,81	67,30	0,42	0,63
-12	24	67,42	63,76	66,01	65,73	1,84	2,81
-20	12	71,68	65,38	67,93	68,33	3,17	4,64
-20	18	64,28	65,32	62,09	63,90	1,65	2,58
-20	24	62,30	60,12	60,05	60,82	1,28	2,10

**Analisis Keragaman**

SK	Db	JK	KT	F-Hit	F 5%	Notasi
Kelompok	2	5,40	2,70	2,26	3,63	tn
S	2	265,10	132,55	110,66	3,63	**
L	2	52,64	26,32	21,97	3,63	**
SL	4	16,53	4,13	3,45	3,01	*
Galat	16	19,16	1,20			
Total	26	358,83				

**Uji Lanjut DMRT 5% Interaksi Suhu dan Lama Pembekuan**

Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (JAM)	DMRT	Rerata	Jumlah	Notasi
-20	24	1,89	60,82	62,72	a
-20	18	1,99	63,90	65,89	b
-12	24	2,04	65,73	68,79	bc
-20	12	2,08	68,33	69,38	c
-12	18	2,11	67,30	67,84	c
-12	12	2,13	68,09	70,22	c
-4	24	2,14	70,79	72,92	d
-4	18	2,15	70,83	72,98	d
-4	12		72,78		d



Uji Korelasi Daya Serap Air dengan Kadar Pati

Correlations

		Daya Serap Air	Kadar Pati
Daya Serap Air	Pearson Correlation	1	-.886**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	27	27
Kadar Pati	Pearson Correlation	-.886**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	27	27

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



Lampiran 5. Hasil Analisa Kadar Amilosa Produk Nasi Sorgum Instan

Analisis Kadar Amilosa Nasi Sorgum Instan

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Kadar Amilosa					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
-4	12	18,68	18,64	16,91	18,08	1,01	5,60
-4	18	17,90	16,51	17,28	17,65	0,90	5,12
-4	24	16,38	17,41	18,21	17,33	0,92	5,29
-12	12	17,86	18,76	18,06	18,23	0,47	2,59
-12	18	18,78	16,35	16,10	17,08	1,48	8,67
-12	24	15,60	17,97	15,18	16,25	1,50	9,26
-20	12	18,63	18,50	17,89	18,34	0,39	2,15
-20	18	17,37	17,27	16,90	17,18	0,25	1,44
-20	24	15,97	16,59	17,67	16,74	0,86	5,14

Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	P-Value
Suhu Pembekuan	0,729
Lama Pembekuan	0,017
Ulangan	0,633
S*L	0,844

Uji Lanjut BNT 5% Faktor Lama Pembekuan

Lama Pembekuan (Jam)	Rerata	Notasi
12	18,21	a
18	17,16	b
24	16,77	b



**Lampiran 6. Hasil Analisa Waktu Rehidrasi Produk Nasi Sorgum Instan**

**Analisis Waktu Rehidrasi Nasi Sorgum Instan**

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Waktu Rehidrasi					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
-4	12	8,20	8,42	8,22	8,28	0,12	1,47
-4	18	6,48	6,23	6,42	6,38	0,13	2,05
-4	24	7,14	6,45	6,03	6,54	0,56	8,57
-12	12	5,22	6,02	5,01	5,42	0,53	9,84
-12	18	5,42	5,29	5,03	5,25	0,20	3,78
-12	24	5,49	5,37	5,05	5,30	0,23	4,29
-20	12	5,05	4,56	4,53	4,71	0,29	6,19
-20	18	4,32	4,57	4,30	4,40	0,15	3,42
-20	24	4,09	4,27	4,17	4,18	0,09	2,16

**Analisis Keragaman**

SK	Db	JK	KT	F-Hit	F 5%	Notasi
Kelompok	2	0,48	0,24	3,20	3,63	tn
S	2	32,37	16,18	216,63	3,63	**
L	2	3,81	1,90	25,49	3,63	**
SL	4	3,35	0,84	11,21	3,01	**
Galat	16	1,19	0,07			
Total	26	41,20				

**Uji Lanjut DMRT 5% Interaksi Suhu dan Lama Pembekuan**

Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (JAM)	DMRT	Rerata	Jumlah	Notasi
-20	24	0,47	4,18	4,65	a
-20	18	0,50	4,40	4,89	ab
-20	12	0,51	4,71	5,22	b
-12	18	0,52	5,25	5,77	c
-12	24	0,53	5,30	5,83	c
-12	12	0,53	5,42	5,95	c
-4	18	0,53	6,38	6,91	d
-4	24	0,54	6,54	7,08	d
-4	12		8,28		e



Uji Korelasi Daya Serap Air dengan Waktu Rehidrasi

Correlations

		Daya Serap Air	Waktu Rehidrasi
Daya Serap Air	Pearson Correlation	1	-.767**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	27	27
Waktu Rehidrasi	Pearson Correlation	-.767**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	27	27

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



Lampiran 7. Hasil Analisa Daya Serap Air Produk Nasi Sorgum Instan

Analisis Daya Serap Air Nasi Sorgum Instan

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Daya Serap Air					Standar Deviasi	CV (%)
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata			
-4	12	76,12	75,23	79,66	77,00	2,34	3,04	
-4	18	82,49	88,55	85,61	85,55	3,03	3,54	
-4	24	102,57	108,45	111,11	107,38	4,37	4,07	
-12	12	108,10	105,80	110,71	108,20	2,46	2,27	
-12	18	111,57	117,24	110,86	113,22	3,50	3,09	
-12	24	133,67	130,34	138,98	134,33	4,36	3,24	
-20	12	104,24	95,60	103,71	101,18	4,84	4,78	
-20	18	123,52	121,72	128,82	124,69	3,69	2,96	
-20	24	158,05	153,30	160,50	157,28	3,66	2,33	

Analisis Keragaman

SK	Db	JK	KT	F-Hit	F 5%	Notasi
Kelompok	2	75,28	37,64	3,59	3,63	tn
Uni S	2	6978,77	3489,39	332,88	3,63	**
Uni L	2	6585,91	3292,95	314,14	3,63	**
Uni SL	4	801,53	200,38	19,12	3,01	**
Galat	16	167,72	10,48			
Total	26	14609,21				

Uji Lanjut DMRT 5% Interaksi Suhu dan Lama Pembekuan

Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (JAM)	DMRT	Rerata	Jumlah	Notasi
-4	12	5,61	77,00	82,61	a
-4	18	5,89	85,55	91,44	b
-20	12	6,04	101,18	107,22	c
-4	24	6,17	107,38	113,54	d
-12	12	6,24	108,20	114,45	d
-12	18	6,30	113,22	119,52	d
-20	18	6,34	124,69	131,02	e
-12	24	6,37	134,33	140,70	f
-20	24		157,28		g

Uji Korelasi Densitas Kamba dengan Daya Serap Air

Correlations

		Densitas kamba	Daya Serap Air
Densitas kamba	Pearson Correlation	1	-.748**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	27	27
Daya Serap Air	Pearson Correlation	-.748**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	27	27

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



**Lampiran 8. Hasil Analisa Rendemen Produk Nasi Sorgum Instan**

**Analisis Rendemen Nasi Sorgum Instan**

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Rendemen					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
		-4	12	91	92	89	90,67
-4	18	91	92	89	90,67	1,53	1,68
-4	24	90	91	93	91,33	1,53	1,67
-12	12	87	92	91	90,00	2,64	2,94
-12	18	92	94	90	92,00	2,00	2,17
-12	24	94	93	97	94,67	2,08	2,20
-20	12	91	90	91	90,67	0,58	0,64
-20	18	91	92	93	92,00	1,00	1,09
-20	24	98	94	94	95,33	2,31	2,42

**Analisis Keragaman**

Sumber Keragaman	P-Value
Suhu Pembekuan	0,146
Lama Pembekuan	0,006
Ulangan	0,822
S*L	0,360

**Uji Lanjut BNT 5% Faktor Lama Pembekuan**

Lama Pembekuan (Jam)	Rerata	Notasi
12	90,44	b
18	91,55	b
24	93,78	a



Lampiran 9. Hasil Analisa Kekerasan (Hardness) Produk Nasi Sorgum Instan

Analisis Kekerasan (*Hardness*) Nasi Sorgum Instan

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Kekerasan ( <i>Hardness</i> )					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
-4	12	353,2	286,9	316,9	319,0	33,2	10,4
-4	18	275,8	216,9	242,9	245,2	29,5	12,0
-4	24	232,3	215,0	255,5	234,2	20,3	8,7
-12	12	193,8	161,5	148,2	167,8	23,4	14,0
-12	18	106,3	126,1	67,2	99,8	29,9	30,0
-12	24	143,8	147,7	171,5	154,3	14,9	9,7
-20	12	122,2	111,7	104,6	112,8	8,8	7,8
-20	18	92,3	80,4	96,5	89,7	8,3	9,3
-20	24	75,2	87,2	69,4	77,2	9,0	11,7

Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	P-Value
Suhu Pembekuan	0,000
Lama Pembekuan	0,000
Ulangan	0,197
S*L	0,018

Uji Lanjut DMRT 5% Interaksi Suhu dan Lama Pembekuan

Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (JAM)	DMRT	Rerata	Jumlah	Notasi
-20	24	36,24	77,27	113,50	a
-20	18	38,05	89,73	127,78	a
-12	18	39,02	99,87	138,88	a
-20	12	39,86	112,83	152,69	a
-12	24	40,34	154,33	194,68	b
-12	12	40,71	167,83	208,54	b
-4	24	40,95	234,27	275,22	c
-4	18	41,19	245,20	286,39	c
-4	12		319,00		d



**Lampiran 10. Hasil Analisa Densitas Kamba Produk Nasi Sorgum Instan**

**Analisis Densitas Kamba Nasi Sorgum Instan**

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Densitas Kamba					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
-4	12	0,56	0,61	0,60	0,59	0,03	4,48
-4	18	0,57	0,56	0,56	0,56	0,01	1,02
-4	24	0,56	0,52	0,49	0,52	0,03	6,71
-12	12	0,62	0,57	0,59	0,59	0,02	4,24
-12	18	0,56	0,53	0,55	0,55	0,01	2,79
-12	24	0,51	0,50	0,48	0,50	0,01	3,07
-20	12	0,55	0,62	0,60	0,59	0,03	6,11
-20	18	0,53	0,57	0,55	0,55	0,02	3,64
-20	24	0,47	0,50	0,48	0,48	0,01	3,16

**Analisa Keragaman**

Sumber Keragaman	P-Value
Suhu Pembekuan	0,305
Lama Pembekuan	0,000
Ulangan	0,744
S*L	0,670

**Uji Lanjut BNT 5% Faktor Lama Pembekuan**

Lama Pembekuan (Jam)	Rerata	Notasi
12	0,59	a
18	0,55	b
24	0,50	c



Lampiran 11. Hasil Analisa Kecerahan (\*L) Produk Nasi Sorgum Instan

Analisis Kecerahan (\*L) Nasi Sorgum Instan

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Kecerahan (*L)					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
-4	12	32,4	36,1	32,3	33,6	2,16	6,44
-4	18	39	38,2	36,4	37,87	1,33	3,52
-4	24	40,9	44,2	44,4	43,17	1,96	4,55
-12	12	34,8	39,7	42,5	39,0	3,90	9,99
-12	18	38,3	42,8	35,2	38,77	3,82	9,86
-12	24	45,5	43,0	45,9	44,8	1,57	3,51
-20	12	27,8	34,9	30,4	31,03	3,59	11,57
-20	18	34,2	38,3	37,7	36,73	2,21	6,03
-20	24	45,3	43,3	40,8	43,13	2,25	5,23

Analisis Keragaman

Sumber Keragaman	P-Value
Suhu Pembekuan	0,015
Lama Pembekuan	0,000
Ulangan	0,139
S*L	0,233

Uji Lanjut BNT 5% Faktor Suhu Pembekuan

Suhu Pembekuan (°C)	Rerata	Notasi
-12	40,85	a
-4	38,21	b
-20	36,97	b

Uji Lanjut BNT 5% Faktor Lama Pembekuan

Lama Pembekuan (Jam)	Rerata	Notasi
24	43,70	a
18	37,79	b
12	34,54	c



Uji Korelasi Kadar Air dengan Kecerahan (L\*)

Correlations

		Kadar Air	Nilai Kecerahan
Kadar Air	Pearson Correlation	1	.468*
	Sig. (2-tailed)		.014
	N	27	27
Nilai Kecerahan	Pearson Correlation	.468*	1
	Sig. (2-tailed)	.014	
	N	27	27

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



**Lampiran 12. Hasil Analisa Kemerahan (\*a) Produk Nasi Sorgum Instan**

**Analisis Kemerahan (\*a) Nasi Sorgum Instan**

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Kemerahan (a*)					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
-4	12	2,1	2	2,5	2,2	0,26	12,03
-4	18	1,8	1,7	1,5	1,67	0,15	9,16
-4	24	1,7	1,6	1,4	1,57	0,15	9,75
-12	12	1,5	1,6	1,4	1,50	0,10	6,67
-12	18	1,7	1,8	1,5	1,67	0,15	9,16
-12	24	1,2	1,4	1,5	1,37	0,15	11,18
-20	12	2,9	2,9	2,4	2,73	0,29	10,56
-20	18	3,3	3,6	3,6	3,50	0,17	4,95
-20	24	2,4	2,5	2,1	2,33	0,21	8,92

**Analisis Keragaman**

SK	Db	JK	KT	F-Hit	F 5%	Notasi
Kelompok	2	0,08	0,04	1,11	3,63	tn
Un S	2	8,96	4,48	123,81	3,63	**
Un L	2	1,32	0,66	18,30	3,63	**
Un SL	4	1,61	0,40	11,15	3,01	**
Galat	16	0,58	0,04			
Total	26	12,56				

**Uji Lanjut DMRT 5% Interaksi Suhu dan Lama Pembekuan**

Suhu Pembekuan (°C)	Lama Pembekuan (JAM)	DMRT	Rerata	Jumlah	Notasi
-12	24	0,33	1,37	1,69	a
-12	12	0,34	1,50	1,85	a
-4	24	0,35	1,57	1,92	a
-4	18	0,36	1,67	2,03	a
-12	18	0,37	1,67	2,03	a
-4	12	0,37	2,20	2,57	b
-20	24	0,37	2,33	2,70	b
-20	12	0,37	2,73	3,11	c
-20	18		3,5		d



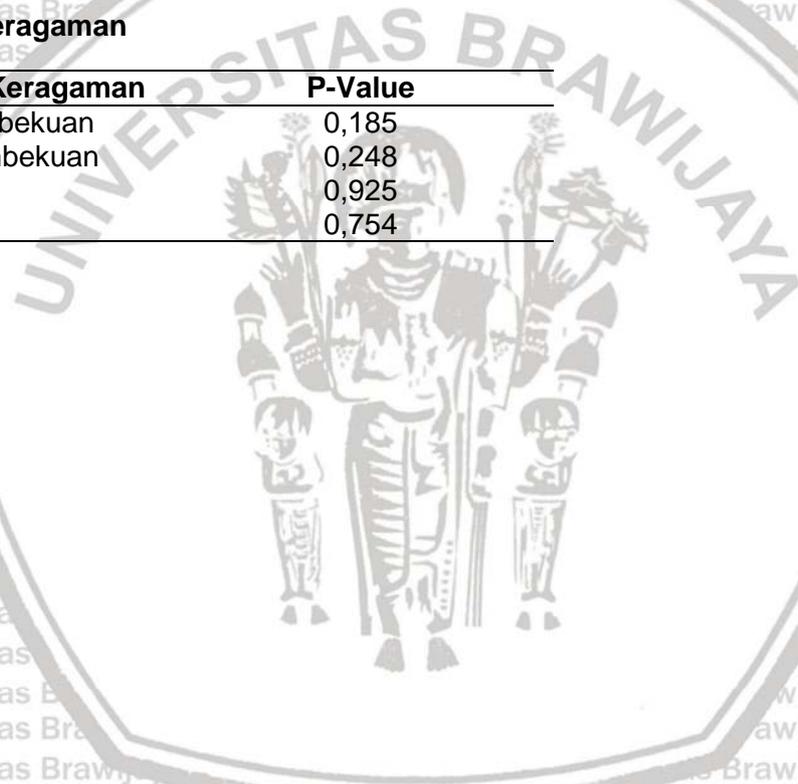
**Lampiran 13. Hasil Analisa Kekuningan (\*b) Produk Nasi Sorgum Instan**

**Analisis Kekuningan (\*b) Nasi Sorgum Instan**

Suhu Pembekuan (°C)	Waktu Pembekuan (JAM)	Kekuningan (*b)					
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata	Standar Deviasi	CV (%)
		-4	12	10	8,8	8,3	9,03
-4	18	9,1	10,2	11,3	10,2	1,1	10,78
-4	24	10,3	9,5	9,1	9,63	0,61	6,34
-12	12	8,7	9,7	8,4	8,93	0,68	7,62
-12	18	10,2	10,5	8,6	9,77	1,02	10,46
-12	24	8,7	9	10,4	9,37	0,91	9,69
-20	12	9,5	8,2	9,3	9,00	0,70	7,78
-20	18	9,4	9,7	8,1	9,07	0,85	9,38
-20	24	8,1	8,1	9,1	8,43	0,58	6,85

**Analisis Keragaman**

Sumber Keragaman	P-Value
Suhu Pembekuan	0,185
Lama Pembekuan	0,248
Ulangan	0,925
S*L	0,754



Lampiran 14. Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Tekstur

No	Panelis	515	264	813	438	702	974	621	972	171
1	Indra	4	4	5	6	6	6	6	6	5
2	Yudi	4	4	5	5	5	5	5	5	4
3	Dian	4	4	3	6	2	6	3	4	4
4	Nadia	4	3	5	5	4	4	6	3	3
5	Dina	5	6	4	7	5	4	5	5	5
6	Ike	3	4	4	7	3	5	4	3	2
7	Ayu	3	2	3	7	2	5	7	4	3
8	Wulan	6	4	5	6	3	5	5	3	2
9	Fina	3	3	3	5	3	7	3	2	3
10	Bela	2	1	4	7	5	6	4	4	2
11	Firda	4	2	5	6	2	5	6	3	5
12	Nia	5	4	5	7	4	7	7	3	3
13	Widya	5	4	5	6	2	5	6	3	1
14	Anida	5	3	4	7	5	5	5	6	3
15	Adel	6	4	4	6	3	2	6	3	3
16	Rosa	4	4	5	5	3	5	7	4	3
17	Imas	3	2	6	6	3	5	6	2	2
18	Lina	3	3	3	6	4	6	5	3	2
19	Devi	5	5	5	7	4	6	5	4	4
20	Ana	5	4	5	6	4	5	6	4	3
21	Nina	4	4	3	6	5	6	5	3	5
22	Dinda	2	2	4	7	3	3	5	3	3
23	Risa	6	1	5	7	6	4	5	2	2
24	Putra	5	1	4	6	4	4	6	4	4
25	Via	4	3	6	6	5	5	5	2	3
26	Mulyani	5	5	6	7	5	4	5	4	3
27	Zafira	3	3	4	6	4	4	5	2	2
28	Ela	4	3	4	7	4	4	5	3	2
29	Alfi	3	2	3	6	6	3	5	5	5
30	Ima	7	5	6	6	6	5	6	6	5
31	Sahara	3	3	4	5	3	4	5	3	3
32	Setyaning	6	6	3	6	5	3	4	3	5
33	Icha	5	4	5	5	3	5	5	4	3
34	Rismiawati	5	4	6	7	5	5	5	5	5
35	Aprilia	4	6	5	5	6	6	5	5	6
36	Imamatul	4	6	5	6	6	5	2	2	6
37	Hufrotul	3	6	6	6	5	6	5	5	4
38	Ruroh	2	2	3	5	3	3	2	2	2
39	Silvi	3	4	5	7	4	5	6	4	3
40	Iha	5	3	5	7	3	2	3	3	5
	<b>Rerata</b>	4,15	3,57	4,50	6,15	4,07	4,75	5,02	3,47	3,45

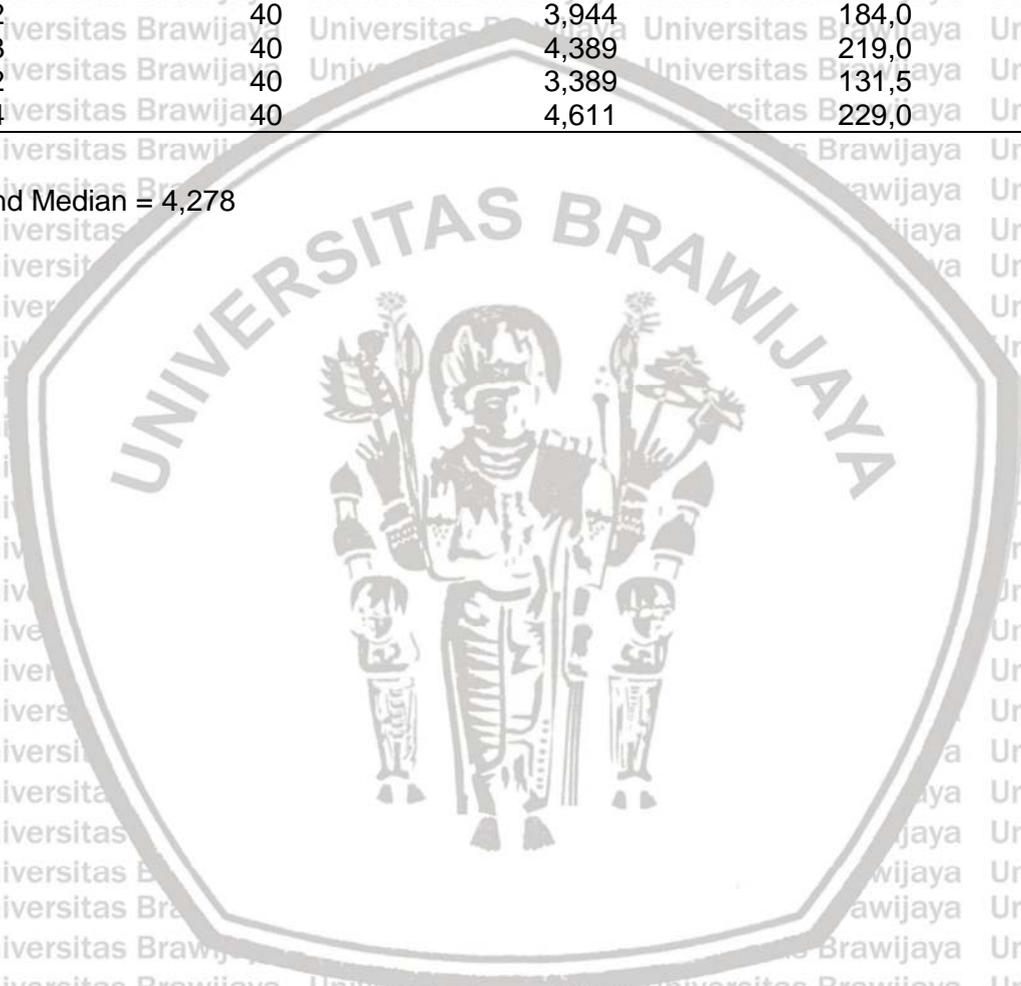


**Hasil Analisis *Friedman Test* Parameter Tekstur dengan Minitab**

S = 113,49    DF = 8    P = 0,000  
 S = 127,28    DF = 8    P = 0,000 (adjusted for ties)

Sampel	N	Est Median	Sum of Rank
171	40	3,222	127,0
264	40	3,556	144,0
438	40	6,000	328,0
515	40	4,111	184,5
621	40	5,278	253,0
702	40	3,944	184,0
813	40	4,389	219,0
972	40	3,389	131,5
974	40	4,611	229,0

Grand Median = 4,278



Lampiran 15. Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Rasa

No	Panelis	515	264	813	438	702	974	621	972	171
1	Indra	5	6	6	6	6	7	5	6	6
2	Yudi	5	4	5	5	5	5	4	5	4
3	Dian	6	6	2	2	4	2	2	4	3
4	Nadia	3	3	5	6	5	6	3	2	3
5	Dina	5	4	5	5	5	5	4	3	4
6	Ike	3	6	4	5	4	4	4	4	3
7	Ayu	4	5	3	6	6	5	4	5	4
8	Wulan	5	3	4	6	2	5	5	3	2
9	Fina	5	4	6	7	3	3	5	2	5
10	Bela	6	5	4	5	2	3	6	3	2
11	Firda	6	4	6	6	2	5	4	2	2
12	Nia	4	4	7	6	6	4	5	6	5
13	Widya	4	6	5	4	5	5	6	5	3
14	Anida	5	5	5	6	4	4	5	5	3
15	Adel	4	3	3	6	6	4	2	5	2
16	Rosa	4	5	6	5	5	5	5	5	5
17	Imas	5	2	5	5	5	6	3	4	3
18	Lina	2	4	6	5	5	3	2	3	2
19	Devi	2	2	6	7	6	3	4	6	3
20	Ana	4	5	7	6	4	2	5	5	2
21	Nina	5	4	5	6	4	4	4	3	5
22	Dinda	3	3	6	4	5	4	4	4	2
23	Risa	4	3	7	3	4	5	3	3	5
24	Putra	3	6	6	6	6	5	2	2	3
25	Via	6	4	5	5	3	5	5	2	4
26	Mulyani	4	5	6	5	3	4	3	4	4
27	Zafira	4	3	6	6	2	6	3	5	3
28	Ela	5	3	5	6	6	3	2	4	2
29	Alfi	6	4	4	5	4	3	4	4	3
30	Ima	7	6	6	6	7	5	6	7	6
31	Sahara	4	4	4	4	4	5	4	4	5
32	Setyaning	3	5	4	6	3	5	3	5	6
33	Icha	5	5	4	3	5	4	4	4	4
34	Rismiawati	4	5	6	4	5	4	4	4	3
35	Aprilia	6	6	7	6	5	6	6	7	3
36	Imamatul	6	6	5	6	3	5	5	5	6
37	Hufrotul	4	5	5	5	6	4	6	4	4
38	Ruroh	6	5	6	3	5	5	5	6	4
39	Silvi	2	5	5	4	3	5	5	6	6
40	Iha	2	2	5	3	5	2	3	3	3
	<b>Rerata</b>	4,4	4,37	5,17	5,12	4,45	4,37	4,10	4,22	3,67

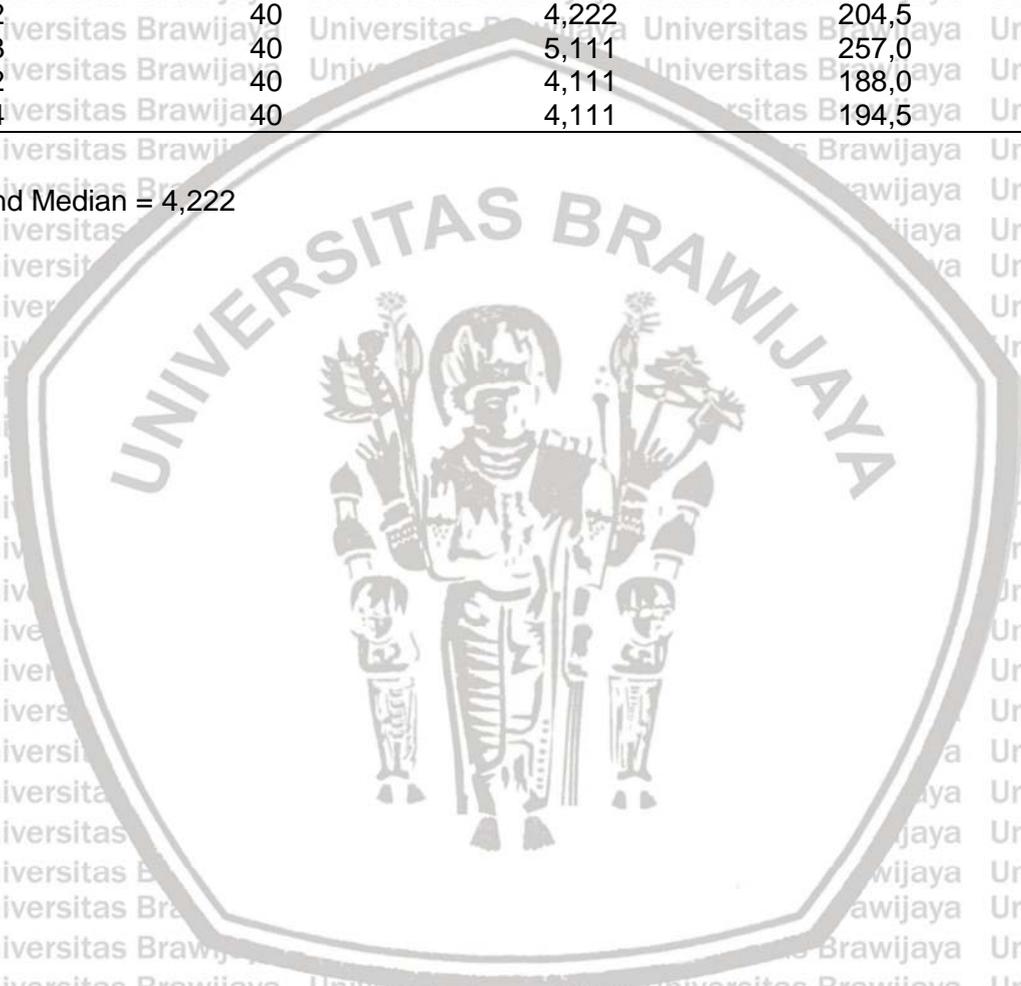


**Hasil Analisis Friedman Test Parameter Rasa dengan Minitab**

S = 35,69    DF = 8    P = 0,000  
 S = 41,22    DF = 8    P = 0,000 (adjusted for ties)

Sampel	N	Est Median	Sum of Rank
171	40	3,333	143,0
264	40	4,111	194,0
438	40	4,889	254,5
515	40	4,111	196,0
621	40	4,000	168,5
702	40	4,222	204,5
813	40	5,111	257,0
972	40	4,111	188,0
974	40	4,111	194,5

Grand Median = 4,222



Lampiran 16. Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Warna

No	Panelis	515	264	813	438	702	974	621	972	171
1	Indra	5	6	6	6	6	6	6	5	5
2	Yudi	5	4	7	4	4	4	6	3	3
3	Dian	4	4	6	5	2	6	3	2	1
4	Nadia	6	3	6	7	5	5	5	6	2
5	Dina	6	3	5	6	6	6	6	4	5
6	Ike	5	5	4	5	5	6	3	4	5
7	Ayu	5	4	6	6	6	7	6	6	3
8	Wulan	6	5	6	6	6	4	4	5	3
9	Fina	7	5	5	6	7	7	4	5	5
10	Bela	7	6	7	3	5	7	5	6	4
11	Firda	5	5	5	4	6	4	7	6	4
12	Nia	5	6	7	3	6	5	6	7	3
13	Widya	6	3	7	5	5	5	6	6	5
14	Anida	7	5	6	6	6	6	5	5	4
15	Adel	4	6	6	6	4	3	5	6	6
16	Rosa	5	6	5	6	4	6	5	4	4
17	Imas	6	2	7	4	6	5	7	5	2
18	Lina	4	3	7	4	7	6	6	6	5
19	Devi	4	4	5	5	4	6	7	6	2
20	Ana	5	4	6	4	7	4	7	5	1
21	Nina	3	5	7	3	4	3	4	6	2
22	Dinda	6	3	5	6	3	6	5	5	2
23	Risa	6	3	6	5	6	5	6	5	3
24	Putra	6	3	6	5	4	5	5	6	3
25	Via	7	5	7	5	5	5	6	4	4
26	Mulyani	7	5	7	7	5	4	6	6	1
27	Zafira	7	4	6	3	6	6	5	5	3
28	Ela	6	5	6	6	5	7	6	5	3
29	Alfi	4	3	4	5	5	4	4	6	5
30	Ima	6	7	5	7	6	7	6	6	6
31	Sahara	5	5	5	4	3	5	5	4	5
32	Setyaning	5	6	5	6	5	5	5	7	5
33	Icha	6	6	7	7	7	7	7	7	7
34	Rismiawati	6	6	6	6	6	6	6	6	7
35	Aprilia	7	5	7	3	6	7	7	6	4
36	Imamatul	7	6	7	7	6	6	6	6	6
37	Hufrotul	6	4	6	3	3	4	6	6	6
38	Ruroh	6	3	5	6	6	6	5	6	6
39	Silvi	5	6	4	6	6	6	6	4	5
40	Iha	4	4	3	5	3	3	5	4	3
	<b>Rerata</b>	5,55	4,57	5,82	5,15	5,17	5,37	5,50	5,30	3,95

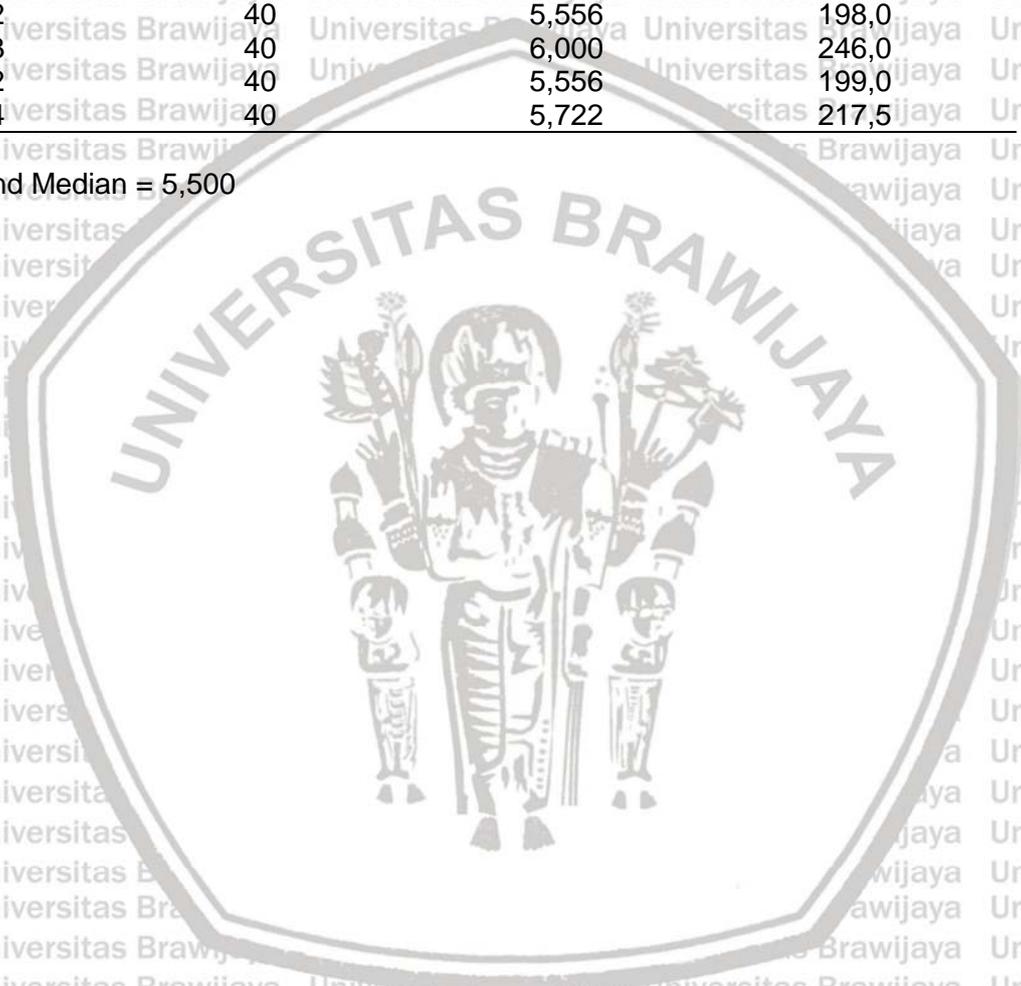


**Hasil Analisis Friedman Test Parameter Warna dengan Minitab**

S = 41,09    DF = 8    P = 0,000  
 S = 48,41    DF = 8    P = 0,000 (adjusted for ties)

Sampel	N	Est Median	Sum of Rank
171	40	4,444	118,0
264	40	4,944	159,0
438	40	5,722	211,5
515	40	5,833	231,0
621	40	5,722	220,0
702	40	5,556	198,0
813	40	6,000	246,0
972	40	5,556	199,0
974	40	5,722	217,5

Grand Median = 5,500



Lampiran 17. Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Kenampakkan

No	Panelis	515	264	813	438	702	974	621	972	171
1	Indra	4	5	6	7	5	6	5	4	3
2	Yudi	5	4	6	6	6	4	5	2	4
3	Dian	6	6	4	4	3	5	5	3	5
4	Nadia	4	3	5	7	4	6	6	3	2
5	Dina	7	7	2	4	4	7	2	4	1
6	Ike	5	3	4	6	4	7	6	2	3
7	Ayu	5	4	4	7	3	3	7	3	3
8	Wulan	6	4	3	5	4	5	4	4	2
9	Fina	4	5	2	6	5	6	7	3	3
10	Bela	5	2	1	5	6	4	7	3	5
11	Firda	5	2	6	7	5	5	6	2	3
12	Nia	6	4	3	7	6	5	5	2	5
13	Widya	7	4	3	7	5	5	5	3	5
14	Anida	6	4	6	6	5	6	5	5	4
15	Adel	5	5	5	3	4	3	4	5	3
16	Rosa	6	5	4	6	5	6	5	5	5
17	Imas	5	2	3	6	6	4	6	6	2
18	Lina	6	3	2	5	4	6	7	4	3
19	Devi	5	3	4	6	4	6	6	2	2
20	Ana	5	4	2	6	6	6	6	2	4
21	Nina	6	3	5	5	5	5	5	4	6
22	Dinda	7	5	3	6	6	6	7	5	4
23	Risa	6	5	2	5	6	7	6	4	2
24	Putra	7	6	3	7	6	5	6	2	1
25	Via	7	5	3	6	5	7	6	3	2
26	Mulyani	4	3	3	7	5	4	5	3	3
27	Zafira	3	2	2	7	6	6	7	4	2
28	Ela	4	2	4	5	4	5	7	4	2
29	Alfi	5	4	2	4	5	6	4	3	4
30	Ima	6	6	6	6	6	6	6	7	6
31	Sahara	4	4	5	5	5	5	5	3	5
32	Setyaning	2	6	3	5	3	6	6	6	3
33	Icha	6	6	6	6	6	6	6	6	4
34	Rismiawati	6	6	6	6	6	6	6	6	2
35	Aprilia	5	6	5	7	5	7	6	6	6
36	Imamatul	5	5	6	7	5	6	6	3	4
37	Hufrotul	7	6	3	5	5	6	7	7	4
38	Ruroh	5	4	3	6	7	4	5	6	3
39	Silvi	5	5	6	4	6	5	7	3	4
40	Iha	4	4	4	3	3	2	5	4	4
	<b>Rerata</b>	5,27	4,30	3,87	5,70	4,97	5,37	5,67	3,90	3,45

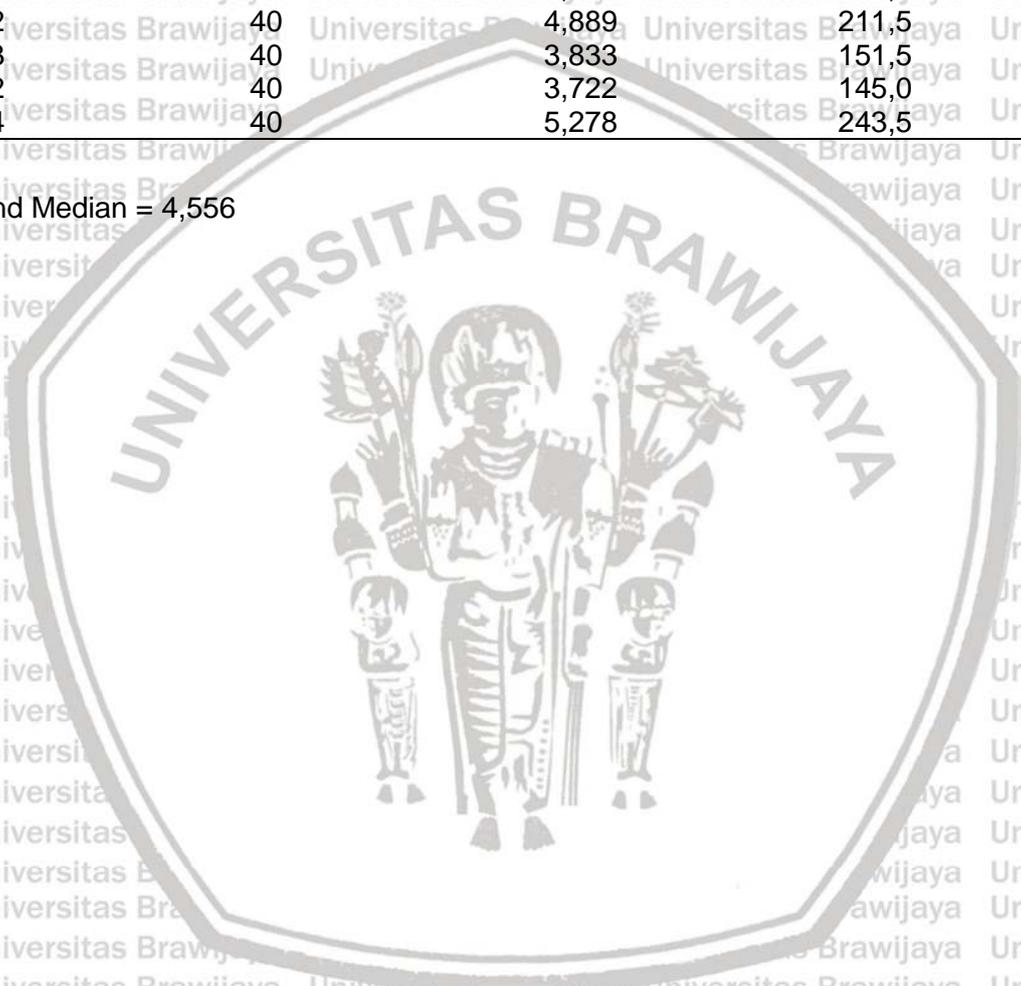


Hasil Analisis *Friedman Test* Parameter Kenampakkan dengan Minitab

S = 85,47      DF = 8      P = 0,000  
 S = 98,17      DF = 8      P = 0,000 (adjusted for ties)

Sampel	N	Est Median	Sum of Rank
171	40	3,333	116,5
264	40	4,000	163,0
438	40	5,389	265,0
515	40	5,167	240,5
621	40	5,389	263,5
702	40	4,889	211,5
813	40	3,833	151,5
972	40	3,722	145,0
974	40	5,278	243,5

Grand Median = 4,556



Lampiran 18. Hasil Uji Organoleptik Nasi Sorgum Instan Parameter Keseluruhan

No	Panelis	515	264	813	438	702	974	621	972	171
1	Indra	6	5	5	7	5	6	5	5	5
2	Yudi	5	4	5	5	5	5	5	4	4
3	Dian	5	5	3	7	2	4	4	2	2
4	Nadia	6	3	4	6	5	6	6	3	3
5	Dina	6	5	4	5	5	5	4	4	5
6	Ike	5	5	5	7	4	5	4	4	4
7	Ayu	4	3	5	6	3	4	5	3	3
8	Wulan	5	3	4	6	4	5	6	2	2
9	Fina	5	4	3	7	4	6	5	2	5
10	Bela	7	2	3	6	3	6	5	5	3
11	Firda	7	3	4	7	5	5	5	3	4
12	Nia	5	4	3	7	6	4	6	4	5
13	Widya	6	3	5	6	6	5	6	4	3
14	Anida	6	4	6	7	5	5	5	5	4
15	Adel	6	5	4	6	3	3	6	3	4
16	Rosa	5	5	5	5	4	6	6	4	4
17	Imas	4	4	5	7	4	5	5	3	2
18	Lina	4	3	3	6	5	6	6	5	3
19	Devi	5	3	4	5	5	6	6	6	4
20	Ana	6	4	4	7	4	6	6	6	3
21	Nina	5	3	5	5	5	5	5	4	2
22	Dinda	5	3	4	6	4	4	5	6	2
23	Risa	4	5	3	6	4	5	6	6	4
24	Putra	5	4	5	5	3	4	5	5	5
25	Via	7	5	3	7	6	4	6	4	2
26	Mulyani	4	5	5	6	6	6	6	5	5
27	Zafira	7	4	4	7	4	5	5	4	4
28	Ela	6	4	4	6	4	6	4	4	4
29	Alfi	5	3	5	7	6	4	5	5	4
30	Ima	7	6	4	6	6	6	6	7	3
31	Sahara	6	3	5	5	4	5	6	3	5
32	Setyaning	5	6	3	6	5	5	5	6	4
33	Icha	6	5	5	5	6	5	5	4	4
34	Rismiawati	6	5	6	5	6	5	5	6	6
35	Aprilia	6	6	4	7	5	7	6	6	6
36	Imamatul	6	6	6	6	6	6	6	3	5
37	Hufrotul	5	5	5	5	6	6	6	6	3
38	Ruroh	6	3	5	7	6	5	5	5	4
39	Silvi	3	4	4	6	4	5	6	4	5
40	Iha	4	3	5	6	3	3	4	3	4
	<b>Rerata</b>	5.4	4.125	4.35	6.1	4.65	5.1	5.325	4.325	3.825



**Hasil Analisis Friedman Test Parameter Keseluruhan dengan Minitab**

S = 97,70      DF = 8      P = 0,000  
 S = 113,85      DF = 8      P = 0,000 (adjusted for ties)

Sampel	N	Est Median	Sum of Rank
171	40	3,889	120,5
264	40	4,056	138,0
438	40	6,000	301,0
515	40	5,167	253,5
621	40	5,056	246,5
702	40	4,444	186,0
813	40	4,222	167,0
972	40	4,111	158,0
974	40	5,056	229,5

Grand Median = 4,667



Lampiran 19. Pemilihan Hasil Perlakuan Terbaik

Nilai

Parameter	Sampel									
	171	264	972	702	813	974	515	621	438	
Kadar Air	56,10	56,22	57,48	53,65	56,13	60,15	54,41	58,34	61,62	
Kadar Pati	72,78	70,79	69,25	68,09	67,30	65,73	68,33	63,90	60,82	
Kadar Amilosa	18,08	17,65	17,33	18,23	17,08	16,25	18,34	17,18	16,74	
Waktu										
Rehidrasi	8,28	6,38	6,54	5,42	5,25	5,30	4,71	4,40	4,18	
Tekstur	319,0	245,2	234,2	167,8	99,8	154,3	112,8	89,7	77,2	
Warna	3,95	4,57	5,30	5,17	5,82	5,37	5,55	5,50	5,15	
Kenampakkan	3,45	4,30	3,90	4,97	3,87	5,37	5,28	5,67	5,70	
Rasa	3,67	4,37	4,22	4,45	5,17	4,37	4,40	4,10	5,12	
Tekstur	3,45	3,57	3,47	4,07	4,50	4,75	4,15	5,02	6,15	
Overall Liking	3,82	4,12	4,32	4,65	4,35	5,10	5,40	5,32	6,10	

Hijau = Terendah

Kuning = Tertinggi

dk

Parameter	Sampel									
	171	264	972	702	813	974	515	621	438	
Kadar Air	0,910	0,912	0,933	0,871	0,911	0,976	0,883	0,947	1,000	
Kadar Pati	0,836	0,859	0,878	0,893	0,904	0,925	0,890	0,952	1,000	
Kadar Amilosa	0,899	0,921	0,938	0,891	0,951	1,000	0,886	0,946	0,971	
Waktu										
Rehidrasi	0,505	0,655	0,639	0,771	0,796	0,789	0,887	0,950	1,000	
Tekstur	0,242	0,315	0,330	0,460	0,774	0,501	0,685	0,861	1,000	
Warna	0,679	0,785	0,911	0,888	1,000	0,923	0,954	0,945	0,885	
Kenampakkan	0,605	0,754	0,684	0,872	0,679	0,942	0,925	0,995	1,000	
Rasa	0,710	0,845	0,816	0,861	1,000	0,845	0,851	0,793	0,990	
Tekstur	0,561	0,580	0,564	0,662	0,732	0,772	0,675	0,816	1,000	
Overall Liking	0,631	0,675	0,708	0,762	0,713	0,836	0,885	0,872	1,000	



1 – dk

Parameter	Sampel								
	171	264	972	702	813	974	515	621	438
Kadar Air	0,090	0,088	0,067	0,129	0,089	0,024	0,117	0,053	0,000
Kadar Pati	0,164	0,141	0,122	0,107	0,096	0,075	0,110	0,048	0,000
Kadar Amilosa	0,101	0,079	0,062	0,109	0,049	0,000	0,114	0,054	0,029
Waktu									
Rehidrasi	0,495	0,345	0,361	0,229	0,204	0,211	0,113	0,050	0,000
Tekstur	0,758	0,685	0,670	0,540	0,226	0,499	0,315	0,139	0,000
Warna	0,321	0,215	0,089	0,112	0,000	0,077	0,046	0,055	0,115
Kenampakkan	0,395	0,246	0,316	0,128	0,321	0,058	0,075	0,005	0,000
Rasa	0,290	0,155	0,184	0,139	0,000	0,155	0,149	0,207	0,010
Tekstur	0,439	0,420	0,436	0,338	0,268	0,228	0,325	0,184	0,000
Overall Liking	0,369	0,325	0,292	0,238	0,287	0,164	0,115	0,128	0,000

(1-dK) <sup>2</sup>

Parameter	Sampel								
	171	264	972	702	813	974	515	621	438
Kadar Air	0,008	0,008	0,005	0,017	0,008	0,001	0,014	0,003	0,000
Kadar Pati	0,027	0,020	0,015	0,011	0,009	0,005	0,012	0,002	0,000
Kadar Amilosa	0,010	0,006	0,004	0,012	0,002	0,000	0,013	0,003	0,001
Waktu									
Rehidrasi	0,245	0,119	0,130	0,052	0,042	0,045	0,013	0,003	0,000
Tekstur	0,574	0,469	0,449	0,291	0,051	0,249	0,099	0,019	0,000
Warna	0,103	0,046	0,008	0,012	0,000	0,006	0,002	0,003	0,013
Kenampakkan	0,156	0,060	0,100	0,016	0,103	0,003	0,006	0,000	0,000
Rasa	0,084	0,024	0,034	0,019	0,000	0,024	0,022	0,043	0,000
Tekstur	0,193	0,176	0,190	0,114	0,072	0,052	0,106	0,034	0,000
Overall Liking	0,136	0,105	0,085	0,057	0,082	0,027	0,013	0,016	0,000

dk\*λ

Parameter	Sampel								
	171	264	972	702	813	974	515	621	438
Kadar Air	0,091	0,091	0,093	0,087	0,091	0,098	0,088	0,095	0,100
Kadar Pati	0,084	0,086	0,088	0,089	0,090	0,093	0,089	0,095	0,100
Kadar Amilosa	0,090	0,092	0,094	0,089	0,095	0,100	0,089	0,095	0,097
Waktu									
Rehidrasi	0,050	0,066	0,064	0,077	0,080	0,079	0,089	0,095	0,100
Tekstur	0,024	0,032	0,033	0,046	0,077	0,050	0,068	0,086	0,100
Warna	0,068	0,079	0,091	0,089	0,100	0,092	0,095	0,095	0,088
Kenampakkan	0,061	0,075	0,068	0,087	0,068	0,094	0,093	0,099	0,100
Rasa	0,071	0,085	0,082	0,086	0,100	0,085	0,085	0,079	0,099
Tekstur	0,056	0,058	0,056	0,066	0,073	0,077	0,067	0,082	0,100
Overall Liking	0,063	0,068	0,071	0,076	0,071	0,084	0,089	0,087	0,100



$\lambda^*(1-dK)$

Parameter	Sampel								
	171	264	972	702	813	974	515	621	438
Kadar Air	0,009	0,009	0,007	0,013	0,009	0,002	0,012	0,005	0,000
Kadar Pati	0,016	0,014	0,012	0,011	0,010	0,007	0,011	0,005	0,000
Kadar Amilosa	0,010	0,008	0,006	0,011	0,005	0,000	0,011	0,005	0,003
Waktu Rehidrasi	0,050	0,034	0,036	0,023	0,020	0,021	0,011	0,005	0,000
Tekstur	0,076	0,068	0,067	0,054	0,023	0,050	0,032	0,014	0,000
Warna	0,032	0,021	0,009	0,011	0,000	0,008	0,005	0,005	0,012
Kenampakkan	0,039	0,025	0,032	0,013	0,032	0,006	0,007	0,001	0,000
Rasa	0,029	0,015	0,018	0,014	0,000	0,015	0,015	0,021	0,001
Tekstur	0,044	0,042	0,044	0,034	0,027	0,023	0,033	0,018	0,000
Overall Liking	0,037	0,032	0,029	0,024	0,029	0,016	0,011	0,013	0,000

$\lambda^2 (1-DK)^2$

Parameter	Sampel								
	171	264	972	702	813	974	515	621	438
Kadar Air	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Kadar Pati	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Kadar Amilosa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Waktu Rehidrasi	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tekstur	0,006	0,005	0,004	0,003	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000
Warna	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Kenampakkan	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Rasa	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tekstur	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000
Overall Liking	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000

Hasil Pemilihan Perlakuan Terbaik

	Sampel								
	171	264	972	702	813	974	515	621	438
L1	0,342	0,270	0,260	0,207	0,154	0,149	0,148	0,092	0,015
L2	0,015	0,010	0,010	0,006	0,004	0,004	0,003	0,001	0,000
Lmax	0,076	0,068	0,067	0,054	0,032	0,050	0,033	0,021	0,012
Perlakuan terbaik	0,433	0,348	0,337	0,267	0,190	0,203	0,184	0,114	0,027



**Lampiran 20. Paired T test Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan Perlakuan Terbaik dan Kontrol**

**Paired T-Test and CI: waktu rehidrasi kontrol; waktu rehidrasi nasi sorgum instan terbaik**

	N	Mean	StDev	SE Mean
Kontrol	3	12,657	0,526	0,303
Nasi sorgum instan terbaik	3	4,177	0,090	0,052
Difference	3	8,480	0,514	0,297

95% CI for mean difference: (7.203, 9.757)

T-Test of mean difference = 0 (vs ≠ 0): T-Value = 28.58 P-Value = 0.001

**Paired T-Test and CI: daya serap air kontrol; daya serap air nasi sorgum instan terbaik**

	N	Mean	StDev	SE Mean
Kontrol	3	98,44	1,66	0,96
Nasi sorgum instan terbaik	3	157,28	3,66	2,11
Difference	3	-58,84	4,91	2,84

95% CI for mean difference: (-71.05, -46.64)

T-Test of mean difference = 0 (vs ≠ 0): T-Value = -20.74 P-Value = 0.002

**Paired T-Test and CI: rendemen kontrol; rendemen nasi sorgum instan terbaik**

	N	Mean	StDev	SE Mean
Kontrol	3	89,67	3,51	2,03
Nasi sorgum instan terbaik	3	95,33	2,31	1,33
Difference	3	-5,67	2,08	1,20

95% CI for mean difference: (-10.84, -0.50)

T-Test of mean difference = 0 (vs ≠ 0): T-Value = -4.71 P-Value = 0.042



**Paired T-Test and CI: densitas kamba kontrol; densitas kamba nasi sorgum instan terbaik**

	N	Mean	StDev	SE Mean
Kontrol	3	0.6757	0.0581	0.0335
Nasi sorgum instan terbaik	3	0.4867	0.0134	0.0078
Difference	3	0.1890	0.0609	0.0352

95% CI for mean difference: (0.0377, 0.3403)

T-Test of mean difference = 0 (vs  $\neq$  0): T-Value = 5.38 P-Value = 0.033



Lampiran 21. Dokumentasi Penelitian



Penimbangan biji sorgum



Perendaman biji sorgum dalam larutan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$



Pencucian Biji sorgum



Perebusan biji sorgum



Pengukusan biji sorgum



Pembekuan nasi sorgum





Uji waktu rehidrasi



Uji kadar pati



Uji kadar amilosa



Uji kadar protein



Uji kadar abu



Uji kadar lemak

