

**PENGARUH LAMA PERENDAMAN BERAS SORGUM
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) DENGAN AIR *NANOBUBBLE*
TERHADAP KARAKTERISTIK NASI SORGUM INSTAN
MENGUNAKAN METODE *FREEZE DRYING***

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pasundan**

Oleh :

**AZZAHRA GIVA REFERTA
22.302.0110**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

ABSTRAK

PENGARUH LAMA PERENDAMAN BERAS SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) DENGAN AIR *NANOBUBBLE* TERHADAP KARAKTERISTIK NASI SORGUM INSTAN MENGUNAKAN METODE *FREEZE DRYING*

Oleh:

Azzahra Giva Referta

NPM: 223020110

(Program Studi Teknologi Pangan)

Sorgum merupakan salah satu komoditas sereal lokal yang berpotensi sebagai alternatif pangan pokok pengganti beras, namun pemanfaatannya sebagai nasi instan masih terkendala oleh proses hidrasi yang belum optimal selama perendaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh lama perendaman beras sorgum dengan air *nanobubble* ozon terhadap karakteristik nasi sorgum instan serta menentukan lama perendaman terbaik. Penelitian dilakukan melalui tahapan perendaman beras sorgum dalam air *nanobubble* ozon selama 1–12 jam, pembuatan nasi, pembekuan, dan pengeringan beku (*freeze drying*), dilanjutkan dengan analisis respon fisik, kimia, dan organoleptik. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktor, yaitu lama perendaman yang terdiri dari 12 taraf (1–12 jam) dengan 2 kali ulangan, sehingga diperoleh 24 satuan percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap rasio pengembangan, daya serap air, waktu rehidrasi, kadar air, kadar gula reduksi, serta atribut aroma, rasa, dan tekstur, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap densitas kamba dan atribut warna. Nilai yang diperoleh pada seluruh perlakuan (a_1 – a_{12}) berkisar antara 1,67–1,73 g/mL untuk densitas kamba, 84,21–166,67% untuk rasio pengembangan, 56,58–65,25% untuk daya serap air, 1,24–2,48 menit untuk waktu rehidrasi, 4,67–15,80% untuk kadar air, 0,05–0,59% untuk kadar gula reduksi, 1,92–2,13 untuk skor warna, 1,75–2,13 untuk skor aroma, 1,88–2,26 untuk skor tekstur, dan 1,96–2,27 untuk skor rasa. Berdasarkan metode indeks efektivitas De Garmo, perlakuan a_{10} (lama perendaman 10 jam) terpilih sebagai perlakuan terbaik dengan skor total sebesar 0,7801, dengan kadar protein sebesar 11,36% dan kadar lemak sebesar 2,20%. Hasil ini menunjukkan bahwa lama perendaman dengan air *nanobubble* ozon berperan penting dalam menentukan karakteristik nasi sorgum instan dan dapat menjadi acuan dalam pengembangan produk pangan lokal berbasis sorgum.

Kata kunci: sorgum, air *nanobubble* ozon, lama perendaman, nasi sorgum instan, *freeze drying*.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SOAKING DURATION OF SORGHUM RICE (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) WITH NANOBUBBLE WATER ON THE CHARACTERISTICS OF INSTANT SORGHUM RICE PRODUCED BY FREEZE DRYING METHOD

By:

Azzahra Giva Referta

NPM: 223020110

(Department of Food Technology)

Sorghum is one of the local cereal commodities with strong potential as an alternative staple food to substitute rice, yet its utilization as instant rice remains constrained by suboptimal hydration during the soaking process. This study aimed to determine and examine the effect of soaking duration of sorghum rice in ozone nanobubble water on the characteristics of instant sorghum rice and to determine the optimal soaking duration. The research was carried out through the stages of soaking sorghum rice in ozone nanobubble water for 1–12 hours, rice preparation, freezing, and freeze drying, followed by analysis of physical, chemical, and organoleptic responses. The experiment employed a Randomized Block Design (RBD) with a single factor, soaking duration, consisting of 12 levels (1–12 hours) with 2 replications, resulting in 24 experimental units. The results showed that soaking duration significantly affected expansion ratio, water absorption capacity, rehydration time, moisture content, reducing sugar content, and the aroma, taste, and texture attributes, but had no significant effect on bulk density or the color attribute. The values obtained across all treatments (a_1 – a_{12}) ranged from 1.67–1.73 g/mL for bulk density, 84.21–166.67% for expansion ratio, 56.58–65.25% for water absorption capacity, 1.24–2.48 minutes for rehydration time, 4.67–15.80% for moisture content, 0.05–0.59% for reducing sugar content, 1.92–2.13 for color score, 1.75–2.13 for aroma score, 1.88–2.26 for texture score, and 1.96–2.27 for taste score. Based on the De Garmo effectiveness index method, treatment a_{10} (10-hour soaking) was selected as the best treatment with a total score of 0.7801, showing a protein content of 11.36% and a fat content of 2.20%. These findings indicate that soaking duration with ozone nanobubble water plays an important role in determining the characteristics of instant sorghum rice and can serve as a reference for the development of local sorghum-based food products.

Keywords: *sorghum, ozone nanobubble water, soaking duration, instant sorghum rice, freeze drying.*

**PENGARUH LAMA PERENDAMAN BERAS SORGUM
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) DENGAN AIR *NANOBUBBLE*
TERHADAP KARAKTERISTIK NASI SORGUM INSTAN
MENGUNAKAN METODE *FREEZE DRYING***

TUGAS AKHIR

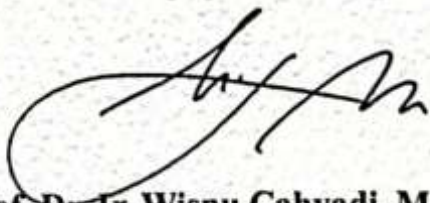
*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Azzahra Giva Referta
22.302.0110

Menyetujui :

Pembimbing



(Prof. Dr. Ir. Wisnu Cahyadi, M.Si)

**PENGARUH LAMA PERENDAMAN BERAS SORGUM
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) DENGAN AIR *NANOBUBBLE*
TERHADAP KARAKTERISTIK NASI SORGUM INSTAN
MENGUNAKAN METODE *FREEZE DRYING***

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Azzahra Giva Referta
22.302.0110

Menyetujui :

**Koordinator Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik
Universitas Pasundan**



(Rizal Maulana Ghaffar S.T., M.T.)

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Fakultas dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi ke pustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat di tulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Referta, A.G. (2026). Pengaruh Lama Perendaman Beras Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Dengan Air Nanobubble Terhadap Karakteristik Nasi Sorgum Instan Menggunakan Metode *Freeze Drying*. Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

Dan dalam Bahasa Inggris sebagai berikut:

Referta, A.G. (2026). *The Effect of Soaking Duration of Sorghum Rice (Sorghum bicolor (L.) Moench) With Nanobubble Water On The Characteristics Instant Sorghum Rice Produced By Freeze Drying Method. Bachelor's Thesis, Pasundan University.*

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya, sehingga penulis diberikan kekuatan, kesabaran, dan kesempatan untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **"Pengaruh Lama Perendaman Beras Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Dengan Air Nanobubble Terhadap Karakteristik Nasi Sorgum Instan Menggunakan Metode *Freeze drying*"**. Tanpa pertolongan-Nya, penulis menyadari bahwa seluruh proses ini tidak akan dapat dilalui dengan baik.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menghadapi proses pembelajaran yang sangat berharga. Semua itu tidak terlepas dari dukungan, doa, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan ketulusan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Wisnu Cahyadi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan serta saran yang bermanfaat kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Prof. Dr. Ir. Yusman Taufik, M.P. dan Dr. Tantan Widianegara, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I dan Dosen Penguji II yang telah memberikan saran, kritik, dan masukan kepada penulis.
3. Keluarga yang penulis cintai, terutama kedua orang tua yaitu Bapak Erlangga Cecep Herly dan Ibu Neni Iriani, serta kedua saudara penulis yang selalu memotivasi, memberi doa serta dukungan kepada penulis.

4. Kepada Elvina, Taqiyya, Nazhira, dan Intan yang telah memberikan dukungan, kebersamaan, serta bantuan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Kepada rekan penelitian “Sorgum” (Raissa, Hilal, Dani, dan Jidan) yang membersamai penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.
6. Kepada sahabat penulis Murni dan Erma yang selalu ada dan sudah penulis anggap sebagai keluarga.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pembaca serta perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknologi Pangan.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Kerangka Pemikiran.....	7
1.6 Hipotesis Penelitian.....	11
1.7 Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Sorgum	13
2.2 Nasi Instan.....	16
2.3 Teknologi <i>Nanobubble</i>	19
2.4 <i>Freeze drying</i>	23
2.5 Rancangan Acak Kelompok.....	27
2.5.1 RAK Satu Faktor (Non-Faktorial)	28
2.6 Metode Indeks Efektivitas (De Garmo)	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Bahan dan Alat Penelitian	32
3.1.1 Bahan Penelitian	32
3.1.2 Alat Penelitian	32
3.2 Metode Penelitian.....	33

3.2.1 Rancangan Perlakuan	33
3.2.2 Rancangan Percobaan	34
3.2.3 Rancangan Analisis	35
3.2.4 Rancangan Respon	36
3.2.5 Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo).....	36
3.3 Prosedur Penelitian.....	38
3.4 Jadwal Penelitian.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil Penelitian	43
4.1.1 Respon Fisik.....	43
4.1.2 Respon Kimia.....	55
4.1.3 Respon Organoleptik.....	59
4.2 Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo).....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rancangan Percobaan Faktorial	34
Tabel 2. Layout Rancangan Acak Kelompok.....	34
Tabel 3. Analisis Variansi (ANOVA) Lama Perendaman Terhadap Karakteristik Nasi Sorgum Instan.....	35
Tabel 4. Jadwal Penelitian.....	42
Tabel 5. Hasil Analisis Densitas Kamba	44
Tabel 6. Hasil Analisis Rasio Pengembangan	46
Tabel 7. Hasil Analisis Daya Serap Air	49
Tabel 8. Hasil Analisis Waktu Rehidrasi	52
Tabel 9. Hasil Analisis Kadar Air.....	55
Tabel 10. Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi	58
Tabel 11. Hasil Respon Organoleptik Atribut Warna	60
Tabel 12. Hasil Respon Organoleptik Atribut Aroma Nasi.....	62
Tabel 13. Hasil Respon Organoleptik Atribut Tekstur	64
Tabel 14. Hasil Respon Organoleptik Atribut Rasa	66
Tabel 15. Bobot Variabel, Bobot Normal, dan Arah Normalitas.....	68
Tabel 16. Data Rata-Rata Perlakuan Tiap Parameter	70
Tabel 17. Nilai Efektivitas Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Parameter	71
Tabel 18. Nilai Hasil Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Parameter	72
Tabel 19. Formulir Uji Organoleptik Mutu Hedonik Nasi Sorgum Instan	86
Tabel 20. Kebutuhan Sampel	90
Tabel 21. Kebutuhan Penelitian	90
Tabel 22. Kebutuhan Analisis Penelitian	90
Tabel 23. Data Pengujian Analisis Densitas Kamba	91
Tabel 24. Data dengan Standar Deviasi	91
Tabel 25. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Densitas Kamba.....	92
Tabel 26. Data Pengujian Analisis Rasio Pengembangan.....	93
Tabel 27. Data dengan Standar Deviasi	94
Tabel 28. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Rasio Pengembangan	94
Tabel 29. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Fisik Rasio Pengembangan	95
Tabel 30. Data Pengujian Analisis Daya Serap Air.....	96

Tabel 31. Data dengan Standar Deviasi	97
Tabel 32. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Daya Serap Air	97
Tabel 33. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Fisik Daya Serap Air	98
Tabel 34. Data Rasio Rehidrasi	99
Tabel 35. Data Pengujian Analisis Waktu Rehidrasi	100
Tabel 36. Data dengan Standar Deviasi	100
Tabel 37. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Waktu Rehidrasi	100
Tabel 38. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Fisik Waktu Rehidrasi	102
Tabel 39. Data Pengujian Analisis Kadar Air.....	103
Tabel 40. Data dengan Standar Deviasi	104
Tabel 41. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Kadar Air	104
Tabel 42. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Kimia Kadar Air	105
Tabel 43. Data Pengujian Analisis Gula Reduksi.....	107
Tabel 44. Data dengan Standar Deviasi	108
Tabel 45. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Gula Reduksi	108
Tabel 46. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Kimia Gula Reduksi	109
Tabel 47. Data Hasil Pengamatan Organoleptik Atribut Warna (Ulangan 1) ..	110
Tabel 48. Data Hasil Pengamatan Organoleptik Atribut Warna (Ulangan 2) ..	111
Tabel 49. Data Asli Pengujian Organoleptik Atribut Warna	112
Tabel 50. Data Transformasi Pengujian Organoleptik Atribut Warna.....	112
Tabel 51. Data dengan Standar Deviasi	113
Tabel 52. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Organoleptik Warna.....	113
Tabel 53. Data Asli Pengujian Organoleptik Atribut Aroma.....	114
Tabel 54. Data Transformasi Pengujian Organoleptik Atribut Aroma	114
Tabel 55. Data dengan Standar Deviasi	115
Tabel 56. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Organoleptik Aroma	115
Tabel 57. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Organoleptik Atribut Aroma...	116
Tabel 58. Data Asli Pengujian Organoleptik Atribut Tekstur.....	117
Tabel 59. Data Transformasi Pengujian Organoleptik Atribut Tekstur	117
Tabel 60. Data dengan Standar Deviasi	118
Tabel 61. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Organoleptik Tekstur	118
Tabel 62. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Organoleptik Atribut Tekstur..	119

Tabel 63. Data Asli Pengujian Organoleptik Atribut Rasa.....	120
Tabel 64. Data Transformasi Pengujian Organoleptik Atribut Rasa	120
Tabel 65. Data dengan Standar Deviasi	121
Tabel 66. Analisis Variansi (ANAVA) Analisis Organoleptik Rasa	121
Tabel 67. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Organoleptik Atribut Rasa.....	122
Tabel 68. Nilai Tertinggi dan Terendah Dari Rata-Rata Perlakuan.....	123
Tabel 69. Bobot Variabel, Bobot Normal, dan Arah Normalitas Pada Masing-Masing Parameter	124
Tabel 70. Hasil Perhitungan Nilai Efektivitas Pada Masing-Masing Perlakuan	126
Tabel 71. Perhitungan Nilai Hasil Pada Masing-Masing Perlakuan	128
Tabel 72. Ranking Perlakuan Terbaik Berdasarkan Metode Indeks Efektivitas De Garmo	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sorghum bicolor (L.) Moench.....	14
Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Penelitian	41
Gambar 3. Grafik Skor Total Penentuan Perlakuan Terbaik Pada Masing-Masing Perlakuan.....	73
Gambar 4. Dokumentasi Proses Pembuatan Nasi Sorgum Instan.....	132
Gambar 5. Dokumentasi Uji Fisik	133
Gambar 6. Dokumentasi Analisis Kimia Uji Kadar Air.....	133
Gambar 7. Dokumentasi Analisis Kimia Uji Gula Reduksi.....	134
Gambar 8. Dokumentasi Uji Organoleptik	134
Gambar 9. Analisis Kimia Uji Lemak Pada Sampel Terbaik.....	135
Gambar 10. Analisis Kimia Uji Protein Pada Sampel Terbaik	135

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rancangan Percobaan Penelitian	82
Lampiran 2. Analisis Densitas Kamba	82
Lampiran 3. Analisis Daya Serap Air	83
Lampiran 4. Analisis Rasio Pengembangan	83
Lampiran 5. Analisis Waktu Rehidrasi	84
Lampiran 6. Analisis Kadar Air Metode Gravimetri	84
Lampiran 7. Analisis Gula Reduksi Metode Luff Schoorl	85
Lampiran 8. Formulir Uji Organoleptik Mutu Hedonik Nasi Sorgum Instan..	86
Lampiran 9. Analisis Protein Metode Kjeldahl	87
Lampiran 10. Analisis Lemak Metode Soxhlet	89
Lampiran 11. Perhitungan Kebutuhan Sampel	90
Lampiran 12. Kebutuhan Bahan Penelitian	90
Lampiran 13. Kebutuhan Analisis Penelitian	90
Lampiran 14. Perhitungan Analisis Densitas Kamba	91
Lampiran 15. Perhitungan Analisis Rasio Pengembangan	93
Lampiran 16. Perhitungan Analisis Daya Serap Air	96
Lampiran 17. Perhitungan Analisis Waktu Rehidrasi	99
Lampiran 18. Perhitungan Analisis Kadar Air	103
Lampiran 19. Perhitungan Analisis Gula Reduksi	106
Lampiran 20. Data Hasil Respon Organoleptik Warna Nasi Sorgum Instan ...	110
Lampiran 21. Data Hasil Respon Organoleptik Aroma Nasi Sorgum Instan...	114
Lampiran 22. Data Hasil Respon Organoleptik Tekstur Nasi Sorgum Instan..	117
Lampiran 23. Data Hasil Respon Organoleptik Rasa Nasi Sorgum Instan.....	120
Lampiran 24. Perhitungan Penentuan Perlakuan Terbaik (Metode Indeks Efektivitas De Garmo).....	123
Lampiran 25. Perhitungan Analisis Lanjut Uji Kadar Protein	130
Lampiran 26. Perhitungan Analisis Lanjut Uji Kadar Lemak	131
Lampiran 27. Dokumentasi Proses Pembuatan Nasi Sorgum Instan	132
Lampiran 28. Dokumentasi Analisis Nasi Sorgum Instan	133
Lampiran 29. Dokumentasi Analisis Sampel Terbaik Nasi Sorgum Instan	135

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang: (1.1) Latar Belakang, (1.2) Identifikasi Masalah, (1.3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (1.4) Manfaat Penelitian, (1.5) Kerangka Pemikiran, (1.6) Hipotesis Penelitian, dan (1.7) Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1 Latar Belakang

Beras merupakan bahan pangan pokok yang berasal dari biji yang telah melalui proses penggilingan dan penyosohan sehingga siap dikonsumsi. Sebagai sumber karbohidrat utama, beras memegang peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan energi serta menjadi bagian dari kebiasaan makan sebagian besar masyarakat Indonesia (Muchtadi *et al.*, 2015).

Seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat modern yang menuntut efisiensi waktu, permintaan terhadap produk pangan instan terus meningkat. Instan didefinisikan sebagai sifat suatu produk pangan yang dapat disiapkan dan dikonsumsi dalam waktu singkat, umumnya karena kemampuannya untuk larut atau terhidrasi secara cepat tanpa memerlukan proses pemasakan yang lama (Luna *et al.*, 2015).

Pangan merupakan kebutuhan dasar manusia yang pemenuhannya menjadi hak setiap warga negara sebagaimana diamanatkan dalam Undang-Undang No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan. Kecukupan pangan tidak hanya menyangkut kuantitas, tetapi juga kualitas yang mencakup aspek gizi, keberagaman, dan keamanan konsumsi. Dalam hal ini, kualitas pangan lebih ditujukan kepada aspek gizi yang didasarkan pada diversifikasi pangan, karena pada hakikatnya tidak ada satu pun

jenis pangan yang memiliki kandungan gizi yang lengkap dan cukup (Suyastiri, 2008). Oleh karena itu, pembangunan sistem pangan nasional yang kuat harus bertumpu pada dua pilar utama, yaitu ketahanan pasokan dan keberagaman jenis pangan yang dikonsumsi masyarakat. Ketergantungan terhadap satu komoditas pangan pokok, yaitu beras, menjadikan sistem pangan Indonesia sangat mudah terguncang, baik oleh faktor iklim, fluktuasi harga global, maupun gangguan rantai pasok.

Untuk memenuhi kecukupan permintaan beras, pemerintah masih bergantung pada kebijakan impor beras, padahal ketergantungan terhadap impor merupakan suatu perangkat yang seharusnya dapat dihilangkan, terutama karena beras merupakan kebutuhan primer masyarakat (Paipan & Abrar, 2020). Data Badan Pusat Statistik, (2024) menunjukkan bahwa impor beras Indonesia mencapai sekitar 3,06 juta ton pada tahun 2023 dan meningkat menjadi sekitar 3,83 juta ton pada tahun 2024. Kondisi ini mempertegas urgensi untuk mengembangkan alternatif pangan lokal yang kuat dan mandiri.

Dalam konteks ini, diversifikasi pangan menjadi langkah strategis yang tidak dapat ditunda. Diversifikasi pangan merupakan langkah wajib agar Indonesia memiliki resiliensi terhadap guncangan produksi pangan, dan bahan baku pangan lokal seperti sorgum menjadi salah satu komoditas yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai pengganti beras (Prayudhia, 2024). Sorgum merupakan tanaman pangan penting kelima di dunia setelah padi, gandum, jagung, dan barley, dan menjadi makanan utama bagi lebih dari 750 juta orang di daerah tropis setengah

kering di Afrika, Asia, dan Amerika Latin, dan di Indonesia merupakan sereal pangan ketiga setelah padi dan jagung (Suarni, 2017).

Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) adalah tanaman yang termasuk dari famili *Gramineae* (tumbuhan). Sorgum juga merupakan salah satu jenis sereal yang tahan terhadap kekeringan, sehingga dapat tumbuh dengan ketersediaan air yang sedikit. Hal ini sangat baik untuk dibudidaya sebagai bahan pangan (Cahyadi *et al.*, 2023). Meskipun demikian, pemanfaatan sorgum sebagai pangan belum berkembang optimal. Beras sorgum berpotensi menggantikan beras sebagai makanan pokok karena kemiripan kandungan nutrisinya, namun diperlukan waktu masak yang lama, sehingga perlu dikembangkan dalam bentuk nasi sorgum instan untuk mempercepat penyajian sekaligus memperpanjang umur simpan (Ramdayani & Murtini, 2022). Dalam proses produksi nasi sorgum instan, terdapat dua tahapan kritis yang perlu dioptimasi, yaitu tahap perendaman dan tahap pengeringan.

Tahap perendaman merupakan salah satu langkah awal yang paling menentukan dalam proses instanisasi sorgum. Proses ini bertujuan untuk menghidrasi biji sorgum, melunakkan teksturnya, serta membantu melepaskan senyawa antinutrisi, terutama tanin dan asam fitat, dari matriks biji melalui mekanisme difusi sehingga mempermudah proses pemasakan dan pengeringan selanjutnya (Amrinola *et al.*, 2015).

Dalam upaya meningkatkan efektivitas perendaman, teknologi air *nanobubble* sebagai inovasi yang sangat relevan. Air *nanobubble* merupakan inovasi teknologi yang mengandung gelembung berukuran nano $< 1 \mu\text{m}$ yang terdispersi dalam media air, dengan keunggulan muatan permukaan negatif yang

tinggi, stabilitas jangka panjang, dan kemampuan meningkatkan kadar oksigen terlarut secara signifikan, serta memiliki kemampuan penetrasi lebih efektif ke dalam bahan padat. (Delvina *et al.*, 2024). Teknologi gelembung mikro dan nano mampu meningkatkan efisiensi proses berbasis air, termasuk peningkatan penyerapan nutrisi dan percepatan hidrasi bahan (Fauziah *et al.*, 2023).

Secara khusus, penggunaan gas ozon (O_3) sebagai medium gelembung dalam teknologi ini menghasilkan kemampuan oksidatif yang kuat. Ozon merupakan disinfektan kuat yang telah dinyatakan aman sebagai bahan pengawet makanan (*Generally Recognized as Safe/GRAS*) oleh FDA. Ozon merupakan disinfektan kuat yang dapat mendisinfeksi beragam mikroorganisme penyebab pembusukan, tidak meninggalkan residu berbahaya karena terurai menjadi oksigen, dan efektif terhadap berbagai mikroorganisme serta senyawa organik pada bahan pangan (Farizha *et al.*, 2021). Kombinasi antara sifat fisik *nanobubble* yang menembus struktur beras dan daya oksidasi ozon diharapkan mampu secara bersamaan mempercepat hidrasi beras sorgum selama proses perendaman.

Laju alir merupakan parameter dalam proses *nanobubble* yang mempengaruhi distribusi ukuran *bubble*, efisiensi transfer massa, dan waktu kontak antara ozon dengan substrat (Terasaka *et al.*, 2011). Laju alir yang terlalu tinggi dapat menghasilkan *bubble* dengan ukuran yang lebih besar dan stabilitas yang rendah, laju alir yang terlalu rendah dapat mengurangi kapasitas produksi dan efisiensi proses (Wang *et al.*, 2021).

Setelah perendaman dan pemasakan, tahap pengeringan beku menjadi penentu utama kualitas produk. Pengeringan beku (*freeze drying*) menghasilkan

karakteristik nasi instan yang lebih baik dibandingkan metode konvensional, ditunjukkan dengan umur simpan yang relatif panjang, densitas rendah, kadar air rendah, nilai gizi yang tinggi, serta warna, rasa, dan aroma produk yang mendekati kondisi alami bahan (Kementrian Pertanian, 2024).

Pengeringan beku merupakan metode pengeringan non-termal yang dilakukan pada suhu rendah, di mana kandungan air dalam produk yang telah dibekukan menjadi fase padat (es) kemudian diubah langsung menjadi fase gas dengan menggunakan prinsip sublimasi melalui pengendalian suhu dan tekanan (Habibi *et al.*, 2019). Mekanisme sublimasi inilah yang membuat struktur seluler bahan tetap utuh selama pengeringan, sehingga menghasilkan produk dengan porositas tinggi yang sangat menguntungkan dari sisi kemampuan rehidrasi. Dengan metode pengeringan beku, perubahan struktur dan penyusutan pada produk menjadi minimal, rehidrasi berlangsung cepat dan sempurna, partikel menjadi kering dan poros dengan densitas rendah (Kementrian Pertanian, 2024).

Sorgum memiliki potensi besar sebagai pangan alternatif, namun masih memerlukan inovasi teknologi untuk mengatasi kendala tekstur dan proses hidrasi. Penerapan teknologi *nanobubble* metode ozon diharapkan dapat menjadi solusi ilmiah untuk meningkatkan mutu nasi sorgum instan.

Meskipun teknologi *nanobubble* telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, kajian mengenai penerapannya pada proses perendaman sereal, khususnya sorgum untuk produksi nasi instan, masih sangat terbatas.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pengolahan sorgum, mendukung diversifikasi pangan

nasional, serta mengurangi ketergantungan terhadap impor beras melalui pemanfaatan komoditas lokal yang berkelanjutan serta menentukan kondisi proses yang paling optimal.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka masalah yang dapat diidentifikasi yaitu bagaimana pengaruh lama perendaman beras sorgum dengan air *nanobubble* terhadap karakteristik nasi sorgum instan.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menentukan lama perendaman beras sorgum dengan air *nanobubble* dalam pembuatan produk nasi sorgum instan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh lama perendaman beras sorgum dengan air *nanobubble* yang menghasilkan nasi sorgum instan dengan karakteristik terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi sarana pengembangan wawasan dan kemampuan analisis di bidang teknologi pengolahan pangan, khususnya dalam penerapan teknologi inovatif seperti air *nanobubble* berbasis ozon dan pengeringan beku pada komoditas sereal lokal.
2. Memberikan acuan bagi industri pangan dalam mengembangkan produk nasi sorgum instan yang lebih sehat, praktis, dan berkualitas melalui optimalisasi proses pengolahan.

3. Mendukung penguatan program diversifikasi pangan nasional, meningkatkan nilai ekonomi komoditas sorgum sebagai produk pangan fungsional yang praktis dan siap saji, serta membuka peluang pengembangan industri pangan berbahan baku lokal dan berdaya saing.

1.5 Kerangka Pemikiran

Beras yang digunakan ini adalah biji sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) *Moench*) yang telah melalui proses penyosohan (pengupasan lapisan kulit ari). Proses penyosohan penting dilakukan karena sebagian besar kandungan tanin pada sorgum terkonsentrasi pada lapisan kulit ari biji yang cukup tinggi, yakni mencapai 2,7–10,2%; selain mempengaruhi rasa, tanin juga bersifat antigizi sehingga perlu diupayakan penurunannya serendah mungkin (Suarni, 2012). Proses perendaman merupakan proses awal dalam usaha menurunkan bermacam-macam kandungan antinutrisi.

Dari sisi komposisi pati, sorgum memiliki kandungan amilosa dan amilopektin yang memengaruhi karakteristik tekstur dan kemudahan rehidrasi produk instan yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar amilosa maka kekerasan meningkat dan elastisitas beras semakin rendah sehingga berpengaruh terhadap waktu rehidrasi, yaitu waktu yang dibutuhkan bahan pangan kering untuk menyerap air hingga mendekati kondisi awalnya, ditandai oleh tercapainya tekstur dan kadar air tertentu.

Gula reduksi pada beras sorgum merupakan produk pemecahan pati yang terbentuk selama proses pengolahan dan sangat dipengaruhi oleh lama serta kondisi perendaman, perebusan, serta pengeringan. Kadar gula reduksi menjadi salah satu

indikator derajat modifikasi pati selama proses produksi nasi instan (Luna *et al.*, 2015).

Perendaman merupakan tahapan kritis dalam produksi nasi sorgum instan berbasis sereal. Selain bertujuan untuk melunakkan beras agar proses pemasakan lebih mudah dan merata, perendaman juga berfungsi untuk menginduksi gelatinisasi awal pati dan mereduksi kandungan antinutrisi. Pada pembuatan nasi sorgum instan, perendaman sorgum sosoh dalam larutan Na_2CO_3 0,3% selama 8 jam secara efektif menurunkan kadar tanin (Widowati, 2010), dan lama perendaman 8–12 jam pada sorgum menghasilkan penurunan tanin dan asam fitat yang optimal (Ramdayani & Murtini, 2022). Berdasarkan referensi tersebut, dalam penelitian ini dipilih 12 taraf lama perendaman yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam, 7 jam, 8 jam, 9 jam, 10 jam, 11 jam, dan 12 jam.

Media perendaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah air *nanobubble* dengan ozon (O_3). *Nanobubble* adalah gelembung gas berukuran nano (diameter $< 1 \mu\text{m}$) yang memiliki stabilitas tinggi, tekanan internal besar, dan rasio luas permukaan terhadap volume yang sangat besar, karakteristik ini memungkinkan peningkatan luas area kontak, perubahan sifat fisikokimia medium perendaman, dan peningkatan efisiensi transfer massa (Javed *et al.*, 2023). Penggunaan ozon dalam *nanobubble* memberikan keunggulan ganda, yaitu sebagai agen oksidatif kuat yang mampu mendegradasi senyawa antinutrisi, sekaligus sebagai *sanitizer* alami tanpa meninggalkan residu kimia. *Nanobubble* meningkatkan kelarutan gas, meningkatkan transfer massa dan kontak permukaan, sehingga memungkinkan disinfeksi yang lebih efisien dan merata (Sitoe *et al.*,

2025). Pada proses ini pembentukan *nanobubble* ozon menggunakan kecepatan alir optimum 1 L/menit selama 60 menit untuk menghasilkan distribusi gelembung yang stabil dan efektif dalam media perendaman (Wang *et al.*, 2021).

Dari perspektif pengolahan biji-bijian, ozon memiliki potensi oksidasi yang tinggi (2,07 V), melebihi klorin (1,36 V), menjadikannya agen efektif untuk pengendalian mikroba. Setelah aplikasi, ozon terurai menjadi oksigen sehingga tidak meninggalkan residu pada matriks pangan (Sitoe *et al.*, 2025). Dengan sifat penetrasi air *nanobubble* yang superior akibat ukuran gelembung yang sangat kecil dan tekanan zeta potensial negatif yang tinggi, air *nanobubble* ozon diharapkan mampu berdifusi lebih dalam ke dalam matriks beras sorgum dibandingkan perendaman konvensional. Hal ini akan mempercepat proses hidrasi pati, mempercepat peluruhan antinutrisi yang larut dalam air, serta mengoptimalkan modifikasi fisikokimia beras sorgum selama perendaman.

Setelah beras sorgum direndam, dimasak, dan dibekukan, tahapan pengeringan beku (*freeze drying*) menjadi penentu utama karakteristik fisik dan kimia akhir nasi sorgum instan. Lama pengeringan beku secara langsung menentukan kadar air akhir produk, yang pada akhirnya memengaruhi stabilitas produk selama penyimpanan, waktu rehidrasi, serta seluruh parameter fungsional.

Standar kadar air nasi instan yang baik umumnya tidak melebihi 12% bb. Lama pengeringan beku sangat menentukan kadar air akhir produk, semakin lama pengeringan, maka kadar air akan semakin rendah hingga mencapai titik *equilibrium*. Pada penelitian nasi instan dengan variasi suhu dan lama pembekuan, nasi instan terbaik mengandung kadar air 61,62% (sebelum dikeringkan) sehingga

proses pengeringan menjadi sangat krusial untuk mendapatkan produk kering yang stabil (Ramdayani & Murtini, 2022).

Perlakuan terbaik pada nasi instan menggunakan suhu pembekuan -20°C dan lama pembekuan 24 jam, menghasilkan karakteristik kadar air 61,62%, waktu rehidrasi 4,18 menit, daya serap air 157,28%, densitas kamba 0,48 g/ml, dan rendemen 95,33% (Ramdayani & Murtini, 2022). *Freeze drying* juga menunjukkan bahwa kadar air produk akhir yang ideal berkisar pada 6–12% untuk menjamin stabilitas produk selama penyimpanan (Prasetya & Yastanto, 2023).

Pada karakteristik beras sorgum yang lebih padat dibandingkan beras biasa, pengeringan 14 jam ditetapkan sebagai batas atas untuk memastikan pencapaian kadar air terendah yang mendekati batas syarat produk instan ($\leq 12\%$ bb).

Perendaman yang lebih lama dengan air *nanobubble* ozon dapat meningkatkan aktivitas enzimatis amilase endogen yang memecah pati menjadi gula sederhana, sehingga lama perendaman berpengaruh terhadap kadar gula reduksi produk akhir. Selain itu, proses pengeringan dengan suhu tinggi atau durasi panjang pada metode konvensional dapat memicu reaksi *maillard*, pada *freeze drying*, degradasi gula reduksi lebih minimal karena berlangsung pada suhu rendah.

Lama pengeringan beku yang lebih panjang umumnya menghasilkan struktur yang lebih berpori dan densitas kamba yang lebih rendah. Pada nasi instan dari beras amilosa rendah, densitas kamba yang dihasilkan adalah 0,62 g/mL dengan waktu rehidrasi 4,59 menit dan volume pengembangan 30,89% (Widowati, Asni, *et al.*, 2020). Lama perendaman dengan air *nanobubble* ozon memengaruhi daya serap air karena menentukan derajat gelatinisasi awal pati, semakin

tergelatinisasi pati, semakin tinggi kemampuan hidrasi produk kering. Pada penelitian nasi instan, daya serap air terbaik yang diperoleh adalah 157,28% pada kondisi pembekuan -20°C selama 24 jam (Ramdayani & Murtini, 2022).

Karakteristik fisik nasi sorgum instan terpilih mencakup rasio volume pengembangan sebesar 209,17–223,72%, menunjukkan kemampuan pengembangan yang baik sebagai produk instan. Karakteristik nasi instan yang baik ditunjukkan oleh densitas kamba yang rendah (0,57 g/mL), waktu rehidrasi yang singkat (14,34 menit untuk nasi gurih instan), rasio rehidrasi 2,86, dan rasio volume pengembangan 2,26 (Wardhani *et al.*, 2024). Lama perendaman yang lebih panjang dan lama pengeringan beku yang lebih optimal diharapkan dapat menghasilkan waktu rehidrasi yang lebih singkat karena struktur granula pati yang lebih berpori dan terbuka (Ramdayani & Murtini, 2022).

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak kelompok satu faktor dengan 12 taraf, sehingga didapatkan 12 perlakuan dengan dua kali ulangan dan 24 satuan percobaan yang dilanjutkan dengan uji lanjut duncan, apabila analisis yang dilakukan terdapat pengaruh rata-rata dari masing-masing perlakuan (Gaspersz, 1995).

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, maka dapat diduga bahwa lama perendaman beras sorgum dengan air *nanobubble* berpengaruh terhadap karakteristik nasi sorgum instan menggunakan metode *freeze drying*.

1.7 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di :

1. Laboratorium Penelitian Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung yang berlokasi di Jalan Dr, Setiabudi No. 193 Bandung.
2. Sein Farm Bandung yang berlokasi di Jalan Sekamala, Kelurahan Pasanggrahan, Kecamatan Ujungberung, Bandung.

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Mei 2026 hingga selesai.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang: (2.1) Sorgum, (2.2) Nasi Instan, (2.3) Teknologi *Nanobubble*, (2.4) *Freeze drying*, (2.5) Rancangan Acak Kelompok, dan (2.6) Metode Indeks Efektivitas (De Garmo).

2.1 Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan tanaman serealia yang termasuk dalam famili *Gramineae*, seperti padi, jagung, gandum, dan tanaman lain seperti bambu dan tebu (Kusmiadi, 2011). Sorgum berpotensi untuk pengembangan di areal yang sangat luas meliputi daerah beriklim kering atau musim hujannya pendek serta tanah yang kurang subur. Sorgum mempunyai potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber pangan alternatif pengganti beras di Indonesia karena mempunyai daerah adaptasi yang luas. Data terakhir yang didapatkan dari Direktorat Budidaya Serealia, Ditjen Tanaman Pangan pada tahun 2012 menyatakan bahwa luas panen sorgum di Indonesia mencapai 3.607 ha dengan produksi sorgum mencapai 7.695 ton (Cahyadi *et al.*, 2023). Tanaman sorgum memiliki taksonomi sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i> (Tumbuhan berpembuluh)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Superdivisi	: <i>Spermatophyta</i> (Menghasilkan biji)
Class	: <i>Liliopsida</i> (Berkeping satu/monokotil)
Ordo	: <i>Poales</i>
Famili	: <i>Poaceae</i> (Suka rumput-rumputan)

Genus : *Sorghum*

Spesies : *Sorghum bicolor* (L.) Moench



Gambar 1. *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Keunggulan sorgum dibandingkan tanaman pangan lainnya sangat menonjol dari aspek adaptabilitas lingkungan. Sorgum cukup toleran terhadap tanah yang kurang subur atau tanah kritis, sehingga lahan-lahan yang kurang produktif atau lahan tidur dapat dimanfaatkan untuk budidaya sorgum. Sifat sorgum yang tahan kekeringan dan genangan air menjadi nilai unggul untuk tanaman ini karena mampu dibudidayakan pada lahan marginal serta relatif tahan terhadap gangguan hama dan penyakit (Sulistyowati *et al.*, 2022). Keunggulan lainnya meliputi kemampuan ratun, yakni tumbuh kembali setelah dipanen tanpa perlu menanam ulang.

Dari sisi komposisi gizi, sorgum mengandung karbohidrat sekitar 70%, protein 8–12% yang setara dengan terigu atau lebih tinggi dibandingkan beras (6–10%), serta lemak 2–6% yang lebih tinggi dibandingkan beras (0,5–1,5%). Sorgum juga kaya akan berbagai mineral esensial, seperti fosfor, magnesium, kalsium, zat

besi, zinc, tembaga, mangan, molibdenum, dan kromium (Widowati, 2010). Kandungan beras sorgum bergantung pada varietas dan lokasi penanaman, beras sorgum juga mengandung serat pangan, mineral, dan senyawa bioaktif seperti polifenol yang berfungsi sebagai antioksidan (Suarni, 2017).

Selain komponen gizi utama, keunggulan sorgum sebagai bahan baku pangan terletak pada kandungannya yang serat tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendukung program ketahanan pangan nasional. Sorgum juga mengandung senyawa bioaktif seperti polifenol, flavonoid, dan tanin yang memiliki aktivitas antioksidan. Senyawa antioksidan ini berperan dalam menangkal radikal bebas dalam tubuh (Awika & Rooney, 2004).

Di balik berbagai keunggulannya, masalah utama penggunaan beras sorgum sebagai bahan pangan maupun pakan adalah kandungan tanin yang cukup tinggi, yakni mencapai 2,7–10,2%, selain memengaruhi rasa menjadi sepat dan pahit, juga bersifat antigizi sehingga perlu diupayakan penurunannya serendah mungkin. Kekurangan lain yang dirasakan secara langsung oleh konsumen adalah tekstur beras sorgum yang lebih keras dibandingkan beras, waktu masak yang lebih lama, dan warna nasi yang keabu-abuan atau kecokelatan yang belum sepenuhnya diterima masyarakat yang terbiasa mengonsumsi nasi putih (Suarni, 2012). Meskipun demikian, seluruh kendala ini sesungguhnya dapat diatasi melalui inovasi teknologi pengolahan yang tepat termasuk penyosohan, perendaman, dan instanisasi.

Sifat fisik beras sorgum yang keras menjadi salah satu kendala utama dalam pengolahannya menjadi produk pangan, terutama produk berbasis nasi seperti nasi

sorgum instan. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan pendahuluan seperti perendaman untuk meningkatkan hidrasi beras. Proses perendaman memungkinkan terjadinya difusi air ke dalam jaringan beras, sehingga beras menjadi lebih lunak dan mudah diproses lebih lanjut (Fellows, 2009).

Selama proses perendaman, terjadi beberapa fenomena fisik dan kimia, antara lain penyerapan air, pelunakan jaringan, serta pelarutan sebagian komponen seperti gula sederhana dan senyawa antinutrisi. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses perendaman meliputi suhu, waktu, rasio air terhadap bahan, serta kondisi aliran fluida. Semakin baik distribusi air, maka proses hidrasi beras akan berlangsung lebih cepat dan merata.

Dalam konteks pengembangan produk pangan, khususnya nasi sorgum instan, optimasi proses perendaman menjadi sangat penting untuk menghasilkan produk dengan tekstur yang lebih baik, waktu rehidrasi yang cepat, serta kualitas sensoris yang dapat diterima oleh konsumen.

2.2 Nasi Instan

Dalam era modern ini makanan cepat saji sangat diperlukan, sebab semakin banyak individu yang menjalani kehidupan yang padat dan minim waktu luang. Saat ini, konsumen lebih memilih produk makanan yang praktis, baik berbentuk instan atau siap saji serta memiliki nilai fungsional bagi kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan produk-produk yang dapat dipersiapkan dalam waktu singkat dan mudah, melalui diversifikasi pangan yang menghasilkan makanan yang instan (Luna *et al.*, 2015). Karakteristik penting yang harus dimiliki oleh produk makanan instan adalah kemampuan hidrofilik (mampu mengikat air dengan baik).

Instanisasi merupakan istilah yang mencakup berbagai jenis perlakuan, baik dari segi fisik maupun kimia, yang dapat mengubah dan meningkatkan sifat hidrasi suatu produk pangan yang berbentuk serbuk. Dengan demikian, pangan instan adalah bahan makanan yang telah melalui proses pengeringan sehingga dapat dengan mudah direhidrasi dan siap disajikan hanya dengan menambah air (Widowati, Asni, *et al.*, 2020).

Nasi sorgum instan adalah produk pangan berbasis sereal yang telah melalui proses *precooking* kemudian dikeringkan sehingga dapat disimpan dalam waktu lama, namun dapat disajikan kembali hanya dalam waktu 3–5 menit dengan penambahan air panas. Nasi instan adalah nasi cepat masak yang memiliki ciri khas butir beras yang berpori (*porous*) (Widowati, Sasmitaloka, *et al.*, 2020). Porositas inilah yang menjadi kunci utama kemampuan rehidrasi produk, semakin berpori struktur nasi instan, semakin cepat air dapat meresap kembali ke dalam granula pati saat produk diseduh dengan air panas, sehingga menghasilkan nasi yang mendekati tekstur dan cita rasa nasi yang baru dimasak.

Secara umum, proses pembuatan nasi instan melibatkan serangkaian tahapan yang saling berkaitan dan masing-masing memiliki peran spesifik dalam membentuk karakteristik produk akhir. Proses pembuatan nasi instan umumnya melibatkan perendaman, pencucian, pemasakan, pendinginan, pembekuan, *thawing*, dan pengeringan dengan berbagai metode; metode pengeringan yang dapat digunakan beragam seperti *cabinet drying*, *fluidized bed drying*, *freeze drying*, dan *microwave drying*, masing-masing dengan suhu dan waktu yang

berbeda bergantung pada jenis nasi dan kadar air yang ditargetkan (Rachmawati *et al.*, 2025).

Tahap perendaman merupakan langkah paling awal sekaligus paling kritis karena menentukan derajat hidrasi beras, menginduksi gelatinisasi awal pati, dan membantu melepaskan senyawa antinutrisi dari matriks biji melalui difusi. Tahap pemasakan bertujuan mencapai gelatinisasi pati yang sempurna sehingga granula pati mengembang maksimal dan menyerap air secara penuh. Setelah pemasakan, nasi dibekukan untuk membentuk kristal es di dalam matriks butiran, ketika kristal es tersebut kemudian disublimasikan melalui pengeringan beku, akan terbentuk rongga-rongga pori bagi kemampuan rehidrasi produk.

Nasi instan umumnya dikemas dalam kantong plastik laminasi aluminium dan dapat disajikan kembali hanya dengan pemanasan menggunakan air panas selama 3–5 menit atau microwave selama 1–2 menit setelah kemasan dilubangi. Suhu dan lama pembekuan berpengaruh nyata terhadap karakteristik kimia dan fisik nasi sorgum instan, perlakuan terbaik didapatkan pada produk dengan suhu pembekuan -20°C dan lama pembekuan 24 jam, menghasilkan kadar air 61,62%, waktu rehidrasi 4,18 menit, daya serap air 157,28%, densitas kamba 0,48 g/mL, dan rendemen 95,33% (Ramdayani & Murtini, 2022).

Nasi sorgum instan memiliki karakteristik yang sama dengan produk cepat saji lainnya, yaitu cepat dan mudah disediakan. Produk tersebut harus dapat disiapkan dengan cepat (sekitar 5 menit) dan disajikan dengan mudah. Nasi sorgum instan dapat dikonsumsi sebagaimana nasi dari beras (padi), dengan waktu penyajian yang sangat singkat dan praktis. Nasi cepat masak atau nasi instan harus

memiliki rasa, aroma, dan tekstur yang sebanding dengan nasi biasa (tanpa proses instanisasi) (Domas, 2021).

2.3 Teknologi *Nanobubble*

Teknologi *nanobubble* merupakan salah satu teknologi terbaru dalam aplikasi industri pangan. *Nanobubble* adalah gelembung gas berukuran sangat kecil dengan diameter $<1\ \mu\text{m}$ yang terdispersi dalam cairan (ISO, 2017). Gelembung ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan gelembung konvensional seperti *mikrobubble* maupun *makrobubble*. Perbedaan tersebut mencakup tingkat stabilitas yang jauh lebih tinggi, luas permukaan kontak yang besar, tekanan internal yang tinggi, dan waktu tinggal yang panjang di dalam larutan tanpa mengalami flotasi ke permukaan. Stabilitas *nanobubble* dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme sekaligus, di antaranya adanya muatan permukaan negatif yang mencegah terjadinya koalesensi antar gelembung, tekanan *laplace* yang tinggi, serta terbentuknya lapisan hidrat di sekeliling permukaan gelembung yang menghambat difusi gas keluar dari gelembung (Agarwal *et al.*, 2011).

Teknologi *nanobubble* telah diterapkan secara luas di berbagai bidang, mulai dari pengolahan air limbah, akuakultur, dan pertanian, hingga pengolahan pangan dan biomedis. Pada aplikasi *nanobubble* ozon, parameter proses seperti kecepatan alir gas dan lama pembentukan gelembung menjadi faktor penting yang menentukan kestabilan dan efektivitas sistem. Kecepatan alir optimum sebesar 1 L/menit dengan waktu proses 60 menit dilaporkan mampu menghasilkan distribusi *nanobubble* yang stabil dan efektif dalam meningkatkan transfer massa gas di dalam medium cair (Javed *et al.*, 2023).

Dari sisi karakteristik fisik, gelembung berukuran nano memiliki kecepatan naik ke permukaan yang sangat lambat, sehingga mampu bertahan dalam larutan jauh lebih lama dibandingkan gelembung berukuran lebih besar (Fan *et al.*, 2019). Selain itu, muatan permukaan negatif yang tinggi pada *nanobubble* berkontribusi pada stabilitas dispersinya dalam air, sementara kemampuannya meningkatkan kadar oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) secara signifikan menjadikannya lebih efektif dibandingkan sistem aerasi konvensional (Wang *et al.*, 2021). Karakteristik lainnya, yaitu ukuran yang sangat kecil dan waktu retensi yang diperpanjang dalam air, memungkinkan penghilangan polutan maupun senyawa yang tidak diinginkan, termasuk senyawa antinutrisi pada bahan pangan berlangsung lebih efisien dibandingkan dengan metode aerasi gelembung konvensional (Thom *et al.*, 2024).

Kemampuan air *nanobubble* dalam meningkatkan oksigenasi tidak hanya relevan dalam konteks industri dan pertanian, tetapi juga menjadi dasar ilmiah bagi penerapannya dalam proses pengolahan pangan, khususnya pada tahap perendaman bahan berbasis sereal. Peningkatan ketersediaan oksigen terlarut dalam medium perendaman dapat menstimulasi aktivitas biologis dan kimiawi di dalam biji, termasuk aktivitas enzim amilase endogen yang berperan dalam modifikasi pati awal (Fan *et al.*, 2019). Prinsip peningkatan transfer massa pada sistem *nanobubble* inilah yang menjadi landasan utama penggunaannya dalam proses perendaman beras sorgum pada penelitian ini.

Mekanisme kerja *nanobubble* dalam medium cair melibatkan beberapa proses fisik, kimia, dan biologis yang berjalan secara simultan. Proses yang paling

mendasar adalah transfer massa yang superior, di mana ukuran *nanobubble* yang sangat kecil menghasilkan rasio luas permukaan terhadap volume yang sangat besar, sehingga efisiensi transfer gas ke dalam cairan maupun ke dalam matriks bahan padat menjadi jauh lebih tinggi dibandingkan sistem gelembung konvensional (Agarwal *et al.*, 2011). Dalam konteks perendaman beras sorgum, mekanisme ini secara langsung meningkatkan penetrasi air yang lebih cepat dan merata ke dalam struktur biji yang padat, mengoptimalkan difusi senyawa antinutrisi seperti tanin dan asam fitat keluar dari matriks biji, serta mempercepat terjadinya hidrasi granula pati sebelum proses pemasakan dimulai.

Dimensi paling krusial dari teknologi *nanobubble* yang diterapkan dalam penelitian ini adalah penggunaan ozon (O_3) sebagai gas pengisi gelembung. Ozon merupakan bentuk reaktif dari oksigen dengan potensial oksidasi sangat tinggi yaitu 2,07 V. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan klorin yang hanya sebesar 1,36 V, sehingga ozon diakui sebagai disinfektan yang sangat efektif dalam proses pengolahan air maupun pangan (Gunten, 2003). Secara mekanis, ozon bekerja melalui dua jalur oksidasi yang berbeda namun saling melengkapi. Pertama, jalur oksidasi langsung (*direct oxidation*), yaitu molekul ozon bereaksi langsung dengan senyawa organik dan mikroorganisme melalui reaksi elektrofilik yang selektif. Kedua, jalur oksidasi tidak langsung (*indirect oxidation*), yaitu molekul ozon terurai di dalam air dan menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot OH$) yang memiliki potensial oksidasi lebih tinggi lagi (2,80 V) dan bersifat non-selektif, sehingga mampu mengoksidasi hampir semua jenis senyawa organik dan anorganik yang ada dalam medium (Rekhate & Srivastava, 2020). Keunggulan penting ozon yang

membedakannya dari disinfektan kimia lainnya adalah sifatnya yang tidak meninggalkan residu berbahaya setelah aplikasi, karena ozon akan terurai secara alami menjadi oksigen (O_2) sehingga produk pangan yang diproses tetap aman untuk dikonsumsi (Sitoe *et al.*, 2025).

Ketika ozon dikombinasikan dengan teknologi *nanobubble*, sinergi yang dihasilkan memberikan keunggulan yang jauh melebihi kemampuan masing-masing teknologi secara terpisah. Sistem *nanobubble* ozon memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan ozonisasi konvensional, meliputi efisiensi transfer massa ozon yang lebih tinggi, waktu kontak yang lebih panjang antara ozon dan permukaan bahan, distribusi ozon yang lebih merata di seluruh medium, serta kemampuan penetrasi yang lebih baik ke dalam matriks bahan yang kompleks. Luas permukaan kontak pada *nanobubble* yang jauh lebih besar dibandingkan *mikrobubble* pada volume gas yang setara secara signifikan meningkatkan kecepatan reaksi oksidasi yang terjadi (Takahashi, 2005). Lebih dari itu, keruntuhan *nanobubble* di dalam larutan dapat menciptakan kondisi ekstrem lokal berupa suhu dan tekanan tinggi sesaat yang turut berkontribusi pada peningkatan pembentukan radikal bebas dan efektivitas oksidasi secara keseluruhan (Takahashi *et al.*, 2007). Keberadaan *nanobubble* juga meningkatkan proses ozonasi melalui peningkatan koefisien transfer massa, peningkatan pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS), serta peran antarmuka gelembung sebagai permukaan aktif untuk reaksi kimia (Agarwal *et al.*, 2011). Kemampuan antimikroba dari sistem *nanobubble* ozon ini sangat relevan dalam konteks pengolahan pangan, karena dapat meminimalkan

kontaminasi mikrobiologis selama proses perendaman berlangsung tanpa memerlukan penambahan bahan kimia tambahan.

Dalam lingkup regulasi keamanan pangan, penggunaan ozon telah mendapatkan pengakuan resmi dengan ditetapkan status GRAS (*Generally Recognized as Safe*) oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA). Status ini memberikan landasan hukum dan keamanan yang kuat bagi penerapan ozon dalam industri pangan secara komersial. Aplikasi ozon dalam industri pangan mencakup beragam kegunaan, antara lain desinfeksi permukaan produk segar, pengurangan beban mikroba pada peralatan pengolahan, peningkatan keamanan pangan dengan menekan pertumbuhan patogen seperti *Salmonella* dan *E. coli*, serta perpanjangan masa simpan produk (Farizha *et al.*, 2021). Penelitian menunjukkan bahwa pencucian produk sayuran menggunakan air ozon mampu memperpanjang masa simpan hingga 30% melalui penurunan jumlah bakteri pada produk (Shin & Sobsey, 2003).

2.4 Freeze drying

Pengeringan merupakan proses pengeluaran atau pengurangan kandungan air dari matriks pangan hingga batas tertentu dengan tujuan memperpanjang umur simpan produk. Prinsip dasar pengeringan adalah pengurangan kadar air bahan sehingga daya simpan menjadi lebih lama, perpanjangan daya simpan terjadi karena aktivitas mikroba dan enzim menurun akibat ketersediaan air yang dibutuhkan untuk aktivitasnya tidak mencukupi. Selain itu, produk yang sudah kering harus dijaga agar kadar airnya tetap rendah selama penyimpanan. Berkurangnya kadar air akan menyebabkan turunnya nilai aktivitas air (A_w), dan nilai A_w yang rendah pada

umumnya akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme, menginaktivasi enzim, serta mencegah berbagai potensi reaksi kimia dan biokimia yang menjadi penyebab penurunan mutu pangan. Maka pangan yang dikeringkan akan lebih stabil dan memiliki umur simpan lebih lama. Selain itu, proses pengeringan juga menyebabkan bahan mengalami penyusutan massa dan volume sehingga produk hanya membutuhkan ruang penyimpanan yang relatif lebih kecil dibandingkan produk segar (Asiah & Djaeni, 2021).

Berbagai peralatan pengeringan mekanis telah dikembangkan untuk menggantikan pengeringan sinar matahari yang bersifat tidak terkontrol, seperti *trucked-tray dryer*, *drum dryer*, *spray dryer*, *vacuum dryer*, hingga *freeze dryer*. Di antara seluruh metode tersebut, pengeringan beku (*freeze drying*) diakui sebagai teknik pengolahan pangan non-termal yang menghasilkan kualitas produk terbaik. Pengeringan beku merupakan metode pengeringan dengan kualitas produk terbaik, yaitu umur simpan relatif panjang, densitas rendah, kadar air rendah, nilai gizi yang tinggi, serta warna, aroma, dan rasa produk pangan yang normal dan relatif tetap mendekati kondisi alami bahan (Meo & Tokan, 2023).

Pengeringan beku (*freeze drying*) dapat menghasilkan nasi instan dengan struktur yang berpori (*porous*), sedangkan pengeringan *oven* konvensional tidak. Hal ini disebabkan oleh perbedaan mendasar dalam mekanisme pengeringan kedua metode tersebut. Pada pengeringan beku, proses pengeringan dilakukan dengan menurunkan suhu dan tekanan sehingga air dalam nasi berubah langsung dari fase padat (es) menjadi uap melalui proses sublimasi tanpa melewati fase cair. Proses sublimasi ini meninggalkan ruang kosong berupa pori-pori dalam struktur nasi,

sehingga nasi instan menjadi berpori dan memiliki densitas yang rendah. Porositas ini memudahkan penetrasi air saat rehidrasi sehingga waktu rehidrasi menjadi lebih singkat. Sebaliknya, pada pengeringan oven konvensional yang dilakukan dengan pemanasan pada suhu lebih tinggi, air dalam nasi menguap melalui fase cair terlebih dahulu. Proses ini menyebabkan penyusutan dan pengerutan struktur nasi sehingga pori-pori tidak terbentuk atau hilang, menghasilkan produk nasi instan yang lebih padat. Pengolahan nasi instan dengan metode pengeringan beku dapat menghasilkan karakteristik nasi instan yang lebih baik dibandingkan dengan metode pengeringan konvensional, ditunjukkan dengan nilai densitas kamba dan waktu rehidrasi yang lebih kecil, rasio rehidrasi yang lebih tinggi, serta kadar air, abu, lemak, dan protein yang lebih rendah dengan karbohidrat yang lebih tinggi.

Teknik *freeze drying* dilakukan dengan menghilangkan kandungan air di dalam produk pangan melalui tiga langkah utama, yaitu pembekuan, kemudian sublimasi untuk mengubah fase padat (es) menjadi gas dengan mengendalikan suhu dan tekanan, dilanjutkan dengan desorpsi untuk mengeluarkan sisa air terikat. Pengeringan jenis ini dinilai memiliki kelebihan dalam mempertahankan mutu produk, baik dari sisi karakteristik sensorik, nilai gizi, fisik, maupun kimia dibandingkan pengeringan biasa yang menggunakan panas (Habibi *et al.*, 2019). Keunggulan dalam menggunakan *freeze dryer* adalah bau, citarasa, dan nilai gizi produk tidak terlalu berubah jauh dari kondisi awalnya sehingga akan meningkatkan nilai jual produk tersebut. Apabila produk kering beku direhidrasi dalam air hangat selama beberapa menit, produk akan terlihat mendekati kondisi segar seperti sedia kala (Janah & Barokah, 2025).

Prinsip *freeze drying* yaitu mengeringkan bahan pangan dengan menghilangkan kandungan air di dalamnya melalui proses sublimasi kandungan air di dalam bahan pangan yang sudah menjadi beku kemudian diubah menjadi gas. Sublimasi dapat terjadi ketika tekanan dan suhu permukaan es di bawah *triple point*, yaitu pada kondisi tekanan 4,58 mmHg dan suhu 0°C. Pada kondisi ini, ketiga fase air (padat, cair, dan gas) berada dalam kesetimbangan simultan, dan apabila tekanan sistem diturunkan di bawah nilai tersebut melalui sistem vakum, maka es akan langsung berubah menjadi uap tanpa melewati fase cair.

Tahap pengeringan yang pertama adalah pengeringan primer, yang merupakan tahap terpenting sekaligus berlangsung paling lama dan sangat menentukan efisiensi proses. Namun, apabila tidak dilakukan dengan tepat, tahap ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada kualitas produk. Selama fase ini, tekanan vakum diterapkan dalam kondisi suhu rendah untuk memungkinkan es menyublim langsung menjadi uap air, tanpa melalui fase cair. Ketika es menyublim, terbentuk struktur berpori yang dikenal sebagai lapisan kering.

Agar sublimasi dapat berlangsung efektif, dua syarat utama harus dipenuhi secara bersamaan. Pertama, uap hasil sublimasi harus secara terus-menerus dibuang dari zona sublimasi dengan mempertahankan perbedaan tekanan uap yang memfasilitasi keluarnya uap air dari ruang pengering. Kedua, energi panas harus diberikan secara konstan melalui rak-rak liofilisator agar mampu menggantikan panas yang hilang selama proses sublimasi berlangsung, dan jumlah panas yang disuplai harus cukup untuk memenuhi kebutuhan energi sublimasi es.

Kecepatan sublimasi selama pengeringan primer dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya perbedaan suhu antara produk dan kondensor, tekanan dalam ruang vakum, serta resistensi lapisan kering terhadap aliran uap. Pengaturan yang tepat terhadap parameter-parameter ini sangat penting untuk menjaga kualitas produk tetap terjaga sepanjang proses berlangsung.

Tahap terakhir dalam proses pengeringan beku adalah pengeringan sekunder, yang berfungsi untuk menghilangkan kelembapan yang tersisa setelah es disublimasikan, terutama air yang tidak membeku. Proses ini berlangsung dalam kondisi vakum tinggi dan pada suhu yang sedikit lebih tinggi dibandingkan tahap sebelumnya. Tujuannya adalah untuk menurunkan kadar air produk ke tingkat yang cukup rendah guna memastikan kestabilan produk dalam jangka panjang.

Selama tahap ini, suhu biasanya dinaikkan ke rentang 25-27°C selama beberapa jam untuk mempercepat proses desorpsi melalui difusi. Kecepatan pengeringan pada tahap ini bergantung pada ketebalan dan ukuran produk yang sedang dikeringkan. Setelah seluruh tahapan selesai, produk umumnya mengandung kadar air rendah dan memiliki struktur yang sangat berpori (Prasetya & Yastanto, 2023).

2.5 Rancangan Acak Kelompok

Rancangan Acak Kelompok (RAK) atau dikenal pula sebagai *Randomized Complete Block Design* (RCBD) merupakan salah satu rancangan percobaan yang paling umum digunakan dalam penelitian ilmu pangan, pertanian, dan bidang sains terapan lainnya. Menurut Gaspersz (1995), RAK adalah rancangan percobaan yang digunakan ketika terdapat satu faktor pengganggu yang diketahui dan dapat

dikendalikan dengan cara pengelompokan, sehingga keragaman yang disebabkan oleh faktor tersebut dapat dipisahkan dari galat percobaan. RAK adalah rancangan acak yang dilakukan dengan mengelompokkan satuan percobaan ke dalam grup-grup homogen yang disebut kelompok atau blok, kemudian menentukan perlakuan secara acak di dalam masing-masing kelompok (Hanafiah, 2014). RAK diterapkan apabila satuan-satuan percobaan dalam keadaan tidak seragam, sehingga pembentukan kelompok yang homogen menjadi langkah yang diperlukan untuk meningkatkan presisi percobaan (Mattjik & Sumertajaya, 2006).

Prinsip utama yang mendasari RAK adalah pengendalian setempat (*local control*), yaitu pengelompokan satuan percobaan ke dalam blok-blok yang lebih homogen guna mengurangi keragaman galat. Menurut Montgomery (2017), sebuah blok merepresentasikan level spesifik dari faktor pengganggu (*nuisance factor*) yang tidak menjadi fokus penelitian, namun berpotensi mempengaruhi respons yang diamati. Dengan memasukkan pengaruh kelompok ke dalam model statistik, keragaman yang berasal dari perbedaan antar kelompok dapat diisolasi dari galat percobaan, sehingga uji statistik terhadap pengaruh perlakuan menjadi lebih sensitif dan akurat. Tujuan pengelompokan adalah untuk menjadikan keragaman dalam kelompok sekecil mungkin dan keragaman antar kelompok sebesar mungkin, sehingga perbedaan antar perlakuan dapat terdeteksi dengan lebih tajam (Hanafiah, 2014).

2.5.1 RAK Satu Faktor (Non-Faktorial)

Dalam ilmu perancangan percobaan, RAK dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan jumlah faktor perlakuan yang diteliti, yaitu RAK satu faktor (non-

faktorial) dan RAK faktorial. RAK satu faktor atau yang juga disebut RAK non-faktorial adalah rancangan percobaan yang hanya melibatkan satu faktor perlakuan dengan dua taraf atau lebih, di mana seluruh taraf tersebut diujikan pada setiap kelompok (blok) yang terbentuk (Hanafiah, 2014). Pada RAK satu faktor, analisis difokuskan pada pengaruh tunggal dari satu faktor yang diteliti terhadap respons, tanpa melibatkan pengaruh interaksi antara dua faktor atau lebih sebagaimana yang terdapat pada rancangan faktorial (Mattjik & Sumertajaya, 2006). Perbedaan mendasar antara keduanya terletak pada kompleksitas perlakuan. RAK satu faktor hanya menguji satu variabel bebas secara tunggal, sedangkan RAK faktorial menguji dua faktor atau lebih secara bersamaan dan menganalisis pula kemungkinan adanya interaksi di antara faktor-faktor tersebut (Gaspersz, 1995).

RAK satu faktor dipilih apabila peneliti hanya ingin menguji pengaruh satu faktor dengan beberapa taraf perlakuan, sementara terdapat satu sumber keragaman lingkungan yang diketahui dan perlu dikendalikan melalui pengelompokan. Steel & Torrie (1993), menyatakan bahwa rancangan ini sangat tepat diaplikasikan ketika penelitian dilaksanakan pada kondisi yang tidak sepenuhnya homogen, misalnya adanya perbedaan waktu pelaksanaan analisis, kondisi alat, batch bahan baku, atau operator yang berbeda-beda, di mana faktor-faktor tersebut diduga berpengaruh terhadap respons namun bukan merupakan faktor yang ingin dipelajari. Pada kondisi demikian, kelompok berfungsi sebagai pengendali keragaman sistematis agar pengaruh perlakuan dapat diestimasi dengan galat yang lebih kecil (Montgomery, 2017). Berbeda dengan RAK faktorial yang memerlukan sumber daya lebih besar akibat kombinasi perlakuan yang banyak, RAK satu faktor lebih

efisien dan sederhana secara komputasional, sehingga cocok digunakan pada penelitian dengan satu pertanyaan utama yang ingin dijawab (Mattjik & Sumertajaya, 2006).

Struktur percobaan dalam RAK satu faktor tersusun atas a taraf perlakuan dan r kelompok (ulangan), sehingga total satuan percobaan yang dihasilkan adalah $a \times r$. Setiap kelompok harus memuat seluruh taraf perlakuan yang diujikan, dan di dalam setiap kelompok, pengacakan perlakuan dilakukan secara bebas dan independen (Hanafiah, 2014).

2.6 Metode Indeks Efektivitas (De Garmo)

Metode indeks efektivitas (De Garmo) adalah salah satu teknik pengambilan keputusan multikriteria yang digunakan untuk memilih satu alternatif perlakuan yang paling unggul di antara beberapa perlakuan yang diuji, dengan mempertimbangkan sejumlah parameter secara bersamaan. Dalam bidang pangan, metode ini umum diterapkan untuk menentukan perlakuan terbaik berdasarkan parameter kimiawi maupun parameter organoleptik. Perlakuan yang memperoleh nilai akhir tertinggi ditetapkan sebagai perlakuan terbaik, dan perlakuan tersebut yang kemudian dijadikan acuan untuk tahap analisis atau pengujian lanjutan pada penelitian (Wahyuni, 2011).

Penerapan metode ini diawali dengan pemberian bobot pada setiap parameter uji. Bobot ini biasanya diberikan oleh panelis atau peneliti dalam bentuk skala nilai tertentu terhadap masing-masing parameter mutu yang diamati. Nilai bobot tersebut mencerminkan tingkat prioritas atau kepentingan setiap parameter terhadap hasil penelitian maupun terhadap tingkat penerimaan konsumen, sehingga

parameter yang dianggap lebih menentukan mutu produk diberi bobot yang lebih besar dibandingkan parameter yang pengaruhnya lebih kecil. Ketentuan pentingnya di sini adalah total seluruh bobot yang diberikan pada semua parameter dalam satu kelompok harus berjumlah 1, sehingga proporsi kepentingan antar-parameter dapat dibandingkan secara relatif dan objektif (Efrizal *et al.*, 2025).

Setelah bobot ditetapkan, tahap berikutnya adalah menentukan nilai terbaik dan nilai terjelek pada masing-masing parameter dari seluruh perlakuan yang diuji, kemudian dihitung nilai efektivitas (NE) dari setiap perlakuan berdasarkan posisi nilai hasil pengujian terhadap rentang nilai terbaik dan terjelek tersebut. Nilai efektivitas ini selanjutnya dikalikan dengan bobot masing-masing parameter untuk memperoleh nilai perlakuan (NP) pada setiap parameter. Nilai perlakuan dari seluruh parameter kemudian dijumlahkan untuk setiap perlakuan, sehingga diperoleh total nilai produk yang menjadi dasar penentuan perlakuan terbaik. Seluruh perlakuan yang diuji kemudian diurutkan berdasarkan total nilai yang diperoleh, mulai dari nilai tertinggi hingga terendah, di mana perlakuan dengan nilai tertinggi dinyatakan sebagai perlakuan optimal dan menjadi dasar untuk melanjutkan ke tahap pengujian atau analisis berikutnya dalam penelitian (De Garmo *et al.*, 1984).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang: (3.1) Bahan dan Alat Penelitian, (3.2) Metode Penelitian, (3.3) Prosedur Penelitian, dan (3.4) Jadwal Penelitian.

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah beras sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench Var. Bioguma 2) dan air *nanobubble* ozon yang berasal dari Sein Farm.

Bahan yang digunakan untuk analisis yaitu menggunakan aquadest, larutan luff schoorl, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N, H_2SO_4 6N, KI padat, indikator amilum, HCl pekat, NaOH 30%, asam sulfat pekat, granula zink, indikator pp, garam kjedahl, n-heksana,

3.1.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia “PIREX”, *rice cooker*, *freezer*, timbangan digital “Y.M.K I-2000”, dan *freeze dryer*.

Alat yang digunakan untuk analisis yaitu gelas ukur “PIREX”, timbangan digital “Superior mini digital scale i2000”, tabung reaksi “PIREX”, gelas kimia “PIREX”, kawat kasa, kaki tiga, bunsen, penjepit tabung, *stopwatch*, labu takar, labu erlenmeyer “PIREX”, buret “PIREX”, klem dan statif, neraca analitik, cawan uap, tang krus, pipet seukuran, dan labu bundar

3.2 Metode Penelitian

Proses pembuatan nasi sorgum instan dilakukan melalui tahapan pencucian, perendaman, pembilasan, pemasakan, pendinginan, pembekuan, dan pengeringan beku. Produk yang dihasilkan kemudian dianalisis karakteristiknya meliputi sifat fisik, kimia, dan organoleptik pada nasi sorgum instan.

3.2.1 Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan pada penelitian ini terdiri dari satu faktor (lama perendaman) yang terdiri dari 12 taraf yaitu:

$$a_1 = 1 \text{ jam}$$

$$a_2 = 2 \text{ jam}$$

$$a_3 = 3 \text{ jam}$$

$$a_4 = 4 \text{ jam}$$

$$a_5 = 5 \text{ jam}$$

$$a_6 = 6 \text{ jam}$$

$$a_7 = 7 \text{ jam}$$

$$a_8 = 8 \text{ jam}$$

$$a_9 = 9 \text{ jam}$$

$$a_{10} = 10 \text{ jam}$$

$$a_{11} = 11 \text{ jam}$$

$$a_{12} = 12 \text{ jam}$$

3.2.2 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan satu faktor (lama perendaman) dan 12 taraf sebanyak 2 kali ulangan, sehingga didapatkan 24 satuan percobaan.

Tabel 1. Rancangan Percobaan Faktorial

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan	
	1	2
$a_1 = 1 \text{ jam}$	a_{11}	a_{12}
$a_2 = 2 \text{ jam}$	a_{21}	a_{22}
$a_3 = 3 \text{ jam}$	a_{31}	a_{32}
$a_4 = 4 \text{ jam}$	a_{41}	a_{42}
$a_5 = 5 \text{ jam}$	a_{51}	a_{52}
$a_6 = 6 \text{ jam}$	a_{61}	a_{62}
$a_7 = 7 \text{ jam}$	a_{71}	a_{72}
$a_8 = 8 \text{ jam}$	a_{81}	a_{82}
$a_9 = 9 \text{ jam}$	a_{91}	a_{92}
$a_{10} = 10 \text{ jam}$	a_{101}	a_{102}
$a_{11} = 11 \text{ jam}$	a_{111}	a_{112}
$a_{12} = 12 \text{ jam}$	a_{121}	a_{122}

Berdasarkan rancangan di atas dapat dibuat denah (*layout*) pengacakan percobaan *Factorial One Way* dengan 2 kali ulangan sebagai berikut.

Tabel 2. *Layout* Rancangan Acak Kelompok

Kelompok Ulangan 1											
a_8	a_3	a_{11}	a_1	a_6	a_9	a_4	a_{12}	a_2	a_{10}	a_5	a_7
Kelompok Ulangan 2											
a_5	a_{10}	a_2	a_8	a_{12}	a_1	a_7	a_4	a_{11}	a_3	a_9	a_6

Model percobaan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + K_j + A_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = Respon percobaan dari perlakuan ke-i pada kelompok ke-j

μ = Rata-rata umum

A_i = Pengaruh perlakuan lama perendaman ke-i

K_j = Pengaruh kelompok ke-j

ϵ_{ij} = Pengaruh galat dari perlakuan ke-i pada kelompok ke-j

3.2.3 Rancangan Analisis

Berdasarkan rancangan percobaan di atas, dapat dibuat Analisis Variansi (ANOVA) untuk mendapatkan kesimpulan mengenai pengaruh perlakuan seperti yang dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Analisis Variansi (ANOVA) Lama Perendaman Terhadap Karakteristik Nasi Sorgum Instan

Sumber Variansi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F_{hitung}	F_{tabel} 5%
Kelompok	r-1	JKK	KTK	KTK/KTG	
Perlakuan	a-1	JKP	KTP	KTP/KTG	
Galat	(a-1)(r-1)	JKG	KTG	-	
Total	ar-1	JKT	-	-	

(Sumber: (Gaspersz, 1995))

Keterangan:

r = Replika (ulangan)

a = Lama perendaman

Selanjutnya ditentukan hipotesis yang diterima, yaitu:

1. Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ pada taraf 5%, maka tidak ada pengaruh yang nyata antara rata-rata dari setiap perlakuan, artinya perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap karakteristik nasi instan maka hipotesis ditolak.

2. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada taraf 5%, maka terdapat pengaruh yang nyata antara rata-rata dari setiap perlakuan, artinya perlakuan yang diberikan berpengaruh terhadap karakteristik nasi instan yang dihasilkan sehingga perlu dilakukan analisis lanjut Uji Duncan untuk melihat perbedaan antara perlakuan dari masing-masing perlakuan pada taraf 5%.

3.2.4 Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan pada penelitian nasi sorgum instan terdiri dari respon fisik, respon kimia, dan respon organoleptik.

1. Respon Fisik

Analisis respon fisik yaitu uji densitas kamba, daya serap air, rasio pengembangan, dan waktu rehidrasi terhadap sampel nasi sorgum instan.

2. Respon Kimia

Analisis respon kimia yaitu uji kadar air metode gravimetri terhadap sampel nasi sorgum instan kering (AOAC, 2005) dan uji gula reduksi metode luff schoorl terhadap sampel nasi sorgum instan (AOAC, 2005).

3. Respon Organoleptik

Analisis respon organoleptik terhadap produk nasi sorgum instan yaitu uji mutu hedonik dengan atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur dari nasi sorgum instan dan terdiri dari 6 skala penilaian mutu hedonik.

3.2.5 Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo)

Penentuan perlakuan terbaik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode indeks efektivitas (De Garmo *et al.*, 1984). Pada penelitian ini, parameter fisik dan kimia yang digunakan meliputi kadar air, gula reduksi, daya

serap air, waktu rehidrasi, densitas kamba, dan rasio pengembangan, sedangkan parameter organoleptik meliputi warna, aroma, rasa, dan tekstur yang diperoleh dari hasil uji mutu hedonik panelis. Tahapan penentuan perlakuan terbaik dilakukan melalui beberapa langkah berikut:

1. Pemberian bobot parameter

Setiap parameter yang diamati diberi bobot (skor) dengan nilai relatif antara 0 sampai 1 sesuai tingkat kepentingannya terhadap mutu produk. Pemberian bobot dilakukan oleh peneliti berdasarkan tingkat prioritas, di mana parameter yang dianggap lebih menentukan karakteristik nasi sorgum instan diberi bobot yang lebih tinggi. Total bobot pada masing-masing kelompok parameter harus berjumlah 1.

$$BN = \frac{BV}{\sum BV}$$

2. Penentuan nilai tertinggi dan nilai terendah

Dari seluruh perlakuan yang diuji, ditentukan nilai tertinggi dan nilai terendah pada setiap parameter. Untuk parameter yang semakin tinggi nilainya semakin baik, nilai tertinggi ditetapkan sebagai nilai terbaik, sebaliknya untuk parameter yang semakin rendah nilainya semakin baik, nilai terendah ditetapkan sebagai nilai terbaik.

3. Perhitungan nilai efektivitas (NE)

Nilai efektivitas dengan arah normalitas, dihitung dengan rumus:

Tinggi:	$NE = \frac{Ni - Nt}{Nb - Nt}$	Rendah:	$NE = \frac{Nt - Ni}{Nb - Nt}$
---------	--------------------------------	---------	--------------------------------

Keterangan:

Ni = Nilai hasil pengamatan perlakuan ke-i

Nt = Nilai terendah

Nb = Nilai tertinggi

4. Perhitungan nilai hasil (NH)

Nilai hasil diperoleh dari hasil perkalian antara bobot masing-masing parameter (BN) dengan nilai efektivitas (NE), dengan rumus:

$$NH = BN \times NE$$

5. Penjumlahan total nilai produk

Nilai produk dari seluruh parameter pada masing-masing kelompok dijumlahkan untuk memperoleh total nilai produk setiap perlakuan.

6. Penentuan perlakuan terbaik

Perlakuan yang memiliki total nilai produk tertinggi ditetapkan sebagai perlakuan terbaik. Seluruh perlakuan kemudian diranking berdasarkan total nilai produk dari yang tertinggi hingga terendah.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan yaitu pembuatan nasi sorgum instan dengan perlakuan perendaman beras menggunakan air *nanobubble* yang berbeda yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam, 7 jam, 8 jam, 9 jam, 10 jam, 11 jam, dan 12 jam dengan waktu lama pengeringan beku yaitu 14 jam. Kemudian dilakukan analisis respon kimia untuk mengetahui kadar air metode gravimetri dan kadar gula reduksi metode luff schoorl. Dilakukan analisis respon fisik yaitu densitas kamba, daya serap air, rasio pengembangan, dan waktu rehidrasi dari produk nasi sorgum instan, serta dilakukan pengujian organoleptik terhadap rasa, aroma, warna, dan tekstur dari produk nasi sorgum instan.

Prosedur penelitian yang dilakukan, meliputi:

1. Pencucian

Beras sorgum dicuci dengan air bersih yang mengalir untuk menghilangkan kotoran, debu, dan kontaminan lainnya.

2. Perendaman

Sebanyak 100 gram beras sorgum direndam dalam air *nanobubble* ozon dengan rasio bahan dan air 1:3 dengan waktu yang berbeda yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam, 7 jam, 8 jam, 9 jam, 10 jam, 11 jam, dan 12 jam.

3. Pembilasan

Beras sorgum dibilas dengan air bersih untuk menghilangkan sisa air perendaman yang kemungkinan mengandung senyawa lain yang telah terlarut.

4. Pemasakan

Proses pemasakan dilakukan untuk mendapatkan nasi yang matang dan telah tergelatinisasi sempurna. Beras sorgum dimasak menggunakan *rice cooker* dengan penambahan air, beras dimasak selama ± 45 menit hingga matang.

5. Pendinginan Suhu Ruang

Nasi yang telah matang didinginkan pada suhu ruang untuk menstabilkan kadar air dan suhu, serta mempersiapkan produk untuk proses pembekuan.

6. Pembekuan

Nasi sorgum dilakukan pembekuan dengan *freezer* bersuhu -18°C selama 24 jam. Pembekuan ini bertujuan untuk menghasilkan struktur nasi menjadi lebih berpori dan untuk mengubah air terikat pada bahan menjadi beku, sehingga proses sublimasi pada pengeringan beku dapat dilakukan.

7. Pengeringan

Nasi dikeringkan menggunakan *freeze dryer* selama 14 jam.

8. Pengujian Respon Fisik

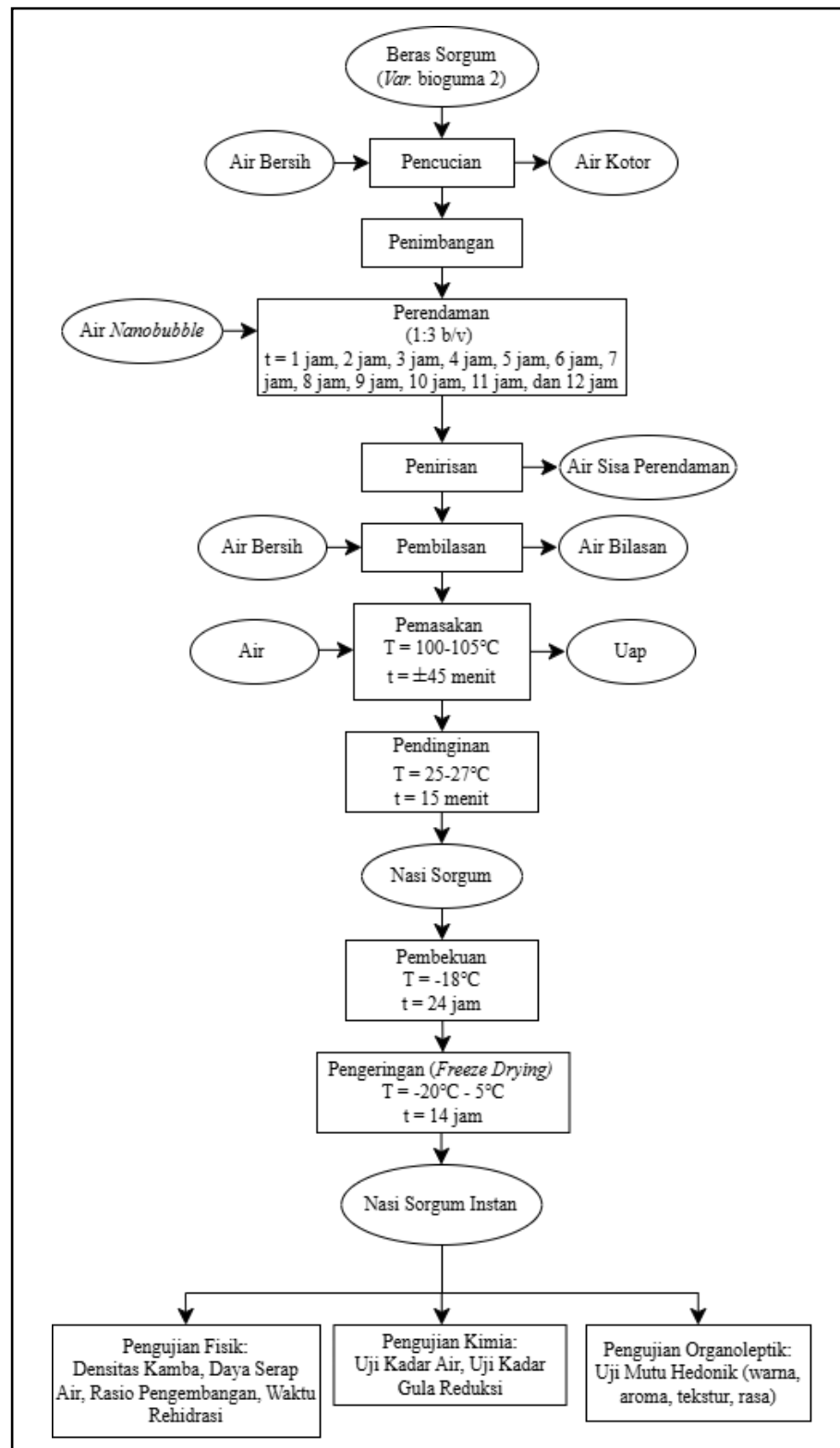
Analisis respon fisik terhadap produk nasi sorgum instan yaitu uji densitas kamba, daya serap air, rasio pengembangan, dan waktu rehidrasi.

9. Pengujian Respon Kimia

Analisis respon kimia terhadap produk nasi sorgum instan yaitu uji kadar air metode gravimetri dan uji kadar gula reduksi metode luff schoorl.

10. Pengujian Respon Organoleptik

Analisis respon organoleptik yaitu uji mutu hedonik dengan atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur dari nasi sorgum instan yang terdiri dari 6 skala penilaian mutu hedonik.



Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.4 Jadwal Penelitian

Tabel 4. Jadwal Penelitian

No.	Rencana Kegiatan	Bulan					
		Maret 2026	April 2026	Mei 2026	Juni 2026	Juli 2026	Agustus 2026
1.	Diskusi Topik dan Judul Penelitian						
2.	Penyusunan Proposal Usulan Penelitian						
3.	Pengajuan Proposal Usulan Penelitian						
4.	Seminar Usulan Penelitian						
5.	Pelaksanaan Penelitian						
6.	Pengolahan Data						
7.	Penyusunan Laporan Tugas Akhir dan Bimbingan						
8.	Sidang Tugas Akhir						

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang: (4.1) Hasil Penelitian, meliputi; (4.1.1) Respon Fisik, (4.1.2) Respon Kimia, (4.1.3) Respon Organoleptik, dan (4.2) Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo)

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan analisis secara fisik meliputi densitas kamba, rasio pengembangan, daya serap air, dan waktu rehidrasi. Analisis secara kimia meliputi kadar air dan kadar gula reduksi. Serta secara organoleptik dengan atribut warna, aroma, tekstur, dan rasa. Kemudian setelah didapat data dari analisis fisik, kimia, dan organoleptik, dilakukan pengambilan sampel terbaik untuk dilakukan uji protein dan lemak menggunakan metode indeks efektivitas De Garmo.

4.1.1 Respon Fisik

Respon fisik yang diamati pada penelitian ini meliputi densitas kamba, daya serap air, rasio pengembangan, dan waktu rehidrasi. Keempat parameter ini dipilih karena secara langsung menggambarkan kemudahan penyajian dan kualitas rehidrasi nasi sorgum instan, yang menjadi salah satu tolok ukur utama keberhasilan produk instan (Wardhani *et al.*, 2024).

4.1.1.1 Densitas Kamba

Densitas kamba menggambarkan berat suatu bahan per satuan volume dalam kondisi tidak dipadatkan, yang berkaitan erat dengan porositas dan efisiensi pengemasan produk kering (Muchtadi *et al.*, 2015). Semakin rendah nilai densitas kamba, semakin ringan dan poros struktur produk, sehingga air lebih mudah menembus ke dalam bahan pada saat rehidrasi.

Tabel 5. Hasil Analisis Densitas Kamba

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a_1)	1,68 ^a ±0,02
2 jam (a_2)	1,71 ^a ±0,01
3 jam (a_3)	1,71 ^a ±0,01
4 jam (a_4)	1,70 ^a ±0,02
5 jam (a_5)	1,70 ^a ±0,01
6 jam (a_6)	1,69 ^a ±0,01
7 jam (a_7)	1,71 ^a ±0,01
8 jam (a_8)	1,67 ^a ±0,01
9 jam (a_9)	1,67 ^a ±0,02
10 jam (a_{10})	1,69 ^a ±0,03
11 jam (a_{11})	1,73 ^a ±0,01
12 jam (a_{12})	1,72 ^a ±0,01

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANOVA), faktor lama perendaman tidak berpengaruh nyata (F hitung 2,02 < F tabel 2,82) terhadap densitas kamba nasi sorgum instan, sehingga tidak dilakukan uji lanjut Duncan. Nilai densitas kamba dari perlakuan a_1 hingga a_{12} berfluktuasi pada kisaran sempit 1,67-1,73 g/mL tanpa menunjukkan pola kenaikan maupun penurunan yang konsisten seiring bertambahnya lama perendaman. Nilai densitas kamba yang rendah sebenarnya merupakan kondisi yang lebih baik karena mengindikasikan struktur produk yang lebih ringan dan porous sehingga air lebih mudah menembus bahan pada saat rehidrasi, namun karena seluruh taraf perlakuan menghasilkan nilai yang relatif setara, lama perendaman air *nanobubble* pada penelitian ini belum mampu memberikan perbaikan porositas yang berarti.

Tidak berpengaruh nyata lama perendaman terhadap densitas kamba diduga karena tahapan yang paling menentukan porositas akhir produk bukan terletak pada proses perendaman, melainkan pada proses pembekuan dan pengeringan beku yang diterapkan secara seragam pada seluruh perlakuan. Pada tahap pembekuan, air bebas dalam bahan berubah menjadi kristal es, dan pada proses sublimasi selanjutnya kristal es tersebut meninggalkan rongga-rongga kosong yang membentuk struktur berpori (Habibi *et al.*, 2019). Karena seluruh sampel mengalami pembekuan dan pengeringan beku pada kondisi suhu dan waktu yang sama, maka struktur pori yang terbentuk relatif seragam meskipun lama perendaman berbeda-beda.

Meskipun demikian, lama perendaman air *nanobubble* ozon tetap berperan pada tahap awal dengan melunakkan struktur granula pati melalui hidrasi dan gelatinisasi parsial (Amrinola *et al.*, 2015), namun pengaruh ini kemudian tertutupi oleh perubahan struktur yang jauh lebih dominan akibat proses pembekuan dan sublimasi pada tahap selanjutnya. Sifat penetrasi *nanobubble* yang superior akibat ukuran gelembung nano dan muatan zeta potensial negatif (Javed *et al.*, 2023) tampaknya lebih berperan dalam mempercepat proses hidrasi awal dibandingkan menentukan kepadatan akhir produk kering.

Nilai densitas kamba yang diperoleh pada penelitian ini (1,67-1,73 g/mL) tergolong lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian nasi instan sebelumnya, yaitu 0,48-0,50 g/mL (Ramdayani & Murtini, 2022) maupun 0,40-0,41 g/mL pada teknik konvensional dengan *fluidized bed dryer* (Purwaningrum *et al.*, 2025). Perbedaan yang cukup besar pada nilai densitas kamba ini diduga lebih berkaitan dengan lama

waktu pengeringan beku yang diterapkan dibandingkan tahap pembekuannya, karena tahap sublimasi pada *freeze dryer* merupakan tahap yang secara langsung membentuk rongga-rongga kosong bekas kristal es dan menentukan derajat porositas akhir produk (Habibi *et al.*, 2019). Durasi pengeringan beku selama 14 jam pada penelitian ini kemungkinan belum cukup untuk menyublimkan seluruh kristal es secara sempurna hingga terbentuk struktur pori yang maksimal, sehingga produk yang dihasilkan masih relatif padat dengan densitas kamba yang lebih tinggi dibandingkan penelitian pembanding.

4.1.1.2 Rasio Pengembangan

Rasio pengembangan menunjukkan kemampuan bahan pangan untuk mengembang volumenya pada saat dimasak atau direhidrasi, yang berkaitan dengan tekstur dan penampakan produk akhir (Muchtadi *et al.*, 2015).

Tabel 6. Hasil Analisis Rasio Pengembangan

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a ₁)	117,64 ^{abc} ±8,32
2 jam (a ₂)	126,92 ^{abc} ±5,44
3 jam (a ₃)	143,33 ^{bc} ±4,72
4 jam (a ₄)	165,53 ^c ±10,18
5 jam (a ₅)	141,81 ^{bc} ±66,57
6 jam (a ₆)	163,64 ^c ±0,00
7 jam (a ₇)	84,21 ^a ±0,00
8 jam (a ₈)	100,00 ^{ab} ±9,43
9 jam (a ₉)	85,00 ^a ±0,00
10 jam (a ₁₀)	103,12 ^{ab} ±4,42
11 jam (a ₁₁)	162,50 ^c ±17,68
12 jam (a ₁₂)	166,67 ^c ±0,00

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap rasio pengembangan nasi sorgum instan (F hitung $4,50 > F$ tabel $2,82$). Nilai rasio pengembangan dari a_1 (117,64%) hingga a_{12} (166,67%) secara umum menunjukkan pola meningkat seiring bertambahnya lama perendaman, meskipun sempat mengalami penurunan pada a_7 dan a_9 . Nilai rasio pengembangan yang tinggi merupakan kondisi yang baik karena mengindikasikan nasi hasil rehidrasi mengalami pengembangan yang lebih maksimal dan menyerupai nasi pada umumnya. Dengan demikian, semakin lama waktu perendaman, secara umum rasio pengembangan yang dihasilkan semakin tinggi.

Kecenderungan peningkatan rasio pengembangan pada perendaman yang lebih lama, khususnya di atas 10 jam, diduga terkait dengan semakin banyaknya air yang berdifusi ke dalam matriks pati selama perendaman sehingga granula pati mengalami pembengkakan yang lebih besar sebelum tahap pemasakan. Air *nanobubble* dengan tekanan internal gelembung yang besar dan kemampuan penetrasi tinggi (Javed *et al.*, 2023) memungkinkan air menembus lebih dalam ke struktur biji sorgum yang relatif padat, sehingga pada perendaman yang lebih panjang, granula pati memiliki lebih banyak waktu untuk menyerap air dan mengalami pembengkakan maksimal sebelum proses gelatinisasi sempurna terjadi pada tahap pemasakan.

Variasi nilai yang cukup tinggi pada beberapa taraf perlakuan, terutama a_5 , diduga disebabkan oleh ukuran biji sorgum sosoh yang tidak sepenuhnya seragam serta keterbatasan ketelitian dalam mengukur tinggi bahan menggunakan tabung reaksi. Perbedaan ukuran dan susunan biji dapat menyebabkan tinggi tumpukan bahan pada setiap ulangan berbeda.

Rentang nilai rasio pengembangan pada penelitian ini (84,21-166,67%) berada di bawah hasil penelitian nasi sorgum instan dengan teknik konvensional yang menghasilkan rasio volume pengembangan sebesar 209,17-223,72% (Purwaningrum *et al.*, 2025), namun cukup sejalan dengan rasio pengembangan nasi instan pada penelitian karakteristik pembekuan lainnya, yaitu sebesar 154,99% (Ramdayani & Murtini, 2022). Perbedaan definisi dan metode pengukuran rasio pengembangan antar penelitian turut memengaruhi besarnya nilai yang diperoleh, di mana penelitian Purwaningrum *et al.*, (2025) mengukur rasio volume nasi matang secara langsung, sedangkan penelitian ini mengukur rasio pengembangan berdasarkan perbandingan tinggi bahan dalam tabung reaksi sebelum dan sesudah pemanasan.

Kecenderungan nilai rasio pengembangan yang meningkat pada perlakuan lama perendaman yang lebih panjang (a_4 , a_6 , a_{11} , a_{12}) menunjukkan pola yang konsisten dengan prinsip umum bahwa semakin besar derajat hidrasi awal pati selama perendaman, semakin besar pula pengembangan volume yang dicapai pada saat pemasakan (Ramdayani & Murtini, 2022).

4.1.1.3 Daya Serap Air

Daya serap air menunjukkan kemampuan nasi sorgum instan menyerap air pada saat direhidrasi, yang mencerminkan derajat gelatinisasi pati serta tingkat porositas produk (Muchtadi *et al.*, 2015). Semakin tinggi derajat gelatinisasi pati yang terjadi selama pengolahan, semakin banyak gugus hidroksil pada molekul pati yang terbuka dan mampu mengikat molekul air melalui ikatan hidrogen.

Tabel 7. Hasil Analisis Daya Serap Air

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a_1)	62,36 ^g ±0,10
2 jam (a_2)	61,42 ^{if} ±0,12
3 jam (a_3)	59,18 ^c ±0,12
4 jam (a_4)	63,21 ^h ±0,10
5 jam (a_5)	61,66 ^f ±0,11
6 jam (a_6)	60,66 ^d ±0,09
7 jam (a_7)	65,25 ⁱ ±0,15
8 jam (a_8)	61,64 ^f ±0,10
9 jam (a_9)	56,58 ^a ±0,23
10 jam (a_{10})	61,25 ^e ±0,12
11 jam (a_{11})	62,92 ^h ±0,23
12 jam (a_{12})	58,64 ^b ±0,20

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANOVA) menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap daya serap air nasi sorgum instan ($F_{hitung} 563,03 > F_{tabel} 2,82$). Nilai daya serap air yang tinggi merupakan kondisi yang baik karena mengindikasikan produk mampu menyerap air secara optimal saat

direhidrasi sehingga teksturnya lebih menyerupai nasi segar, sedangkan nilai yang rendah menunjukkan kemampuan rehidrasi yang kurang optimal.

Pola nilai daya serap air yang diperoleh cenderung meningkat dari perlakuan 1 jam hingga mencapai puncaknya pada 7 jam, kemudian menurun pada perendaman yang lebih lama. Peningkatan daya serap air pada perendaman singkat hingga sedang sejalan dengan mekanisme kerja air *nanobubble* ozon, di mana gelembung berukuran nano ($< 1 \mu\text{m}$) dengan luas permukaan terhadap volume yang sangat besar mampu berpenetrasi ke dalam matriks beras sorgum secara lebih efektif dibandingkan air biasa, sehingga mempercepat hidrasi granula pati dan menginduksi gelatinisasi awal (Javed *et al.*, 2023; Delvina *et al.*, 2024). Semakin banyak air yang terserap ke dalam granula pati selama perendaman, semakin besar pula derajat gelatinisasi yang dicapai, sehingga produk akhir memiliki kemampuan menyerap air kembali yang lebih tinggi saat direhidrasi.

Namun demikian, penurunan daya serap air pada perendaman yang lebih lama (9-12 jam) diduga berkaitan dengan sifat oksidatif ozon yang terkandung dalam air *nanobubble*. Ozon memiliki potensial oksidasi yang tinggi (2,07 V), sehingga paparan yang terlalu lama terhadap granula pati dapat menyebabkan oksidasi berlebih pada permukaan pati (Sitoe *et al.*, 2025). Ozonasi bekerja dengan mensubstitusi gugus hidroksil pada molekul pati menjadi gugus karbonil dan karboksil, sehingga pada paparan yang berkepanjangan dapat mengubah struktur granula dan menurunkan kapasitas pati dalam mengikat air (Fan *et al.*, 2019). Oksidasi ini berpotensi merusak sebagian struktur granula pati dan menurunkan kemampuannya mengikat air, sekaligus dapat melarutkan sebagian komponen pati

yang larut air ke dalam media perendaman, sehingga jumlah pati yang tersedia untuk menyerap air pada saat rehidrasi berkurang.

Nilai daya serap air pada seluruh perlakuan penelitian ini (56,58-65,25%) secara umum lebih rendah dibandingkan hasil penelitian nasi instan pada kondisi pembekuan terbaik, yaitu 157,28% (Ramdayani & Murtini, 2022), namun lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian nasi sorgum instan dengan teknik konvensional menggunakan *fluidized bed dryer*, yaitu sebesar 41,92% (Purwaningrum *et al.*, 2025). Perbedaan ini menunjukkan bahwa daya serap air nasi sorgum instan sangat dipengaruhi oleh kombinasi berbagai tahapan proses, bukan hanya oleh lama perendaman semata. Kondisi pembekuan yang lebih ekstrem (-20°C, 24 jam) pada penelitian Ramdayani & Murtini (2022) menghasilkan struktur pori yang jauh lebih terbuka, sehingga daya serap airnya jauh lebih tinggi. Meskipun demikian, penggunaan air *nanobubble* ozon pada penelitian ini terbukti mampu menghasilkan daya serap air yang lebih baik dibandingkan metode instanisasi konvensional pada penelitian Purwaningrum *et al.* (2025), yang mengindikasikan bahwa teknologi *nanobubble* memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi hidrasi pati sorgum meskipun kondisi pembekuannya belum optimal.

4.1.1.4 Waktu Rehidrasi

Waktu rehidrasi merupakan salah satu parameter kunci yang menentukan kepraktisan produk nasi instan, yaitu lamanya waktu yang dibutuhkan produk kering untuk menyerap air hingga teksturnya menyerupai nasi matang (Ramdayani & Murtini, 2022). Semakin singkat waktu rehidrasi, semakin praktis produk tersebut digunakan oleh konsumen.

Tabel 8. Hasil Analisis Waktu Rehidrasi

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a ₁)	2,48 ^h ±0,03
2 jam (a ₂)	2,45 ^h ±0,04
3 jam (a ₃)	2,35 ^g ±0,02
4 jam (a ₄)	2,34 ^g ±0,03
5 jam (a ₅)	2,19 ^f ±0,02
6 jam (a ₆)	2,01 ^e ±0,02
7 jam (a ₇)	1,57 ^d ±0,03
8 jam (a ₈)	1,48 ^c ±0,02
9 jam (a ₉)	1,43 ^c ±0,02
10 jam (a ₁₀)	1,35 ^b ±0,02
11 jam (a ₁₁)	1,34 ^b ±0,03
12 jam (a ₁₂)	1,24 ^a ±0,02

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANOVA) menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap waktu rehidrasi nasi sorgum instan (F hitung 693,95 > F tabel 2,82). Semakin lama perendaman menyebabkan waktu rehidrasi semakin singkat, dengan pola penurunan yang konsisten dari a₁ hingga a₁₂. Nilai waktu rehidrasi yang rendah merupakan kondisi yang baik karena menunjukkan produk semakin cepat dan praktis untuk disajikan.

Pola penurunan waktu rehidrasi yang konsisten ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman dalam air *nanobubble* ozon, semakin singkat waktu yang diperlukan untuk proses rehidrasi nasi sorgum instan. Semakin lama waktu kontak antara air *nanobubble* dengan beras sorgum, semakin dalam penetrasi

air ke dalam matriks biji akibat ukuran gelembung nano yang mampu menembus pori-pori bahan padat secara lebih efektif dibandingkan air konvensional (Delvina *et al.*, 2024; Fauziyah *et al.*, 2023). Penetrasi air yang lebih dalam ini menyebabkan derajat gelatinisasi awal pati menjadi lebih tinggi, sehingga pada saat pengeringan beku, struktur granula pati yang terbentuk menjadi lebih terbuka dan berpori. Struktur yang lebih porous inilah yang menjadi jalur difusi air pada saat rehidrasi, sehingga air dapat menembus dan meresap ke dalam produk kering dengan lebih cepat (Ramdayani & Murtini, 2022).

Selain faktor gelatinisasi, sifat oksidatif ozon yang terkandung dalam air *nanobubble* turut berkontribusi pada percepatan waktu rehidrasi melalui degradasi sebagian komponen dinding sel dan matriks antinutrisi pada permukaan biji sorgum, sehingga struktur bahan menjadi lebih longgar dan mudah ditembus air (Sitoe *et al.*, 2025). Kombinasi antara efek fisik *nanobubble* dan efek oksidatif ozon inilah yang menjelaskan mengapa perendaman yang lebih lama secara konsisten menghasilkan waktu rehidrasi yang semakin singkat.

Waktu rehidrasi yang diperoleh pada penelitian ini (1,24-2,48 menit) jauh lebih singkat dibandingkan penelitian nasi instan sebelumnya, yaitu 3,19 menit hingga 4,18 menit pada kondisi pembekuan terbaik (Ramdayani & Murtini, 2022), maupun 7,5 menit pada teknik konvensional dengan *fluidized bed dryer* (Purwaningrum *et al.*, 2025). Keunggulan ini menjadi salah satu indikasi kuat bahwa penggunaan air *nanobubble* ozon sebagai media perendaman memberikan kontribusi nyata dalam mempercepat rehidrasi nasi sorgum instan dibandingkan media perendaman konvensional yang umumnya menggunakan larutan garam atau

alkali biasa. Percepatan ini konsisten dengan karakteristik gelembung nano yang memiliki luas permukaan dan tekanan internal yang besar sehingga penetrasinya ke dalam matriks pati jauh lebih efektif dibandingkan air biasa (Javed *et al.*, 2023), sehingga struktur pati yang dihasilkan menjadi lebih porous dan lebih mudah menyerap air kembali pada saat direhidrasi.

Ketiga parameter fisik yang telah diuraikan, rasio pengembangan, daya serap air, dan waktu rehidrasi, pada dasarnya merupakan satu rangkaian yang saling berkaitan dan mencerminkan derajat gelatinisasi pati serta porositas struktur produk yang terbentuk selama proses perendaman dan pengeringan beku. Di antara ketiganya, waktu rehidrasi merupakan parameter yang paling menentukan apakah suatu produk dapat dikategorikan sebagai produk instan, karena secara langsung menggambarkan kecepatan produk untuk siap dikonsumsi setelah penambahan air (Ramdayani & Murtini, 2022).

Sementara itu, daya serap air dan rasio pengembangan berperan sebagai parameter pendukung yang menjelaskan mekanisme di balik capaian waktu rehidrasi tersebut. Semakin tinggi derajat gelatinisasi pati, yang tercermin dari nilai daya serap air, dan semakin terbuka struktur pori produk, yang tercermin dari nilai rasio pengembangan, maka semakin cepat pula air dapat berdifusi masuk ke dalam produk kering pada saat direhidrasi. Kecenderungan ini konsisten dengan hasil penelitian, di mana perlakuan dengan lama perendaman yang lebih panjang (a_{11} dan a_{12}) menghasilkan nilai rasio pengembangan yang tinggi serta waktu rehidrasi yang paling singkat, sehingga ketiga parameter tersebut secara bersama-sama

menegaskan bahwa perlakuan dengan lama perendaman lebih panjang menghasilkan karakteristik fisik yang paling mendekati kriteria produk nasi instan.

4.1.2 Respon Kimia

4.1.2.1 Kadar Air

Kadar air merupakan parameter yang menentukan daya simpan produk kering, karena kandungan air yang tinggi dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi kerusakan lainnya.

Tabel 9. Hasil Analisis Kadar Air

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a_1)	5,07 ^a ±1,24
2 jam (a_2)	5,71 ^a ±1,20
3 jam (a_3)	5,45 ^a ±1,13
4 jam (a_4)	5,35 ^a ±0,13
5 jam (a_5)	4,97 ^a ±0,08
6 jam (a_6)	4,67 ^a ±0,14
7 jam (a_7)	5,25 ^a ±0,04
8 jam (a_8)	5,36 ^a ±0,28
9 jam (a_9)	5,98 ^a ±0,07
10 jam (a_{10})	5,91 ^a ±0,11
11 jam (a_{11})	11,43 ^b ±0,65
12 jam (a_{12})	15,80 ^c ±0,86

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap kadar air nasi sorgum instan (F hitung 49,35 > F tabel 2,82). Pola nilai kadar air menunjukkan kecenderungan relatif stabil pada perlakuan a_1 hingga a_{10} (4,67–5,98%), kemudian mengalami peningkatan

yang cukup besar pada a_{11} dan a_{12} . Nilai kadar air yang rendah merupakan kondisi yang baik pada produk nasi instan karena kadar air yang tinggi dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan menurunkan daya simpan produk, sehingga peningkatan kadar air pada perendaman 11–12 jam mengindikasikan kondisi yang kurang menguntungkan bagi mutu produk.

Peningkatan kadar air yang tinggi pada perlakuan 11 dan 12 jam menunjukkan bahwa lama perendaman yang berlebihan menyebabkan bahan menyerap air dalam jumlah yang jauh lebih besar dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini sejalan dengan sifat penetrasi air *nanobubble* akibat ukuran gelembung yang sangat kecil dan muatan zeta potensial negatif yang tinggi (Delvina *et al.*, 2024), sehingga pada durasi kontak yang panjang, air dapat masuk semakin dalam ke dalam matriks biji sorgum. Selain itu, perendaman yang terlalu lama diduga menyebabkan sebagian struktur granula pati mengalami gelatinisasi berlebih akibat hidrasi yang jenuh, sehingga sebagian air terikat kuat secara fisik di dalam matriks pati. Air yang terikat kuat pada gugus hidroksil pati akibat gelatinisasi berlebih tersebut lebih sulit teruapkan meskipun telah melalui proses pengeringan beku selama 14 jam yang seragam pada seluruh perlakuan, sehingga kadar air akhir yang terukur pada perlakuan a_{11} dan a_{12} menjadi jauh lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan lama perendaman yang lebih singkat.

Merujuk pada standar kadar air nasi instan yang disyaratkan maksimal 12% bb (Kementrian Pertanian, 2024; Prasetya & Yastanto, 2023), perlakuan a_1 hingga a_{11} (dengan kadar air 4,67-11,43%) masih berada dalam batas aman tersebut, sedangkan hanya perlakuan a_{12} (12 jam) dengan kadar air 15,80% yang telah

melampaui batas standar. Meskipun demikian, lonjakan kadar air pada a_{11} yang hampir dua kali lipat dibandingkan perlakuan a_1 - a_{10} tetap perlu diwaspadai, karena menunjukkan bahwa titik kritis mulai terjadinya penyerapan air berlebih berada di sekitar perendaman 11 jam. Dengan demikian, perendaman yang terlalu lama, meskipun secara fisik dapat mempercepat waktu rehidrasi, justru berisiko menurunkan stabilitas produk selama penyimpanan akibat kadar air yang mendekati atau bahkan melampaui batas aman dan air yang terlanjur terikat kuat dalam matriks pati akibat perendaman berlebih tidak dapat diuapkan sepenuhnya pada saat pengujian gravimetri, meskipun waktu pengeringan beku yang diterapkan sama pada seluruh perlakuan.

4.1.2.2 Kadar Gula Reduksi

Gula reduksi pada beras sorgum merupakan produk pemecahan pati yang terbentuk selama proses pengolahan, dan sangat dipengaruhi oleh lama serta kondisi perendaman, perebusan, serta pengeringan (Luna *et al.*, 2015). Kadar gula reduksi dapat digunakan sebagai salah satu indikator adanya perubahan pati selama proses produksi nasi instan.

Tabel 10. Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a_1)	0,35 ^{bc} ±0,00
2 jam (a_2)	0,29 ^{ab} ±0,08
3 jam (a_3)	0,17 ^{ab} ±0,08
4 jam (a_4)	0,17 ^{ab} ±0,08
5 jam (a_5)	0,23 ^{ab} ±0,00
6 jam (a_6)	0,11 ^{ab} ±0,16
7 jam (a_7)	0,59 ^c ±0,00
8 jam (a_8)	0,29 ^{ab} ±0,08
9 jam (a_9)	0,23 ^{ab} ±0,17
10 jam (a_{10})	0,23 ^{ab} ±0,17
11 jam (a_{11})	0,11 ^{ab} ±0,16
12 jam (a_{12})	0,05 ^a ±0,08

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap kadar gula reduksi nasi sorgum instan (F hitung 2,97 > F tabel 2,82). Nilai kadar gula reduksi dari a_1 hingga a_{12} menunjukkan pola meningkat hingga mencapai puncak pada a_7 (0,59%), kemudian menurun kembali hingga nilai terendah pada a_{12} (0,05%). Nilai kadar gula reduksi yang rendah merupakan kondisi yang lebih baik karena mengindikasikan derajat kerusakan atau modifikasi pati akibat hidrolisis maupun oksidasi selama perendaman yang lebih terkendali, sehingga penurunan kadar gula reduksi pada perendaman yang sangat lama (11–12 jam) menunjukkan kondisi yang lebih baik pada parameter ini, meskipun terjadi bersamaan dengan penurunan mutu pada parameter lain akibat kadar air yang berlebih.

Kecenderungan kadar gula reduksi yang meningkat hingga perendaman 7 jam kemudian menurun kembali pada perendaman yang lebih lama diduga berkaitan dengan aktivitas enzim amilase endogen dalam biji sorgum. Perendaman dalam air *nanobubble* ozon dengan durasi sedang dapat mengaktifasi enzim amilase yang secara alami terdapat pada biji sorgum, sehingga sebagian pati terhidrolisis menjadi gula-gula sederhana (Luna *et al.*, 2015). Namun, pada perendaman yang lebih lama, sifat oksidatif ozon yang kuat (potensial oksidasi 2,07 V) diduga turut mendegradasi atau menginaktivasi enzim amilase tersebut, sekaligus menyebabkan sebagian gula reduksi yang telah terbentuk terlarut dan hanyut bersama air perendaman maupun air pembilasan, sehingga kadar gula reduksi pada produk akhir justru menurun (Sitoe *et al.*, 2025). Perlakuan ozon dapat menurunkan aktivitas α -amilase, yang diduga berkaitan dengan meningkatnya oksidasi pada pati (Fan *et al.*, 2019). Rendahnya kadar gula reduksi pada perlakuan dengan lama perendaman 11–12 jam diduga berkaitan dengan tingginya kadar air. Perendaman yang lebih lama memungkinkan keluarnya sebagian komponen terlarut ke dalam air perendaman sehingga kadar gula reduksi yang tersisa dalam bahan menjadi lebih rendah.

4.1.3 Respon Organoleptik

Pengujian organoleptik dilakukan dengan metode uji mutu hedonik terhadap atribut warna, aroma, tekstur, dan rasa nasi sorgum instan, menggunakan 30 orang panelis dengan skala penilaian 1-6. Uji organoleptik penting dilakukan karena sifat-sifat sensori produk pada akhirnya menentukan tingkat penerimaan konsumen terhadap nasi sorgum instan yang dihasilkan.

4.1.3.1 Atribut Warna

Warna merupakan atribut yang pertama kali dinilai oleh konsumen dan berperan penting dalam membentuk kesan awal terhadap produk pangan. Pada penelitian ini, penilaian warna dilakukan terhadap intensitas warna putih kekuningan pada nasi sorgum instan.

Tabel 11. Hasil Respon Organoleptik Atribut Warna

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a_1)	3,30 ^a ±0,18
2 jam (a_2)	3,73 ^a ±0,23
3 jam (a_3)	4,07 ^a ±0,28
4 jam (a_4)	3,43 ^a ±0,14
5 jam (a_5)	3,91 ^a ±0,26
6 jam (a_6)	3,80 ^a ±0,38
7 jam (a_7)	3,66 ^a ±0,19
8 jam (a_8)	3,58 ^a ±0,07
9 jam (a_9)	3,48 ^a ±0,12
10 jam (a_{10})	3,88 ^a ±0,12
11 jam (a_{11})	3,57 ^a ±0,00
12 jam (a_{12})	3,38 ^a ±0,40

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan bahwa lama perendaman tidak berpengaruh nyata terhadap atribut warna nasi sorgum instan (F hitung $2,20 < F$ tabel $2,82$). Nilai mutu hedonik warna dari a_1 hingga a_{12} berfluktuasi pada kisaran sempit $3,30$ - $4,07$ tanpa pola kenaikan atau penurunan yang konsisten seiring bertambahnya lama perendaman, sejalan dengan hasil ANAVA yang tidak nyata. Nilai warna yang tinggi merupakan kondisi yang baik karena

mengindikasikan warna putih kekuningan khas nasi sorgum instan yang lebih disukai panelis, lama perendaman air *nanobubble* pada penelitian ini belum memberikan pengaruh yang berarti terhadap tingkat kesukaan warna.

Tidak berpengaruh nyata lama perendaman terhadap warna menunjukkan bahwa perbedaan waktu kontak antara biji sorgum dengan air *nanobubble* ozon, mulai dari 1 jam hingga 12 jam, belum cukup untuk memberikan perubahan warna yang berarti pada nasi sorgum instan yang dihasilkan. Sifat ozon yang mudah terurai kembali menjadi oksigen setelah bereaksi turut menjadi salah satu alasan mengapa senyawa ini tidak meninggalkan residu atau menimbulkan perubahan warna yang nyata pada bahan, meskipun waktu kontak bervariasi (Farizha *et al.*, 2021; Siteo *et al.*, 2025). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa warna nasi sorgum instan pada penelitian ini relatif stabil dan tidak sensitif terhadap perubahan lama perendaman.

Selain faktor lama perendaman, kestabilan warna pada seluruh perlakuan turut didukung oleh proses pengeringan menggunakan *freeze dryer* selama 14 jam yang diterapkan secara seragam pada seluruh sampel. *Freeze drying* merupakan metode pengeringan non-termal yang berlangsung pada suhu rendah melalui mekanisme sublimasi, sehingga menjadi salah satu kelebihan utama metode ini karena mampu meminimalkan reaksi pencoklatan non-enzimatis seperti reaksi *Maillard* yang umumnya dipicu oleh panas tinggi pada metode pengeringan konvensional (Habibi *et al.*, 2019). Dengan suhu proses yang rendah, pigmen alami serta warna asli bahan dapat dipertahankan sehingga warna nasi sorgum instan yang dihasilkan tidak banyak berubah meskipun lama perendaman berbeda-beda.

4.1.3.2 Atribut Aroma Khas Nasi

Aroma merupakan salah satu atribut sensori yang berperan dalam menentukan penerimaan konsumen terhadap suatu produk pangan. Aroma yang sesuai dan disukai dapat meningkatkan ketertarikan konsumen terhadap produk serta memengaruhi persepsi terhadap rasa dan selera makan (Tarigan, 2015).

Tabel 12. Hasil Respon Organoleptik Atribut Aroma Nasi

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a_1)	3,83 ^{def} ±0,09
2 jam (a_2)	3,63 ^{cde} ±0,00
3 jam (a_3)	3,90 ^{ef} ±0,10
4 jam (a_4)	3,33 ^{bc} ±0,09
5 jam (a_5)	4,13 ^f ±0,09
6 jam (a_6)	3,41 ^{bc} ±0,25
7 jam (a_7)	3,27 ^b ±0,14
8 jam (a_8)	3,52 ^{bcd} ±0,07
9 jam (a_9)	3,55 ^{bcd} ±0,25
10 jam (a_{10})	3,80 ^{def} ±0,04
11 jam (a_{11})	3,58 ^{bcd} ±0,12
12 jam (a_{12})	2,78 ^a ±0,07

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap atribut aroma nasi sorgum instan ($F_{hitung} 12,82 > F_{tabel} 2,82$). Nilai mutu hedonik aroma dari a_1 hingga a_{12} cenderung berfluktuasi pada kisaran sedang (2,78-4,13) hingga perendaman 10 jam, kemudian menurun cukup jelas pada a_{12} . Nilai aroma yang tinggi merupakan kondisi yang baik karena mengindikasikan aroma khas nasi yang lebih kuat dan disukai panelis,

sehingga penurunan skor pada perendaman yang sangat lama menunjukkan kondisi yang kurang baik terhadap penerimaan aroma produk.

Penurunan skor aroma pada perendaman yang sangat lama (12 jam) diduga terjadi karena paparan ozon yang terlalu panjang menyebabkan oksidasi berlebih pada komponen volatil dan senyawa lemak dalam biji sorgum, sehingga terbentuk senyawa hasil oksidasi yang dapat memengaruhi persepsi aroma oleh panelis (Sitoe *et al.*, 2025). Selain itu, tingginya kadar air pada kedua perlakuan tersebut turut mendukung dugaan ini, karena produk dengan kadar air yang lebih tinggi cenderung lebih rentan mengalami perubahan aroma selama penyimpanan sebelum pengujian dilakukan, sehingga aroma khas nasi sorgum menjadi kurang tercium dibandingkan perlakuan dengan lama perendaman yang lebih singkat.

Dari sisi tahap pengeringan, penggunaan *freeze dryer* selama 14 jam pada penelitian ini memberikan kelebihan tersendiri terhadap atribut aroma, karena proses pengeringan pada suhu rendah membuat senyawa-senyawa volatil pembentuk aroma khas sorgum tidak banyak menguap atau rusak akibat panas, berbeda dengan pengeringan konvensional yang menggunakan suhu tinggi dan berpotensi menghilangkan sebagian aroma alami bahan (Habibi *et al.*, 2019).

4.1.3.3 Atribut Tekstur

Tekstur merupakan atribut yang sangat menentukan penerimaan konsumen terhadap nasi, karena erat kaitannya dengan kandungan amilosa-amilopektin bahan (Luna *et al.*, 2015).

Pada produk nasi instan, tekstur yang pulen menjadi salah satu karakteristik penting karena diharapkan dapat mempertahankan kondisi nasi yang menyerupai

nasi segar setelah melalui proses pengeringan beku (*freeze drying*) dan rehidrasi. Tekstur yang terlalu keras, kering, atau mudah pecah dapat mengurangi penerimaan konsumen. Sebaliknya, tekstur yang terlalu lembek dan tidak berbutir juga kurang sesuai dengan karakteristik nasi yang umumnya diharapkan sebagai makanan pokok.

Tabel 13. Hasil Respon Organoleptik Atribut Tekstur

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a ₁)	3,73 ^{bc} ±0,28
2 jam (a ₂)	4,63 ^{de} ±0,14
3 jam (a ₃)	4,30 ^d ±0,04
4 jam (a ₄)	3,73 ^{bc} ±0,14
5 jam (a ₅)	3,82 ^c ±0,07
6 jam (a ₆)	3,85 ^c ±0,17
7 jam (a ₇)	3,78 ^c ±0,21
8 jam (a ₈)	3,78 ^c ±0,02
9 jam (a ₉)	3,88 ^c ±0,02
10 jam (a ₁₀)	4,70 ^e ±0,14
11 jam (a ₁₁)	3,38 ^{ab} ±0,16
12 jam (a ₁₂)	3,16 ^a ±0,33

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANOVA) menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap atribut tekstur nasi sorgum instan ($F_{hitung} 16,27 > F_{tabel} 2,82$). Nilai mutu hedonik tekstur dari a₁ hingga a₁₂ menunjukkan pola fluktuatif dengan nilai tertinggi pada a₂ dan a₁₀, kemudian menurun jelas pada a₁₁ dan a₁₂. Nilai tekstur yang tinggi merupakan kondisi yang baik karena mengindikasikan tekstur nasi yang lebih pulen dan disukai, sehingga

penurunan skor pada perendaman 11-12 jam mengindikasikan penurunan mutu tekstur akibat perendaman yang terlalu lama.

Pola ini menunjukkan bahwa perendaman singkat hingga sedang (2-10 jam) cenderung menghasilkan tekstur yang lebih disukai dibandingkan perendaman yang sangat lama. Pada perendaman yang sangat lama, diduga terjadi gelatinisasi berlebih pada granula pati akibat hidrasi yang jenuh serta oksidasi oleh ozon, sehingga struktur pati menjadi lebih rapuh dan kurang mampu mempertahankan tekstur pulen setelah melalui tahap pembekuan dan pengeringan. Kadar air yang tinggi pada perlakuan a_{11} dan a_{12} turut memperkuat dugaan bahwa struktur pati pada kedua perlakuan tersebut telah mengalami perubahan yang cukup signifikan sehingga memengaruhi tekstur akhir produk.

Selain faktor lama perendaman, tahap pembekuan dan pengeringan beku (*freeze drying*) yang diterapkan pada penelitian ini turut berkontribusi terhadap tekstur akhir produk. *Freeze drying* memiliki mekanisme sublimasi yang menghasilkan struktur produk lebih porous dibandingkan pengeringan konvensional, sehingga produk lebih mudah menyerap air kembali saat direhidrasi dan berpotensi menghasilkan tekstur yang lebih mendekati nasi segar apabila kondisi perendaman sebelumnya tepat (Habibi *et al.*, 2019).

4.1.3.4 Atribut Rasa

Rasa merupakan atribut yang menentukan penerimaan akhir konsumen terhadap suatu produk pangan, karena erat kaitannya dengan kandungan senyawa antinutrisi seperti tanin yang memberikan rasa pahit atau sepat pada sorgum (Suarni, 2012).

Tabel 14. Hasil Respon Organoleptik Atribut Rasa

Lama Perendaman	Rata-Rata Respon
1 jam (a_1)	4,35 ^{bc} ±0,11
2 jam (a_2)	4,37 ^{bc} ±0,00
3 jam (a_3)	4,20 ^b ±0,00
4 jam (a_4)	4,40 ^{bc} ±0,24
5 jam (a_5)	4,15 ^b ±0,03
6 jam (a_6)	4,36 ^{bc} ±0,05
7 jam (a_7)	4,21 ^b ±0,30
8 jam (a_8)	4,41 ^{bc} ±0,02
9 jam (a_9)	4,56 ^{cd} ±0,09
10 jam (a_{10})	4,73 ^d ±0,05
11 jam (a_{11})	4,55 ^{cd} ±0,07
12 jam (a_{12})	3,46 ^a ±0,09

Keterangan: Nilai rata-rata dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANOVA) menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh nyata terhadap atribut rasa nasi sorgum instan ($F_{hitung} 13,38 > F_{tabel} 2,82$). Nilai mutu hedonik rasa dari a_1 hingga a_{12} menunjukkan pola meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak pada a_{11} (4,55), kemudian mengalami penurunan pada a_{12} (3,46). Nilai rasa yang tinggi merupakan kondisi yang baik karena mengindikasikan rasa nasi yang semakin tidak pahit dan lebih disukai panelis, sehingga peningkatan skor hingga 9–10 jam menunjukkan peningkatan penerimaan rasa, sedangkan penurunan pada 12 jam mengindikasikan penurunan penerimaan terhadap rasa produk.

Secara umum, skor rasa cenderung meningkat seiring bertambahnya lama perendaman hingga mencapai 9-10 jam, yang menunjukkan berkurangnya rasa pahit atau sepat akibat kandungan tanin. Hal ini sejalan dengan mekanisme kerja ozon sebagai agen oksidatif kuat yang mampu mendegradasi senyawa antinutrisi seperti tanin melalui reaksi oksidasi, sehingga semakin lama waktu kontak antara air *nanobubble* ozon dengan beras sorgum, semakin besar pula peluang tanin untuk terdegradasi dan terlarut ke dalam media perendaman (Farizha *et al.*, 2021; Ramdayani & Murtini, 2022). Penurunan pada skor rasa perlakuan a₁₂ (12 jam), meskipun memiliki waktu kontak ozon paling lama, diduga tidak disebabkan oleh peningkatan rasa pahit, melainkan oleh munculnya rasa menyimpang lain yang timbul akibat kadar air produk yang jauh melampaui batas standar (15,80%).

Dilihat dari tahap pengeringannya, penggunaan *freeze dryer* selama 14 jam pada penelitian ini memiliki kelebihan berupa suhu proses yang rendah, sehingga senyawa cita rasa alami sorgum yang telah terbentuk selama perendaman dan pemasakan dapat dipertahankan dengan baik tanpa banyak mengalami kerusakan akibat panas, berbeda dengan pengeringan menggunakan suhu tinggi yang berisiko menimbulkan rasa gosong atau rasa menyimpang lainnya. Akan tetapi, *freeze drying* tidak dirancang untuk mengurangi kadar air secara agresif dalam waktu singkat, sehingga apabila kadar air awal produk sebelum pengeringan sudah terlalu tinggi akibat perendaman yang berlebihan, seperti pada perlakuan a₁₂, waktu pengeringan selama 14 jam menjadi kurang memadai untuk menurunkan kadar air secara optimal. Kondisi inilah yang diduga turut berkontribusi terhadap munculnya rasa menyimpang pada perlakuan tersebut.

4.2 Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo)

Penentuan perlakuan terbaik pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode De Garmo dengan mempertimbangkan seluruh respon yang diamati secara komprehensif, meliputi respon fisik (densitas kamba, daya serap air, rasio pengembangan, dan waktu rehidrasi), respon kimia (kadar air dan kadar gula reduksi), serta respon organoleptik (warna, aroma, tekstur, dan rasa). Metode De Garmo dilakukan dengan menentukan arah normalitas dan bobot variabel (BV) untuk setiap parameter pengujian dalam rentang nilai 0–1. Selanjutnya, bobot normal (BN) ditentukan berdasarkan tingkat kepentingan masing-masing parameter. Setelah nilai BN diperoleh, dilakukan perhitungan nilai efektivitas pada setiap parameter, kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai hasil untuk setiap perlakuan berdasarkan parameter yang diuji (Kartika *et al.*, 2025).

Tabel 15. Bobot Variabel, Bobot Normal, dan Arah Normalitas

Parameter	Arah Normalitas	Bobot Variabel	Bobot Normal
Kadar Air	Rendah	5	0,15
Waktu Rehidrasi	Rendah	5	0,15
Rasa	Tinggi	4	0,12
Tekstur	Tinggi	4	0,12
Daya Serap Air	Tinggi	3	0,09
Rasio Pengembangan	Tinggi	3	0,09
Aroma	Tinggi	3	0,09
Gula Reduksi	Rendah	2	0,06
Densitas Kamba	Rendah	2	0,06
Warna	Tinggi	2	0,06
Total Bobot		33	1,00

Kadar air diberikan bobot tertinggi karena parameter ini merupakan syarat mutu yang paling mendasar bagi produk nasi instan. Sebagai produk kering yang diharapkan memiliki umur simpan panjang, kadar air nasi sorgum instan harus berada di bawah batas maksimal yang disyaratkan, yaitu 12% bb (Kementrian Pertanian, 2024), karena kadar air yang terlalu tinggi akan mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan menurunkan stabilitas produk selama penyimpanan. Waktu rehidrasi, atribut rasa, dan tekstur juga diberikan bobot tertinggi karena parameter ini secara langsung mencerminkan nilai jual utama dari produk nasi instan, yaitu kepraktisan dan kecepatan penyajian serta merupakan penentu akhir penerimaan konsumen terhadap suatu produk pangan. Daya serap air dan rasio pengembangan diberikan bobot menengah karena keduanya merupakan parameter fisik pendukung. Aroma turut diberikan bobot yang sama, karena pengaruhnya terhadap penerimaan konsumen umumnya tidak sekuat rasa dan tekstur pada produk sereal instan. Densitas kamba dan warna diberikan bobot terendah, karena sebagai parameter pendukung dan hasil analisis variansi pada penelitian ini menunjukkan bahwa keduanya tidak dipengaruhi secara nyata oleh lama perendaman air *nanobubble* ozon. Kadar gula reduksi juga diberikan bobot rendah, karena parameter ini lebih bersifat sebagai indikator pendukung derajat modifikasi pati selama pengolahan (Luna *et al.*, 2015), bukan merupakan syarat mutu wajib pada produk nasi instan.

Tabel 16. Data Rata-Rata Perlakuan Tiap Parameter

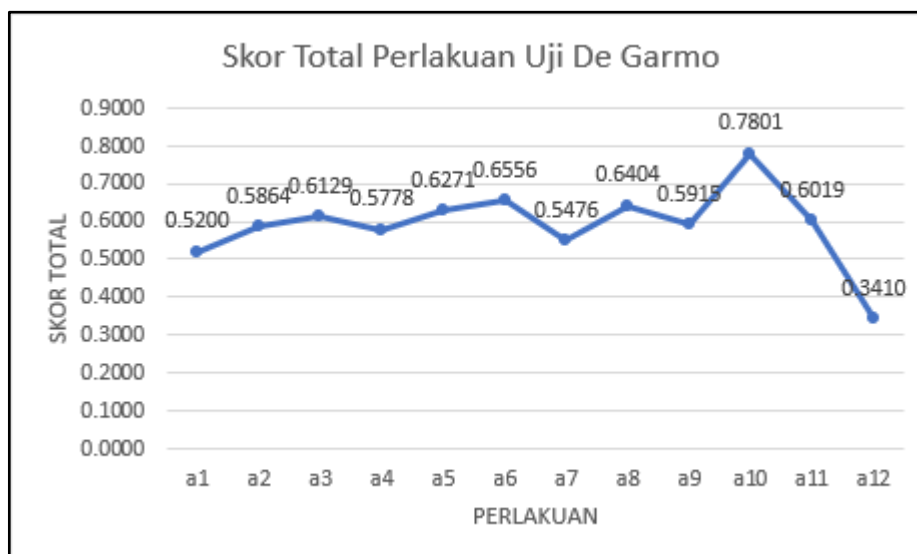
DATA RATA-RATA PERLAKUAN										
Perlakuan	Air	Waktu Rehidrasi	Rasa	Tekstur	Daya Serap	Rasio	Aroma	Gula Reduksi	Densitas Kamba	Warna
a ₁	5,07	2,48	4.35	3.73	62,36	117,64	3.83	0,35	1,68	3.30
a ₂	5,71	2,45	4.37	4.63	61,42	126,92	3.63	0,29	1,71	3.73
a ₃	5,45	2,35	4.20	4.30	59,18	143,33	3.90	0,17	1,71	4.07
a ₄	5,35	2,34	4.40	3.73	63,21	165,53	3.33	0,17	1,70	3.43
a ₅	4,97	2,19	4.15	3.82	61,66	141,81	4.13	0,23	1,70	3.91
a ₆	4,67	2,01	4.36	3.85	60,66	163,64	3.41	0,11	1,69	3.80
a ₇	5,25	1,57	4.21	3.78	65,25	84,21	3.27	0,59	1,71	3.66
a ₈	5,36	1,48	4.41	3.78	61,64	100,00	3.52	0,29	1,67	3.58
a ₉	5,98	1,43	4.56	3.88	56,58	85,00	3.55	0,23	1,67	3.48
a ₁₀	5,91	1,35	4.73	4.70	61,25	103,12	3.80	0,23	1,69	3.88
a ₁₁	11,43	1,34	4.55	3.38	62,92	162,50	3.58	0,11	1,73	3.57
a ₁₂	15,80	1,24	3.46	3.16	58,64	166,67	2.78	0,05	1,72	3.38
Nilai Tertinggi	15,80	2,48	4,73	4,70	65,25	166,67	4,13	0,59	1,73	4,07
Nilai Terendah	4,67	1,24	3,46	3,16	56,58	84,21	2,78	0,05	1,67	3,30

Tabel 17. Nilai Efektivitas Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Parameter

NILAI EFEKTIVITAS (NE)										
Perlakuan	Air	Waktu	Rasa	Tekstur	Daya Serap	Rasio	Aroma	Gula Reduksi	Densitas Kamba	Warna
a ₁	0,964	0,000	0.701	0.370	0,667	0,405	0.778	0,444	0,833	0.000
a ₂	0,907	0,024	0.717	0.955	0,547	0,518	0.630	0,556	0,333	0.558
a ₃	0,930	0,105	0.583	0.740	0,300	0,717	0.830	0,778	0,333	1.000
a ₄	0,939	0,113	0.740	0.370	0,765	0,986	0.407	0,778	0,500	0.169
a ₅	0,973	0,234	0.543	0.429	0,586	0,699	1.000	0,667	0,500	0.792
a ₆	1,000	0,379	0.709	0.448	0,471	0,963	0.467	0,889	0,667	0.649
a ₇	0,948	0,734	0.591	0.403	1,000	0,000	0.363	0,000	0,333	0.468
a ₈	0,938	0,806	0.748	0.403	0,584	0,191	0.548	0,556	1,000	0.364
a ₉	0,882	0,847	0.866	0.468	0,000	0,010	0.570	0,667	1,000	0.234
a ₁₀	0,889	0,911	1.000	1.000	0,539	0,229	0.756	0,667	0,667	0.753
a ₁₁	0,393	0,919	0.858	0.143	0,731	0,949	0.593	0,889	0,000	0.351
a ₁₂	0,000	1,000	0.000	0.000	0,238	1,000	0.000	1,000	0,167	0.104

Tabel 18. Nilai Hasil Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Parameter

NILAI HASIL (NH)											
Perlakuan	Air	Waktu	Rasa	Tekstur	Daya Serap	Rasio	Aroma	Gula Reduksi	Densitas Kamba	Warna	Skor Total
a ₁	0,145	0,000	0.085	0.045	0,061	0,037	0.071	0,027	0,051	0.000	0.5200
a ₂	0,137	0,004	0.087	0.116	0,050	0,047	0.057	0,034	0,020	0.034	0.5864
a ₃	0,141	0,016	0.071	0.090	0,027	0,065	0.075	0,047	0,020	0.061	0.6129
a ₄	0,142	0,017	0.090	0.045	0,070	0,090	0.037	0,047	0,030	0.010	0.5778
a ₅	0,147	0,035	0.066	0.052	0,053	0,064	0.091	0,040	0,030	0.048	0.6271
a ₆	0,152	0,057	0.086	0.054	0,043	0,088	0.042	0,054	0,040	0.039	0.6556
a ₇	0,144	0,111	0.072	0.049	0,091	0,000	0.033	0,000	0,020	0.028	0.5476
a ₈	0,142	0,122	0.091	0.049	0,053	0,017	0.050	0,034	0,061	0.022	0.6404
a ₉	0,134	0,128	0.105	0.057	0,000	0,001	0.052	0,040	0,061	0.014	0.5915
a ₁₀	0,135	0,138	0.121	0.121	0,049	0,021	0.069	0,040	0,040	0.046	0.7801
a ₁₁	0,059	0,139	0.104	0.017	0,066	0,086	0.054	0,054	0,000	0.021	0.6019
a ₁₂	0,000	0,152	0.000	0.000	0,022	0,091	0.000	0,061	0,010	0.006	0.3410



Gambar 3. Grafik Skor Total Penentuan Perlakuan Terbaik Pada Masing-Masing Perlakuan

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode De Garmo, menunjukkan bahwa nilai hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan a_{10} (10 jam) lama perendaman dengan skor total 0,7801 sebagaimana terlihat pada grafik pada gambar 3. Perlakuan a_{10} unggul pada parameter kadar air, waktu rehidrasi dan skor rasa yang memberikan kontribusi lebih besar terhadap nilai efektivitas, meskipun pada parameter rasio pengembangan dan daya serap airnya lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa metode indeks efektivitas De Garmo tidak menjadikan satu parameter unggulan saja sebagai penentu, melainkan mengakumulasi kontribusi seluruh parameter sesuai proporsi kepentingannya masing-masing (Agustia *et al.*, 2025).

Sebagai pelengkap karakterisasi perlakuan terbaik, dilakukan pula analisis kadar protein (metode Kjeldahl) dan kadar lemak (metode Soxhlet) khusus pada perlakuan a_{10} (10 jam), yaitu perlakuan dengan skor efektivitas De Garmo tertinggi. Kedua analisis ini tidak diterapkan pada seluruh taraf perlakuan a_1 – a_{12} sehingga

tidak disertai ANAVA maupun uji lanjut Duncan, hasilnya digunakan untuk melengkapi gambaran nilai gizi produk terbaik yang dihasilkan.

Kadar protein nasi sorgum instan pada perlakuan a_{10} sebesar 11,36%, berada pada kisaran atas kandungan protein biji sorgum secara umum, yaitu sekitar 10,4% (Suarni, 2012) hingga 8–12% (Widowati *et al.*, 2010), bahkan lebih tinggi dibandingkan beras yang hanya berkisar 6–10%. Tingginya kadar protein yang tetap terjaga ini mengindikasikan bahwa perendaman 10 jam dalam air *nanobubble* ozon tidak menyebabkan kehilangan protein yang berarti, karena fraksi protein utama sorgum yaitu kafirin (32,6–58,8% dari total protein) bersifat hidrofobik dan sukar larut air sehingga tidak mudah tercuci ke dalam air perendaman, sementara proses pengeringan beku bersuhu rendah turut mencegah denaturasi protein akibat panas.

Kadar lemak nasi sorgum instan pada perlakuan a_{10} sebesar 2,20%, berada pada batas bawah kisaran umum kadar lemak biji sorgum, yaitu 2–6% (Widowati *et al.*, 2010), dan sejalan dengan laporan Suarni (2012) yang mencatat kadar lemak sorgum sekitar 3,1%. Nilai yang relatif rendah ini diduga disebabkan oleh sebagian lemak dan asam lemak bebas di permukaan biji yang terlarut bersama air selama 10 jam perendaman, serta teroksidasi oleh sifat oksidatif ozon dalam air *nanobubble*. Dari sisi nilai fungsional produk, kadar lemak yang rendah ini justru menjadi nilai tambah karena berpotensi memperpanjang umur simpan produk akibat rendahnya risiko ketengikan oksidatif selama penyimpanan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan tentang: (5.1) Kesimpulan dan (5.2) Saran.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh lama perendaman beras sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) dengan air *nanobubble* terhadap karakteristik nasi sorgum instan dapat disimpulkan:

1. Lama Perendaman berpengaruh nyata terhadap rasio pengembangan, daya serap air, waktu rehidrasi, kadar air, kadar gula reduksi, serta atribut aroma, rasa, tekstur, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap densitas kamba dan atribut warna.
2. Berdasarkan metode indeks efektivitas De Garmo, perlakuan a_{10} (lama perendaman 10 jam) terpilih sebagai perlakuan terbaik dengan skor total sebesar 0,7801.
3. Analisis protein dan lemak pada perlakuan terbaik (a_{10}) menunjukkan kadar protein sebesar 11,36% dan kadar lemak sebesar 2,20%

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan:

1. Perlu dilakukan analisis umur simpan dan uji mikrobiologi terhadap nasi sorgum instan, untuk memastikan stabilitas produk selama penyimpanan.
2. Perlu dilakukan perbandingan perendaman sampel dengan air *nanobubble* dan perendaman sampel dengan air biasa untuk melihat pengaruh perbedaan pada perlakuan perendaman terhadap beras sorgum.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A., Ng, W. J., & Liu, Y. (2011). **Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment.** *Chemosphere*, 84(9), 1175–1180.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.05.054>
- Agustia, F. C., Salma, R., Hamidah, S. A., Dewi, K. R., & Sanayei, S. (2025). **Total Phenolic Content and Hedonik Quality of Germinated Jack Bean Tempeh at Different Fermentation Times and Packaging Types.** *Journal of Agri-Food Science and Technology*, 76–82.
- Amrinola, W., Widowati, S., & Hariyadi, P. (2015). **Metode Pembuatan Sorgum Sosoh Rendah Tanin Pada Pembuatan Nasi Sorgum (Sorghum bicolor L) Instan.** *Industrial Engineering Department*, 6(1), 9.
- AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** *Association of Official Analytical Chemists, Inc.*
- Asiah, N., & Djaeni, M. (2021). **Konsep Dasar Proses Pengeringan Pangan.** *AE Publishing*.
- Awika, J., & Rooney, L. (2004). **Sorghum Phytochemicals and Their Potential Impact on Human Health.** *Phytochemistry*, 65(9), 1199–1221.
- Badan Pusat Statistik. (2024). **Perkembangan impor beras Indonesia.**
- Cahyadi, W., Taufik, Y., & Riadi, F. (2023). **SORGUM Inovasi Teknologi dan Produk.** *Pustaka Jaya*.
- De Garmo, E. D., Sullivan, W. G., & Canada, J. R. (1984). **Engineering Economics.** *Macmillan Publishing Company*.
- Delvina, M., Razak, A., & Diliarosta, S. (2024). **Efektivitas Penggunaan Air Nanobubble dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman: A Mini Review.** *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2, 211–218.
<https://doi.org/10.59435/gjmi.v2i12.1126>
- Domas, G. P. (2021). **Rice Science and Technology (Ilmu dan Teknologi Beras).** <https://www.researchgate.net/publication/348662050>.

- Efrizal, M., Saputra, D., Moulina, M. A., Azhari, D., & Prasetya, A. (2025). **PERLAKUAN TERBAIK SERTA PENDAPATAN DAN KEUNTUNGAN ES KRIM DAUN KELOR DAN JAMUR SAWIT.** *Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)* *Integrative Perspectives of Social and Science Journal*, 2(3).
- Fan, W., Zhou, W., & Zhang, Y. (2019). **Properties and applications of nanobubbles: A review.** *Chemical Engineering Journal*.
- Farizha, K. M., Legowo, A. M., & Pratama, Y. (2021). **Artikel Review: Aplikasi Teknologi Ozon Pada Bahan Pangan.** *Jurnal Teknologi Pangan*, 5(1), 27–29. www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tekpangan.
- Fauziyah, Y., Nanda, M. A., & Yusuf, A. (2023). **Analisis Kinerja Pembangkit Gelembung Mikro dan Nano Tipe Pressurized Dissolution untuk Mengidentifikasi Potensi Penggunaannya di Bidang Pertanian.** *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 4(1), 658–667. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v4i1.690>
- Fellows, P. J. (2009). **Food Processing Technology: Principles and Practice (3rd ed.).** *Woodhead Publishing*.
- Gaspersz, V. (1995). **Teknik Analisa Dalam Penelitian Percobaan.** *Penerbit Tarsito*.
- Gunten, U. Von. (2003). **Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation.** *Water Research*, 37, 1443–1467.
- Habibi, N. A., Fathia, S., & Utami, C. T. (2019). **Perubahan Karakteristik Bahan Pangan pada Keripik Buah dengan Metode Freeze drying (Review).** *Jurnal Sains Terapan*, 5(2), 67–76.
- Hanafiah, K. A. (2014). **Rancangan Percobaan: Teori dan Aplikasi (3rd ed.).** *PT. Raja Grafindo Persada*.
- ISO. (2017). **Fine bubble technology—General principles for usage and measurement of fine bubbles—Part 1: Terminology (ISO 20480-1:2017).** *International Organization for Standardization*.
- Janah, F. N., & Barokah, U. (2025). **Kajian Preferensi Konsumen Terhadap Beberapa Jenis Varietas Sorgum Melalui Uji Organoleptik.** *Nusantara Hasana Journal*, 5(2), 187–196.
- Javed, M., Matloob, A., Ettoumi, F. E., Sheikh, A. R., Zhang, R., & Xu, Y. (2023). **Novel nanobubble technology in food science: Application and**

mechanism. In *Food Innovation and Advances* (Vol. 2, Number 2, pp. 135–144). Maximum Academic Press. <https://doi.org/10.48130/FIA-2023-0014>

Kartika, T., Ningtias, D. A., Salma, F. S., Ulfuadah, R. A., Alhazazie, N., & Nurtiana, W. (2025). **Karakteristik Organoleptik dan Fisikokimia Bolen Dengan Substitusi Tepung Bayam (*Amaranthus hybridus* L.).** . *Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 16.

Kementrian Pertanian. (2024). **Info Teknologi: Tingkatkan Umur Simpan dan Kualitas Produk dengan Teknologi *Freeze drying*.** *Balai Besar Perpustakaan Dan Literasi Pertanian*. <https://pustaka.bppsdp.pertanian.go.id/info-literasi/info-teknologi-tingkatkan-umur-simpan-dan-kualitas-produk-dengan-teknologi-freeze-drying>

Kusmiadi. (2011). **Sorgum.** [Http://Riwankusmiadi.Ubb.Ac.Id](http://Riwankusmiadi.Ubb.Ac.Id).

Luna, P., Herawati, H., Widowati, S., & Prianto, A. (2015). **Pengaruh Kandungan Amilosa Terhadap Karakteristik Fisik dan Organoleptik Nasi Instan.** *Indonesian Journal of Agricultural Postharvest Research*, 12(1), 1.

Mattjik, A. A., & Sumertajaya, I. M. (2006). **Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab.** *IPB Press, Bogor*.

Meo, F., & Tokan, F. B. (2023). **Pemanfaatan Sorgum Dalam Menunjang Ketahanan Pangan Rumah Tangga Di Desa Lamabelawa, Kabupaten Flores Timur.** *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 2095–2104.

Montgomery, D. C. (2017). ***Design and Analysis of Experiments*** (J. Wiley & Sons, Eds.; 9th ed.).

Muchtadi, T. R., Sugiyono, & Ayustaningwarno, F. (2015). **Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan (5th ed.).** *Alfabeta*.

Paipan, S., & Abrar, M. (2020). **Analisis Kondisi Ketergantungan Impor Beras di Indonesia.** *Jurnal Perspektif Ekonomi Darussalam*, 6(2), 212–222.

Prasetya, W., & Yastanto, A. J. (2023). **Evaluasi Waktu Pengeringan pada Metode *Freeze drying* terhadap Karakteristik Kacang Tanah, Bawang Putih dan Tomat Menggunakan Alat Labconco FreeZone 2.5 L.** *JOURNAL OF LABORATORY ISSN*, 6(2), 100–105.

- Prayudhia, M. C. (2024). ***Diversifikasi Sebagai Cara Menjaga Ketahanan Pangan Nasional.***
- Purwaningrum, B. A., Taqi, F. M., & Muhandri, T. (2025). **Pengembangan Nasi Sorgum Instan dengan Teknologi Fluidized Bed Dryer dan Penambahan Gliserol.** *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 36(1), 84–94.
- Rachmawati, A. N., Saputro, H. G., & Firmansyah, A. (2025). **Systematic Literature Review: Metode Pembuatan Nasi Instan dan Potensinya dalam Upaya Pengembangan Olahan Nasi sebagai Kekayaan Gastronomi Nusantara.** *TOBA: Journal of Tourism, Hospitality, and Destination*, 4(3), 305–311. <https://doi.org/10.55123/toba.v4i3.6017>
- Ramdayani, H., & Murtini, E. S. (2022). **Pengaruh Suhu dan Lama Pembekuan Terhadap Kualitas Nasi Sorgum Instan.** *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(1), 61–72.
- Rekhate, C. V., & Srivastava, J. K. (2020). **Recent advances in ozone-based advanced oxidation processes for treatment of wastewater- A review.** *Chemical Engineering Journal Advances*, 3, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.100031>
- Shin, G.-A., & Sobsey, M. D. (2003). **Reduction of Norwalk Virus, Poliovirus 1, and Bacteriophage MS2 by Ozone Disinfection of Water.** *Applied and Environmental Microbiology*, 69(7), 3975–3978. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.7.3975-3978.2003>
- Sitoe, E. da P. E., Pacheco, F. C., & Chilala, F. D. (2025). **Advances in ozone technology for preservation of grains and end products: Application techniques, control of microbial contaminants, mitigation of mycotoxins, impact on quality, and regulatory approvals.** In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 24, Number 3). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70173>
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1993). **Prinsip dan Prosedur Statistika: Suatu Pendekatan Biometrik.** PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Suarni. (2012). **Potensi Sorgum sebagai Bahan Pangan Fungsional.** *IPTEK TANAMAN PANGAN*, 7(1), 58.
- Suarni. (2017). **Peranan Sifat Fisikokimia Sorgum dalam Diversifikasi Pangan dan Industri serta Prospek Pengembangannya.** *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 35(3), 99. <https://doi.org/10.21082/jp3.v35n3.2016.p99-110>

- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (2010). **Analisa Bahan Makanan dan Pertanian (2nd ed.)**. *Liberty Yogyakarta*.
- Sulistyowati, D. D., Widiyono, W., Insaniy, G. F., & Desmawati, I. (2022). **Morfologi Daun Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L) sebagai Respon terhadap Cekaman Kekeringan**. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 3(1), 643–654. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v3i1.360>
- Suyastiri, N. M. (2008). **Diversifikasi Konsumsi Pangan Pokok Berbasis Potensi Lokal Dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan Rumah tangga Pedesaan di Kecamatan Semin Kabupaten Gunung Kidul**. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 13(1), 51.
- Takahashi, M. (2005). **Potential of Microbubbles in Aqueous Solutions: Electrical Properties of the Gas–Water Interface**. *Journal of Physical Chemistry B*, 109(46), 21858–21864. <https://doi.org/10.1021/jp0445270>
- Takahashi, M., Chiba, K., & Li, P. (2007). **Free-radical generation from collapsing microbubbles in the absence of a dynamic stimulus**. *The Journal of Physical Chemistry B*, 111(6), 1343–1347.
- Tarigan, J. H. (2015). **Pengaruh Lama Pengeringan Terhadap Kualitas Serbuk Residu Daging Ikan Gabus (*Ophiocephalus striatus*) Dengan Metode Freeze Drying**. *Universitas Brawijaya*.
- Terasaka, K., Hirabayashi, A., Nishino, T., Fujioka, S., & Kobayashi, D. (2011). **Development of microbubble aerator for waste water treatment using aerobic activated sludge**. *Chemical Engineering Science*, 66(14), 3172–3179. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2011.02.043>
- Thom, P. T., Hai, L. D., & Khoi, N. T. (2024). **Application of Nano Bubble Aeration Technology in Domestic Wastewater Treatment: Optimization of Gas Flow and Reaction Time**. *Journal of Global Ecology and Environment*, 20(4), 146–154. <https://doi.org/10.56557/jogee/2024/v20i48929>
- Wahyuni, R. (2011). **OPTIMASI PENGOLAHAN KEMBANG GULA JELLY CAMPURAN KULIT DAN DAGING BUAH NAGA SUPER MERAH (*Hylocereus costaricensis*) DAN PRAKIRAAN BIAYA PRODUKSI**. *Teknologi Pangan: Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*.
- Wang, X., Liu, J., & Zhang, W. (2021). **Stability and applications of bulk nanobubbles: A review**. *Journal of Molecular Liquids*, 116–130.

- Wardhani, A. W. K., Muhandri, T., Faridah, D. N., & Andarwulan, N. (2024). **Karakteristik Fisik, Kimia, Fungsional, dan Sensori Nasi Gurih Instan Dibandingkan dengan Nasi Putih Instan.** *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 35(1), 92–105. <https://doi.org/10.6066/jtip.2024.35.1.92>
- Widowati, S. (2010). **Karakteristik Mutu Gizi dan Diversifikasi Pangan Berbasis Sorgum (*Sorghum vulgare*).** *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 373–382.
- Widowati, S., Asni, N., & Nuraeni, F. (2020). **Formulasi, Karakteristik, dan Optimasi Waktu Rehidrasi Produk Nasi Kuning Instan.** *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(2), 95–107.
- Widowati, S., Sasmitaloka, K. S., & Banurea, I. R. (2020). **Karakteristik Fisikomia dan Fungsional Nasi Instan.** *Jurnal Pangan*, 29(2), 87.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rancangan Percobaan Penelitian

Pada penelitian ini penentuan jumlah ulangan menggunakan rumus yang bersumber dari Gaspersz, (1955) sebagai berikut:

$$(r-1)(t-1) \geq 15$$

r = Jumlah Ulangan

t = Jumlah Perlakuan

Maka:

$$(r-1)(t-1) \geq 15$$

$$(r-1)(12-1) \geq 15$$

$$11(r-1) \geq 15$$

$$11r-11 \geq 15$$

$$11r \geq 26$$

$$r \geq 2,36 \sim 2 \text{ kali ulangan}$$

Maka dari itu, penelitian ini didapatkan 12 perlakuan dengan 2 kali ulangan sehingga menghasilkan 24 satuan percobaan.

Lampiran 2. Analisis Densitas Kamba

Penentuan densitas kamba dilakukan dengan memasukkan sampel ke dalam gelas ukur hingga volumenya mencapai 50 ml. Pengisian perlu dilakukan hingga benar-benar padat. Kemudian semua bahan dikeluarkan dari gelas ukur dan ditimbang beratnya. Densitas kamba bahan akan dinyatakan dalam g/ml (Muchtadi *et al.*, 2015).

Lampiran 3. Analisis Daya Serap Air

Penentuan daya serap air pada beras dilakukan dengan memasukan 10 ml air ke dalam tabung reaksi, kemudian tabung diletakkan di dalam penangas air 80°C. Lalu ditimbang 1 gram beras kemudian dimasukkan ke dalam tabung tersebut dan dipanaskan selama 20 menit, kemudian ditiriskan dan selanjutnya ditimbang berat bahan setelah dimasak (Muchtadi *et al.*, 2015).

$$\% \text{ Daya Serap Air} = \frac{A-B}{A+B} \times 100$$

Keterangan:

A = (Berat Tabung + Bahan Setelah Dimasak Tanpa Air) – Berat Tabung

B = (Berat Sampel)

Lampiran 4. Analisis Rasio Pengembangan

Penentuan rasio pengembangan pada beras dilakukan berdasarkan hasil perbandingan bahan sebelum dimasak dan sesudah dimasak. Pelaksanaannya dilakukan dengan memasukkan 10 ml air ke dalam tabung reaksi, kemudian tabung diletakkan di dalam penangas air 80°C. Lalu ditimbang 1 gram beras kemudian dimasukkan ke dalam tabung tersebut dan dipanaskan selama 20 menit, kemudian ditiriskan dan selanjutnya ditimbang berat bahan setelah dimasak (Muchtadi *et al.*, 2015).

$$\% \text{ Rasio Pengembangan} = \frac{Ta2-Tb2}{Ta1-Tb1} \times 100$$

Keterangan:

Ta1 = Tinggi Air + Bahan Sebelum Pemanasan

Ta2 = Tinggi Air + Bahan Setelah Pemanasan

Tb1 = Tinggi Bahan Sebelum Pemanasan

Tb2 = Tinggi Bahan Setelah Pemanasan

Lampiran 5. Analisis Waktu Rehidrasi

Penentuan waktu rehidrasi dilakukan dengan memasak air hingga mendidih (100°C) lalu masukan nasi sorgum instan yang sudah diwadahi terlebih dahulu dengan saringan, lalu hitung waktu yang dibutuhkan nasi sorgum instan kering untuk menyerap air hingga tekstur nasi sorgum instan menjadi lunak seperti nasi.

Lampiran 6. Analisis Kadar Air Metode Gravimetri

Penentuan kadar air didasarkan pada perbedaan berat sampel sebelum dan sesudah dikeringkan (AOAC, (2005).

- a. Cawan porselin dikeringkan terlebih dahulu selama 1 jam pada suhu 105°C.
- b. Cawan yang telah dikeringkan, lalu didinginkan dalam desikator selama 10 menit dan ditimbang hingga beratnya konstan.
- c. Sampel yang akan dianalisa ditimbang sebanyak 2 gram dalam cawan tersebut, kemudian dikeringkan dalam *oven* pada suhu 100-105°C selama 2 jam atau sampai mencapai beratnya tetap (konstan).
- d. Beratnya tetap. Kadar air dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{(B-C)}{(B-A)} \times 100$$

Keterangan:

A = Bobot cawan kering konstan (gram)

B = Bobot cawan kering konstan dan sampel awal (gram)

C = Bobot xawan dan sampel kering konstan (gram)

Lampiran 7. Analisis Gula Reduksi Metode Luff Schoorl

Analisis gula reduksi bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan gula yang terdapat biji sorgum yang diitung sebagai gula reduksi (Sudarmadji *et al.*, 2010).

Prosedur pengukur Analisa gula reduksi adalah:

1. Sampel ditimbang 2 gram dan ditambahkan aquadest hingga tanda batas dalam labu takar.
2. Dipipet 10 ml, larutan sampel masing-masing ke dalam erlenmeyer.
3. Ditambahkan 10 ml reagen Luff Schoorl dan aquadest 50 ml.
4. Dipanaskan hingga mendidih selama 15 menit, lalu didinginkan pada suhu ruang.
5. Tambahkan 15 ml larutan asam sulfat 6 N dan ditambahkan 1,5 gram KI aduk sehingga homogen.
6. Dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N hingga warna kuning mentah (pucat).
7. Ditambahkan 2 ml amilum 1%, lalu dihomogenkan.
8. Dititrasi kembali dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N hingga TAT biru hilang.
9. Ditentukan kadar gula reduksi, dengan rumus:

$$\% \text{ Kadar Gula Reduksi} = \frac{(\text{mg Gula Reduksi})}{(\text{mg Sampel})} \times \text{FP} \times 100$$

Lampiran 8. Formulir Uji Organoleptik Mutu Hedonik Nasi Sorgum Instan

Tabel 19. Formulir Uji Organoleptik Mutu Hedonik Nasi Sorgum Instan

UJI MUTU HEDONIK				
Nama : _____ NRP : _____ Tanggal Pengujian : _____ Jenis Sampel : Nasi Sorgum Instan Berikan penilaian dengan memberi skor sesuai dengan skala mutu hedonik sebagai berikut:				
Penilaian Atribut Warna, Aroma, dan Tekstur		Penilaian Atribut Rasa		
1. Sangat Tidak Kuat 2. Tidak Kuat 3. Agak Tidak Kuat 4. Agak Kuat 5. Kuat 6. Sangat Kuat		1. Sangat Pahit 2. Pahit 3. Agak Pahit 4. Agak Tidak Pahit 5. Tidak Pahit 6. Sangat Tidak Pahit		
Atribut Kode Sampel	Warna Putih Kekuningan	Aroma Khas Nasi	Tekstur Pulen	Rasa Nasi
514				
194				
680				
828				
480				
986				
109				
569				
296				
683				
337				
376				
323				
Komentar: _____				

Lampiran 9. Analisis Protein Metode Kjeldahl

Analisis Protein bertujuan untuk menentukan kandungan nitrogen total, yang selanjutnya digunakan untuk mengestimasi kandungan protein berdasarkan perubahan nitrogen organik menjadi garam amonium dengan cara destruksi dengan asam sulfat pekat dan pemakaian suatu katalisator yang sesuai, hasil destruksi di destilasi dalam suasana basa kuat, gas amonia yang terbentuk dalam destilat ditampung dalam suasana asam baku yang berlebih, kelebihan asam dititrasi dengan larutan basa baku dengan menggunakan indikator yang sesuai (Sudarmadji *et al.*, 2010).

Prosedur analisis kadar protein adalah:

1. Timbang 2 gram sampel yang telah dihaluskan
2. Masukkan ke dalam labu kjedahl dan tambahkan 5 gram garam kjedahl dan beberapa batu didih
3. Masukkan 25 ml asam sulfat pekat melalui dinding labu
4. Atur labu dalam posisi miring 45°C di dalam lemari asam
5. Panaskan dengan api kecil kemudian dengan api besar sampai larutan mendidih
6. Biarkan sampai jernih, dan dinginkan
7. Tambahkan 25 ml aquadest lalu dinginkan
8. Masukkan ke dalam labu takar 100 ml, bilas labu kjedahl dengan 15 ml aquadest, dinginkan tambahkan aquadest hingga tanda batas dan kocok
9. Siapkan alat destilasi makro dengan menggunakan kondensor, bola kaca pengaman adaptor panjang

10. Letakkan labu erlenmeyer pada ujung kondensor yang berisi 25 ml larutan baku HCl 0,1 N atur hingga ujung adaptor terendam oleh larutan baku HCl
11. Pada labu destilasi masukan 20 ml larutan NaOH 30%, 5 ml larutan natrium tiosulfat dan 2 butir granula zink
12. Pipet 10 ml larutan sampel, masukan kedalam labu destilasi air pendingin kondensor
13. Lakukan destilasi dengan api kecil, kemudian api besar sampai cairan dalam labu tinggal sepertiganya
14. Setelah destilasi, bilas hati-hati kondensor dan adaptor dengan 10 ml aquadest, tampung langsung pada erlenmeyer yang berisi larutan baku HCl
15. Tambahkan 3 tetes indikator phenopthalien
16. Titrasi dengan larutan baku NaOH 0,1 N sampai tepat warna merah muda
17. Dari volume NaOH yang didapatkan dari titrasi, hitung kandungan nitrogen dalam sampel, dengan perhitungan:

$$\text{Kadar Nitrogen} = \frac{(\text{Vb} - \text{Vs}) \times \text{N NaOH} \times \text{FP} \times \text{BE Nitrogen}}{\text{Bobot Sampel}} \times 100$$

$$\text{Kadar Protein} = \text{Kadar Nitrogen} \times \text{FK}$$

Lampiran 10. Analisis Lemak Metode Soxhlet

Analisis lemak bertujuan untuk menentukan kadar lemak yang terkandung dalam suatu bahan berdasarkan perkolasi pelarut melalui sampel padat yang menghasilkan ekstraksi komponen yang larut dalam pelarut. Setelah itu, pelarut diuapkan untuk mendapatkan berat dari komponen yang di ekstrak, yaitu lemak (Sudarmadji *et al.*, 2010).

Prosedur analisis kadar lemak adalah:

1. Keringkan labu lemak dalam oven, dinginkan dalam eksikator dan timbang
2. Timbang 5 gram sampel dalam saringan timbal, kemudian tutup
3. Letakan timbel atau kertas saring yang berisi sampel tersebut dalam alat ekstraksi soxhlet, kemudian pasang alat kondensor diatasnya dan labu lemak dibawahnya
4. Tuang pelarut dietil-ether kedalam labu lemak secukupnya sesuai dengan ukuran soxhlet yang digunakan
5. Lakukan refluks selama minimum 2 jam sampai pelarut yang turun kembali ke labu lemak berwarna jernih
6. Destilasi pelarut yang ada dalam labu lemak tampung pelarutnyam selanjutnya labu yang berisi lemak hasil ekstraksi dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C
7. Setelah dikeringkan sampai berat teta dan didinginkan dalam eksikator, timbang labu beserta lemaknya tersebut, berat lemak dapat dihitung dengan rumus:

$$Kadar\ Lemak\ (\%) = \frac{(W1 - W0)}{W\ sampel} \times 100$$

Lampiran 11. Perhitungan Kebutuhan Sampel

Tabel 20. Kebutuhan Sampel

Analisis	Berat Sampel (gram)	Banyaknya	Jumlah (gram)
Densitas Kamba	10	24	240
Daya Serap Air	1	24	24
Rasio Pengembangan	1	24	24
Waktu Rehidrasi	1	24	24
Kadar Air	2	24	48
Kadar Gula Reduksi	2	24	48
Organoleptik	5	360	1800
Total			2208

Lampiran 12. Kebutuhan Bahan Penelitian

Tabel 21. Kebutuhan Penelitian

No	Nama Bahan	Harga (Rp)	Satuan	Jumlah	Total (Rp)
1.	Sorgum	0	Kg	4	0
2.	Air	300,-	L	10	3.000,-
Total					Rp3.000,-

Lampiran 13. Kebutuhan Analisis Penelitian

Tabel 22. Kebutuhan Analisis Penelitian

No	Analisis	Jumlah	Unit	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	Uji Kadar Air	24	Sampel	3.000	72.000
2.	Uji Kadar Gula Reduksi	24	Sampel	25.000	600.000
3.	Uji Protein	1	Sampel	55.000	55.000
4.	Uji Lemak	1	Sampel	35.000	35.000
5.	Sewa Laboratorium	1	Periode	250.000	250.000
6.	<i>Freeze drying</i>	42	Jam	0	0
Total					Rp1.012.000

Lampiran 14. Perhitungan Analisis Densitas Kamba

Tabel 23. Data Pengujian Analisis Densitas Kamba

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	1,70	1,67	3,37	1,68
a ₂ (2 jam)	1,72	1,70	3,42	1,71
a ₃ (3 jam)	1,72	1,70	3,42	1,71
a ₄ (4 jam)	1,71	1,68	3,39	1,70
a ₅ (5 jam)	1,71	1,69	3,40	1,70
a ₆ (6 jam)	1,69	1,70	3,39	1,69
a ₇ (7 jam)	1,71	1,70	3,41	1,71
a ₈ (8 jam)	1,68	1,66	3,34	1,67
a ₉ (9 jam)	1,69	1,66	3,35	1,67
a ₁₀ (10 jam)	1,71	1,67	3,38	1,69
a ₁₁ (11 jam)	1,72	1,73	3,45	1,73
a ₁₂ (12 jam)	1,71	1,73	3,44	1,72
Jumlah	20,47	20,29	40,76	20,38

Tabel 24. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Densitas Kamba
a ₁	1,68±0,02
a ₂	1,71±0,01
a ₃	1,71±0,01
a ₄	1,70±0,02
a ₅	1,70±0,01
a ₆	1,69±0,01
a ₇	1,71±0,01
a ₈	1,67±0,01
a ₉	1,67±0,02
a ₁₀	1,69±0,03
a ₁₁	1,73±0,01
a ₁₂	1,72±0,01

Perhitungan :

- **FK**

$$= \frac{(Total)^2}{\sum Sampel \times \sum Ulangan}$$

$$= \frac{(40,76)^2}{12 \times 2} = 69,224$$

- **JKT**

$$= [(n_1)^2 + (n_2)^2 + \dots + (n_n)^2] - FK$$

$$= [(1,70)^2 + (1,67)^2 + (1,72)^2 + \dots + (1,73)^2] - 69,224$$

$$= 0,010$$

- **JKP**

$$= \left[\frac{(\sum a_1)^2 + (\sum a_2)^2 + (\sum a_3)^2 + \dots + (\sum a_{12})^2}{\sum Ulangan} \right] - FK$$

$$= \left[\frac{(3,37)^2 + (3,42)^2 + (3,42)^2 + \dots + (3,44)^2}{2} \right] - 69,224$$

$$= 0,006$$

- **JKK**

$$= \left[\frac{(\sum Ulangan 1)^2 + (\sum Ulangan 2)^2}{\sum Sampel} \right] - FK$$

$$= \left[\frac{(20,47)^2 + (20,29)^2}{12} \right] - 69,224$$

$$= 0,001$$

- **JKG**

$$= JKT - JKP - JKK$$

$$= 0,010 - 0,006 - 0,001 = 0,003$$

Tabel 25. Analisis Variansi (ANAVA) Analisis Densitas Kamba

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,001	0,001	5,00	4,84
Perlakuan	11	0,006	0,001	2,02	2,82
Galat	11	0,003	0,00027	-	-
Total	23	0,010	-	-	-

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANAVA diketahui bahwa nilai F hitung untuk faktor kelompok > daripada F tabel pada taraf 5%, sedangkan F hitung untuk faktor perlakuan (lama perendaman) < daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a tidak berpengaruh nyata terhadap respon fisik densitas kamba, dan tidak perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

Lampiran 15. Perhitungan Analisis Rasio Pengembangan

Diketahui :

Tinggi Air Sebelum Pemanasan = 4,70 cm

Tinggi Bahan Sebelum Pemanasan = 3,00 cm

Tinggi Air Setelah Pemanasan = 4,40 cm

Tinggi Bahan Setelah Pemanasan = 2,50 cm

Ditanyakan : % Rasio Pengembangan?

Jawab :

$$\% \text{ Rasio Pengembangan} = \frac{T_{a2} - T_{b2}}{T_{a1} - T_{b1}} \times 100$$

$$= \frac{4,40 - 2,50}{4,70 - 3,00} \times 100$$

$$= 111,76 \%$$

Tabel 26. Data Pengujian Analisis Rasio Pengembangan

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	111,76	123,53	235,29	117,64
a ₂ (2 jam)	130,77	123,08	253,85	126,92
a ₃ (3 jam)	140,00	146,67	286,67	143,33
a ₄ (4 jam)	172,73	158,33	331,06	165,53
a ₅ (5 jam)	188,89	94,74	283,63	141,81
a ₆ (6 jam)	163,64	163,64	327,28	163,64
a ₇ (7 jam)	84,21	84,21	168,42	84,21
a ₈ (8 jam)	93,33	106,67	200,00	100,00
a ₉ (9 jam)	85,00	85,00	170,00	85,00
a ₁₀ (10 jam)	106,25	100,00	206,25	103,12
a ₁₁ (11 jam)	150,00	175,00	325,00	162,50
a ₁₂ (12 jam)	166,67	166,67	333,34	166,67
Jumlah	1593,25	1527,54	3120,79	1560,395

Tabel 27. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Rasio Pengembangan
a ₁	117,64±8,32
a ₂	126,92±5,44
a ₃	143,33±4,72
a ₄	165,53±10,18
a ₅	141,81±66,57
a ₆	163,64±0,00
a ₇	84,21±0,00
a ₈	100,00±9,43
a ₉	85,00±0,00
a ₁₀	103,12±4,42
a ₁₁	162,50±17,68
a ₁₂	166,67±0,00

Tabel 28. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Rasio Pengembangan

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	179,909	179,909	0,40	4,84
Perlakuan	11	22036,928	2003,357	4,50	2,82
Galat	11	4897,971	445,270	-	-
Total	23	27114,808	-	-	-

Keterangan :

tn  = tidak berpengaruh nyata*  = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANOVA diketahui bahwa nilai F hitung untuk faktor kelompok < daripada F tabel pada taraf 5%, sedangkan F hitung untuk faktor perlakuan (lama perendaman) > daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a berpengaruh nyata terhadap respon fisik rasio pengembangan, dan perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

- Uji Lanjut Duncan Respon Fisik Rasio Pengembangan

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{445,270}{2}} = 14,92$$

Tabel 29. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Fisik Rasio Pengembangan

Uji Lanjut Duncan																
SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata Perlakuan		Perlakuan												Tarf Nyata 5%
		Nilai	Kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-	-	84,21	a7	-												a
3,11	46,404	85,00	a9	0,79	-											a
3,27	48,792	100,00	a8	15,79	15,00	-										ab
3,35	49,985	103,12	a10	18,91	18,12	3,12	-									ab
3,39	50,582	117,64	a1	33,43	32,64	17,64	14,52	-								abc
3,43	51,179	126,92	a2	42,71	41,92	26,92	23,80	9,28	-							abc
3,44	51,328	141,81	a5	57,60	56,81	41,81	38,69	24,17	14,89	-						bc
3,45	51,477	143,33	a3	59,12	58,33	43,33	40,21	25,69	16,41	1,52	-					bc
3,46	51,627	162,50	a11	78,29	77,50	62,50	59,38	44,86	35,58	20,69	19,17	-				c
3,46	51,627	163,64	a6	79,43	78,64	63,64	60,52	46,00	36,72	21,83	20,31	1,14	-			c
3,46	51,627	165,53	a4	81,32	80,53	65,53	62,41	47,89	38,61	23,72	22,20	3,03	1,89	-		c
3,46	51,627	166,67	a12	82,46	81,67	66,67	63,55	49,03	39,75	24,86	23,34	4,17	3,03	1,14	-	c

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Lampiran 16. Perhitungan Analisis Daya Serap Air

Diketahui :

Tabung Kosong = 37,185 gr

Sampel = 1,006 gr

Tabung + Sampel Tanpa Air = 41,534 gr

Ditanyakan : % Daya Serap Air?

Jawab :

• **A**

= (Tabung + Sampel Tanpa Air) – Tabung Kosong

= 41,534 – 37,185 = 4,349

• **% Daya Serap Air**

= $\frac{A-B}{A+B} \times 100$

= $\frac{4,349 - 1,006}{4,349 + 1,006} \times 100$

= 62,43 %

Tabel 30. Data Pengujian Analisis Daya Serap Air

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a₁ (1 jam)	62,43	62,29	124,72	62,36
a₂ (2 jam)	61,51	61,34	122,85	61,42
a₃ (3 jam)	59,27	59,10	118,37	59,18
a₄ (4 jam)	63,28	63,14	126,42	63,21
a₅ (5 jam)	61,74	61,59	123,33	61,66
a₆ (6 jam)	60,73	60,60	121,33	60,66
a₇ (7 jam)	65,36	65,15	130,51	65,25
a₈ (8 jam)	61,71	61,57	123,28	61,64
a₉ (9 jam)	56,42	56,74	113,16	56,58
a₁₀ (10 jam)	61,34	61,17	122,51	61,25
a₁₁ (11 jam)	63,09	62,76	125,85	62,92
a₁₂ (12 jam)	58,50	58,78	117,28	58,64
Jumlah	735,38	734,23	1469,61	734,77

Tabel 31. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Daya Serap Air
a ₁	62,36±0,10
a ₂	61,42±0,12
a ₃	59,18±0,12
a ₄	63,21±0,10
a ₅	61,66±0,11
a ₆	60,66±0,09
a ₇	65,25±0,15
a ₈	61,64±0,10
a ₉	56,58±0,23
a ₁₀	61,25±0,12
a ₁₁	62,92±0,23
a ₁₂	58,64±0,20

Tabel 32. Analisis Variansi (ANAVA) Analisis Daya Serap Air

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,055	0,055	2,97	4,84
Perlakuan	11	114,997	10,454	563,03	2,82
Galat	11	0,204	0,019	-	-
Total	23	115,257	-	-	-

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANAVA diketahui bahwa nilai F hitung untuk faktor kelompok < daripada F tabel pada taraf 5%, sedangkan F hitung untuk faktor perlakuan (lama perendaman) > daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a berpengaruh nyata terhadap respon fisik daya serap air, dan perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

- Uji Lanjut Duncan Respon Fisik Daya Serap Air

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,019}{2}} = 0,097$$

Tabel 33. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Fisik Daya Serap Air

Uji Lanjut Duncan																
SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata Perlakuan		Perlakuan												Taraf Nyata 5%
		Nilai	Kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-	-	56,58	a9	-												a
3,11	0,300	58,64	a12	2,06	-											b
3,27	0,315	59,18	a3	2,60	0,54	-										c
3,35	0,323	60,66	a6	4,08	2,02	1,48	-									d
3,39	0,327	61,25	a10	4,67	2,61	2,07	0,59	-								e
3,43	0,330	61,42	a2	4,84	2,78	2,24	0,76	0,17	-							ef
3,44	0,331	61,64	a8	5,06	3,00	2,46	0,98	0,39	0,22	-						f
3,45	0,332	61,66	a5	5,08	3,02	2,48	1,00	0,41	0,24	0,02	-					f
3,46	0,333	62,36	a1	5,78	3,72	3,18	1,70	1,11	0,94	0,72	0,70	-				g
3,46	0,333	62,92	a11	6,34	4,28	3,74	2,26	1,67	1,50	1,28	1,26	0,56	-			h
3,46	0,333	63,21	a4	6,63	4,57	4,03	2,55	1,96	1,79	1,57	1,55	0,85	0,29	-		h
3,46	0,333	65,25	a7	8,67	6,61	6,07	4,59	4,00	3,83	3,61	3,59	2,89	2,33	2,04	-	i

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Lampiran 17. Perhitungan Analisis Waktu Rehidrasi

Diketahui :

Sampel = 1 gr

% Daya Serap Air = 62,40 %

Ditanyakan : Ratio Air untuk Rehidrasi?

Jawab :

$$= \frac{\text{Sampel}}{(\text{Sampel} - \text{Daya Serap Air})}$$

$$= \frac{1}{(1 - 0,624)} = 2,66 \text{ ml}$$

Maka rasio rehidrasinya 1 : 2,66 (sampel : air)

Tabel 34. Data Rasio Rehidrasi

Kode Sampel	Sampel (gr)	Rasio Rehidrasi (mL)
a1	1,000	2,66
a2	1,000	2,60
a3	1,000	2,46
a4	1,000	2,72
a5	1,000	2,61
a6	1,000	2,55
a7	1,000	2,89
a8	1,000	2,61
a9	1,000	2,29
a10	1,000	2,59
a11	1,000	2,71
a12	1,000	2,41

Tabel 35. Data Pengujian Analisis Waktu Rehidrasi

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	2,50	2,46	4,96	2,48
a ₂ (2 jam)	2,42	2,48	4,90	2,45
a ₃ (3 jam)	2,37	2,34	4,71	2,35
a ₄ (4 jam)	2,32	2,36	4,68	2,34
a ₅ (5 jam)	2,18	2,21	4,39	2,19
a ₆ (6 jam)	2,03	2,00	4,03	2,01
a ₇ (7 jam)	1,55	1,59	3,14	1,57
a ₈ (8 jam)	1,50	1,47	2,97	1,48
a ₉ (9 jam)	1,42	1,45	2,87	1,43
a ₁₀ (10 jam)	1,37	1,34	2,71	1,35
a ₁₁ (11 jam)	1,32	1,36	2,68	1,34
a ₁₂ (12 jam)	1,23	1,26	2,49	1,24
Jumlah	22,21	22,32	44,53	22,23

Tabel 36. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Waktu Rehidrasi
a ₁	2,48±0,03
a ₂	2,45±0,04
a ₃	2,35±0,02
a ₄	2,34±0,03
a ₅	2,19±0,02
a ₆	2,01±0,02
a ₇	1,57±0,03
a ₈	1,48±0,02
a ₉	1,43±0,02
a ₁₀	1,35±0,02
a ₁₁	1,34±0,03
a ₁₂	1,24±0,02

Tabel 37. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Waktu Rehidrasi

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,001	0,001	0,73	4,84
Perlakuan	11	5,306	0,482	693,95	2,82
Galat	11	0,008	0,001	-	-
Total	23	5,314	-	-	-

Keterangan :

tn  = tidak berpengaruh nyata

*  = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANAVA diketahui bahwa nilai F hitung untuk faktor kelompok < daripada F tabel pada taraf 5%, sedangkan F hitung untuk faktor perlakuan (lama perendaman) > daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a tidak berpengaruh nyata terhadap respon fisik waktu rehidrasi, dan perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

- Uji Lanjut Duncan Respon Fisik Waktu Rehidrasi

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,001}{2}} = 0,022$$

Tabel 38. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Fisik Waktu Rehidrasi

Uji Lanjut Duncan															
SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata Perlakuan		Perlakuan											
		Nilai	Kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	1,24	a12	-											a
3,11	0,058	1,34	a11	0,10	-										b
3,27	0,061	1,35	a10	0,11	0,01	-									b
3,35	0,062	1,43	a9	0,19	0,09	0,08	-								c
3,39	0,063	1,48	a8	0,24	0,14	0,13	0,05	-							c
3,43	0,064	1,57	a7	0,33	0,23	0,22	0,14	0,09	-						d
3,44	0,064	2,01	a6	0,77	0,67	0,66	0,58	0,53	0,44	-					e
3,45	0,064	2,19	a5	0,95	0,85	0,84	0,76	0,71	0,62	0,18	-				f
3,46	0,065	2,34	a4	1,10	1,00	0,99	0,91	0,86	0,77	0,33	0,15	-			g
3,46	0,065	2,35	a3	1,11	1,01	1,00	0,92	0,87	0,78	0,34	0,16	0,01	-		g
3,46	0,065	2,45	a2	1,21	1,11	1,10	1,02	0,97	0,88	0,44	0,26	0,11	0,10	-	h
3,46	0,065	2,48	a1	1,24	1,14	1,13	1,05	1,00	0,91	0,47	0,29	0,14	0,13	0,03	-

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Lampiran 18. Perhitungan Analisis Kadar Air

Diketahui :

Cawan Konstan = 19,988 gr

Sampel = 2,017 gr

Cawan + Sampel Kering = 21,885 gr

Ditanyakan : % Kadar Air?

Jawab :

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{(B-C)}{(B-A)} \times 100$$

$$= \frac{(22,005 - 21,885)}{(22,005 - 19,988)} \times 100$$

$$= 5,95 \%$$

Tabel 39. Data Pengujian Analisis Kadar Air

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	5,95	4,20	10,15	5,07
a ₂ (2 jam)	6,56	4,86	11,42	5,71
a ₃ (3 jam)	6,25	4,65	10,90	5,45
a ₄ (4 jam)	5,26	5,44	10,70	5,35
a ₅ (5 jam)	4,92	5,03	9,95	4,97
a ₆ (6 jam)	4,57	4,77	9,34	4,67
a ₇ (7 jam)	5,22	5,28	10,50	5,25
a ₈ (8 jam)	5,17	5,56	10,73	5,36
a ₉ (9 jam)	5,93	6,03	11,96	5,98
a ₁₀ (10 jam)	5,83	5,99	11,82	5,91
a ₁₁ (11 jam)	11,89	10,97	22,86	11,43
a ₁₂ (12 jam)	15,19	16,41	31,60	15,80
Jumlah	82,74	79,19	161,93	80,95

Tabel 40. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Kadar Air
a ₁	5,07±1,24
a ₂	5,71±1,20
a ₃	5,45±1,13
a ₄	5,35±0,13
a ₅	4,97±0,08
a ₆	4,67±0,14
a ₇	5,25±0,04
a ₈	5,36±0,28
a ₉	5,98±0,07
a ₁₀	5,91±0,11
a ₁₁	11,43±0,65
a ₁₂	15,80±0,86

Tabel 41. Analisis Variansi (ANAVA) Analisis Kadar Air

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,525	0,525	1,15	4,84
Perlakuan	11	248,572	22,597	49,35	2,82
Galat	11	5,036	0,458	-	-
Total	23	254,133	-	-	-

Keterangan :

tn  = tidak berpengaruh nyata

*  = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANAVA diketahui bahwa nilai F hitung untuk faktor kelompok < daripada F tabel pada taraf 5%, sedangkan F hitung untuk faktor perlakuan (lama perendaman) > daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a berpengaruh nyata terhadap respon kimia kadar air, dan perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

- Uji Lanjut Duncan Respon Kimia Kadar Air

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,458}{2}} = 0,479$$

Tabel 42. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Kimia Kadar Air

Uji Lanjut Duncan																
SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata Perlakuan		Perlakuan												Tarf Nyata 5%
		Nilai	Kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-	-	4,67	a6	-												a
3,11	1,488	4,97	a5	0,30	-											a
3,27	1,565	5,07	a1	0,40	0,10	-										a
3,35	1,603	5,25	a7	0,58	0,28	0,18	-									a
3,39	1,622	5,35	a4	0,68	0,38	0,28	0,10	-								a
3,43	1,641	5,36	a8	0,69	0,39	0,29	0,11	0,01	-							a
3,44	1,646	5,45	a3	0,78	0,48	0,38	0,20	0,10	0,09	-						a
3,45	1,651	5,71	a2	1,04	0,74	0,64	0,46	0,36	0,35	0,26	-					a
3,46	1,655	5,91	a10	1,24	0,94	0,84	0,66	0,56	0,55	0,46	0,20	-				a
3,46	1,655	5,98	a9	1,31	1,01	0,91	0,73	0,63	0,62	0,53	0,27	0,07	-			a
3,46	1,655	11,43	a11	6,76	6,46	6,36	6,18	6,08	6,07	5,98	5,72	5,52	5,45	-		b
3,46	1,655	15,80	a12	11,13	10,83	10,73	10,55	10,45	10,44	10,35	10,09	9,89	9,82	4,37	-	c

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Lampiran 19. Perhitungan Analisis Gula Reduksi

$$\% \text{ Kadar Gula Reduksi} = \frac{(\text{mg Gula Reduksi})}{(\text{mg Sampel})} \times \text{FP} \times 100$$

Diketahui :

$$W \text{ KIO}_3 = 0,043 \text{ gr}$$

$$BE \text{ KIO}_3 = 35,667$$

$$V \text{ blanko} = 12,50 \text{ mL}$$

$$\text{Vol Na tiosulfat} = 12,30 \text{ mL}$$

$$\text{FP} = 100/10$$

$$\text{Sampel} = 2,005 \text{ gr}$$

Ditanyakan : % Kadar Gula Reduksi?

Jawab :

- **N Na₂S₂O₃**

$$= \frac{W \text{ KIO}_3 \times 1000}{BE \text{ KIO}_3 \times V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$= \frac{0,043 \times 1000}{35,667 \times 12,30}$$

$$= 0,0980 \text{ N}$$

- **mL Na₂S₂O₃**

$$= \frac{(V \text{ Blanko} - V \text{ Sampel}) \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{0,1}$$

$$= \frac{(12,50 - 12,20) \times 0,0980}{0,1}$$

$$= 0,294 \text{ mL}$$

- **mg gula (tabel)**

$$= d + \left[\frac{(b - a)}{(c - a)} \right] \times (e - d)$$

$$= 0 + \left[\frac{(0,294 - 0)}{(1 - 0)} \right] \times (2,4 - 0)$$

$$= 0,706 \text{ mg}$$

- **Kadar Gula Reduksi (%)**

$$= \frac{\text{mg gula reduksi}}{\text{mg sampel} \times 1000} \times \text{FP} \times 100$$

$$= \frac{0,706}{2,005 \times 1000} \times 10 \times 100$$

$$= 0,35 \%$$

Tabel 43. Data Pengujian Analisis Gula Reduksi

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a₁ (1 jam)	0,35	0,35	0,70	0,35
a₂ (2 jam)	0,35	0,23	0,58	0,29
a₃ (3 jam)	0,23	0,11	0,34	0,17
a₄ (4 jam)	0,23	0,11	0,34	0,17
a₅ (5 jam)	0,23	0,23	0,46	0,23
a₆ (6 jam)	0,23	0,00	0,23	0,11
a₇ (7 jam)	0,59	0,59	1,18	0,59
a₈ (8 jam)	0,23	0,35	0,58	0,29
a₉ (9 jam)	0,11	0,35	0,46	0,23
a₁₀ (10 jam)	0,11	0,35	0,46	0,23
a₁₁ (11 jam)	0,00	0,23	0,23	0,11
a₁₂ (12 jam)	0,11	0,00	0,11	0,05
Jumlah	2,77	2,90	5,67	2,84

Tabel 44. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Gula Reduksi
a ₁	0,35±0,00
a ₂	0,29±0,08
a ₃	0,17±0,08
a ₄	0,17±0,08
a ₅	0,23±0,00
a ₆	0,11±0,16
a ₇	0,59±0,00
a ₈	0,29±0,08
a ₉	0,23±0,17
a ₁₀	0,23±0,17
a ₁₁	0,11±0,16
a ₁₂	0,05±0,08

Tabel 45. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Gula Reduksi

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,001	0,001	4,84	4,84
Perlakuan	11	0,430	0,039	2,97	2,82
Galat	11	0,145	0,013	-	-
Total	23	0,575	-	-	-

Keterangan :

tn  = tidak berpengaruh nyata

*  = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANOVA diketahui bahwa nilai F hitung untuk faktor kelompok $\leq$ daripada F tabel pada taraf 5%, sedangkan F hitung untuk faktor perlakuan (lama perendaman) $>$ daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a berpengaruh nyata terhadap respon kimia gula reduksi, dan perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

- Uji Lanjut Duncan Respon Kimia Gula Reduksi

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,013}{2}} = 0,081$$

Tabel 46. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Kimia Gula Reduksi

Uji Lanjut Duncan																
SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata Perlakuan		Perlakuan												Taraf Nyata 5%
		Nilai	Kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-	-	0,05	a12	-												a
3,11	0,252	0,11	a6	0,06	-											ab
3,27	0,265	0,11	a11	0,06	0,00	-										ab
3,35	0,272	0,17	a3	0,12	0,06	0,06	-									ab
3,39	0,275	0,17	a4	0,12	0,06	0,06	0,00	-								ab
3,43	0,278	0,23	a5	0,18	0,12	0,12	0,06	0,06	-							ab
3,44	0,279	0,23	a9	0,18	0,12	0,12	0,06	0,06	0,00	-						ab
3,45	0,280	0,23	a10	0,18	0,12	0,12	0,06	0,06	0,00	0,00	-					ab
3,46	0,281	0,29	a2	0,24	0,18	0,18	0,12	0,12	0,06	0,06	0,06	-				ab
3,46	0,281	0,29	a8	0,24	0,18	0,18	0,12	0,12	0,06	0,06	0,06	0,00	-			ab
3,46	0,281	0,35	a1	0,30	0,24	0,24	0,18	0,18	0,12	0,12	0,12	0,06	0,06	-		bc
3,46	0,281	0,59	a7	0,54	0,48	0,48	0,42	0,42	0,36	0,36	0,36	0,30	0,30	0,24	-	c

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Lampiran 20. Data Hasil Respon Organoleptik Warna Nasi Sorgum Instan

Tabel 47. Data Hasil Pengamatan Organoleptik Atribut Warna (Ulangan 1)

Panelis	KODE SAMPEL																								JUMLAH		RATA-RATA	
	a1		a2		a3		a4		a5		a6		a7		a8		a9		a10		a11		a12					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT		
1	6	2,55	6	2,55	6	2,55	3	1,87	6	2,55	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	5	2,35	58	27,58	4,83	2,30
2	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	2	1,58	4	2,12	3	1,87	43	24,11	3,58	2,01
3	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	54	26,80	4,50	2,23
4	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	41	23,67	3,42	1,97
5	2	1,58	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	2	1,58	2	1,58	4	2,12	3	1,87	2	1,58	3	1,87	34	21,78	2,83	1,82
6	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	38	22,94	3,17	1,91
7	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	54	26,78	4,50	2,23
8	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	3	1,87	37	22,65	3,08	1,89
9	2	1,58	3	1,87	3	1,87	2	1,58	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	2	1,58	5	2,35	4	2,12	1	1,22	35	21,90	2,92	1,83
10	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	61	28,40	5,08	2,37
11	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	6	2,55	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	55	27,02	4,58	2,25
12	2	1,58	2	1,58	5	2,35	4	2,12	2	1,58	4	2,12	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	3	1,87	5	2,35	40	23,24	3,33	1,94
13	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	44	24,40	3,67	2,03
14	1	1,22	2	1,58	5	2,35	2	1,58	2	1,58	5	2,35	3	1,87	2	1,58	2	1,58	5	2,35	2	1,58	1	1,22	32	20,84	2,67	1,74
15	3	1,87	5	2,35	2	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	2	1,58	2	1,58	2	1,58	2	1,58	37	22,45	3,08	1,87
16	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	6	2,55	3	1,87	5	2,35	3	1,87	4	2,12	2	1,58	3	1,87	4	2,12	47	25,04	3,92	2,09
17	5	2,35	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	3	1,87	5	2,35	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	41	23,57	3,42	1,96
18	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	1	1,22	3	1,87	2	1,58	5	2,35	4	2,12	1	1,22	37	22,33	3,08	1,86
19	3	1,87	3	1,87	6	2,55	4	2,12	4	2,12	1	1,22	2	1,58	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	2	1,58	39	22,89	3,25	1,91
20	2	1,58	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	6	2,55	4	2,12	4	2,12	3	1,87	1	1,22	40	23,18	3,33	1,93
21	5	2,35	5	2,35	3	1,87	3	1,87	5	2,35	6	2,55	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	1	1,22	47	24,89	3,92	2,07
22	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	43	24,13	3,58	2,01
23	4	2,12	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	1	1,22	1	1,22	1	1,22	2	1,58	5	2,35	1	1,22	32	20,74	2,67	1,73
24	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	2	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	2	1,58	6	2,55	46	24,75	3,83	2,06
25	5	2,35	2	1,58	4	2,12	3	1,87	6	2,55	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	6	2,55	6	2,55	5	2,35	50	25,65	4,17	2,14
26	5	2,35	4	2,12	4	2,12	2	1,58	2	1,58	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	1	1,22	37	22,44	3,08	1,87
27	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	2	1,58	5	2,35	6	2,55	4	2,12	3	1,87	4	2,12	49	25,52	4,08	2,13
28	3	1,87	4	2,12	5	2,35	2	1,58	5	2,35	2	1,58	5	2,35	2	1,58	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	42	23,76	3,50	1,98
29	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	1	1,22	5	2,35	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	2	1,58	38	22,69	3,17	1,89
30	3	1,87	2	1,58	3	1,87	3	1,87	6	2,55	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	43	24,06	3,58	2,01
JUMLAH	103	58,85	107	59,98	116	62,28	106	59,86	123	63,79	106	59,42	106	59,5	106	59,58	107	59,77	114	61,66	107	59,98	93	55,53	1294	720,2	107,83	60,02
RATA RATA	3,43	1,96	3,57	2,00	3,87	2,08	3,53	2,00	4,10	2,13	3,53	1,98	3,53	1,98	3,53	1,99	3,57	1,99	3,80	2,06	3,57	2,00	3,10	1,85	43,13	24,01	3,59	2,00

Tabel 48. Data Hasil Pengamatan Organoleptik Atribut Warna (Ulangan 2)

Panelis	KODE SAMPEL																								JUMLAH		RATA-RATA	
	a1		a2		a3		a4		a5		a6		a7		a8		a9		a10		a11		a12					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	3	1,87	2	1,58	47	25,07	3,92	2,09
2	3	1,87	5	2,35	5	2,35	2	1,58	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	6	2,55	48	25,27	4,00	2,11
3	5	2,35	5	2,35	3	1,87	3	1,87	2	1,58	6	2,55	3	1,87	5	2,35	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	47	25,00	3,92	2,08
4	6	2,55	4	2,12	3	1,87	2	1,58	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	2	1,58	5	2,35	2	1,58	3	1,87	43	23,96	3,58	2,00
5	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	2	1,58	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	45	24,59	3,75	2,05
6	2	1,58	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	2	1,58	3	1,87	5	2,35	3	1,87	2	1,58	41	23,53	3,42	1,96
7	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	6	2,55	3	1,87	4	2,12	4	2,12	44	24,33	3,67	2,03
8	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	47	25,11	3,92	2,09
9	2	1,58	3	1,87	4	2,12	2	1,58	2	1,58	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	3	1,87	5	2,35	4	2,12	42	23,76	3,50	1,98
10	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	3	1,87	6	2,55	4	2,12	4	2,12	3	1,87	48	25,31	4,00	2,11
11	4	2,12	2	1,58	5	2,35	2	1,58	5	2,35	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	45	24,53	3,75	2,04
12	1	1,22	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	43	24,00	3,58	2,00
13	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	2	1,58	4	2,12	6	2,55	5	2,35	5	2,35	50	25,75	4,17	2,15
14	1	1,22	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	2	1,58	1	1,22	4	2,12	4	2,12	3	1,87	39	22,81	3,25	1,90
15	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	43	24,13	3,58	2,01
16	2	1,58	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	43	24,13	3,58	2,01
17	2	1,58	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	47	25,11	3,92	2,09
18	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	2	1,58	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	44	24,34	3,67	2,03
19	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	2	1,58	2	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	44	24,30	3,67	2,03
20	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	2	1,58	4	2,12	3	1,87	6	2,55	2	1,58	5	2,35	46	24,75	3,83	2,06
21	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	4	2,12	4	2,12	47	25,11	3,92	2,09
22	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	1	1,22	3	1,87	42	23,75	3,50	1,98
23	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87	46	24,88	3,83	2,07
24	1	1,22	3	1,87	6	2,55	3	1,87	6	2,55	4	2,12	2	1,58	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	43	23,86	3,58	1,99
25	3	1,87	4	2,12	3	1,87	2	1,58	1	1,22	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	6	2,55	44	24,12	3,67	2,01
26	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	5	2,35	2	1,58	3	1,87	4	2,12	46	24,84	3,83	2,07
27	3	1,87	4	2,12	6	2,55	4	2,12	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,35	2	1,58	1	1,22	4	2,12	1	1,22	44	23,94	3,67	2,00
28	2	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	3	1,87	4	2,12	3	1,87	2	1,58	42	23,82	3,50	1,99
29	4	2,12	6	2,55	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	47	25,06	3,92	2,09
30	5	2,35	3	1,87	3	1,87	1	1,22	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	1	1,22	4	2,12	2	1,58	4	2,12	38	22,58	3,17	1,88
JUMLAH	95	56,55	117	62,6	128	65,28	100	58,21	112	61,08	122	63,81	114	61,77	109	60,53	102	58,44	119	62,9	107	59,96	110	60,61	1335	731,74	111,25	60,9783
RATA RATA	3,17	1,89	3,90	2,09	4,27	2,18	3,33	1,94	3,73	2,04	4,07	2,13	3,80	2,06	3,63	2,02	3,40	1,95	3,97	2,10	3,57	2,00	3,67	2,02	44,50	24,39	3,71	2,03

Tabel 49. Data Asli Pengujian Organoleptik Atribut Warna

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	3,43	3,17	6,60	3,30
a ₂ (2 jam)	3,57	3,90	7,47	3,73
a ₃ (3 jam)	3,87	4,27	8,14	4,07
a ₄ (4 jam)	3,53	3,33	6,86	3,43
a ₅ (5 jam)	4,10	3,73	7,83	3,91
a ₆ (6 jam)	3,53	4,07	7,60	3,80
a ₇ (7 jam)	3,53	3,80	7,33	3,66
a ₈ (8 jam)	3,53	3,63	7,16	3,58
a ₉ (9 jam)	3,57	3,40	6,97	3,48
a ₁₀ (10 jam)	3,80	3,97	7,77	3,88
a ₁₁ (11 jam)	3,57	3,57	7,14	3,57
a ₁₂ (12 jam)	3,10	3,67	6,77	3,38
Jumlah	43,13	44,51	87,64	43,82

Tabel 50. Data Transformasi Pengujian Organoleptik Atribut Warna

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	1,96	1,89	3,85	1,92
a ₂ (2 jam)	2,00	2,09	4,09	2,04
a ₃ (3 jam)	2,08	2,18	4,26	2,13
a ₄ (4 jam)	2,00	1,94	3,94	1,97
a ₅ (5 jam)	2,13	2,04	4,17	2,08
a ₆ (6 jam)	1,98	2,13	4,11	2,05
a ₇ (7 jam)	1,98	2,06	4,04	2,02
a ₈ (8 jam)	1,99	2,02	4,01	2,00
a ₉ (9 jam)	1,99	1,95	3,94	1,97
a ₁₀ (10 jam)	2,06	2,10	4,16	2,08
a ₁₁ (11 jam)	2,00	2,00	4,00	2,00
a ₁₂ (12 jam)	1,85	2,02	3,87	1,93
Jumlah	24,02	24,42	48,44	24,22

Tabel 51. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Organoleptik (Warna)
a ₁	3,30±0,18
a ₂	3,73±0,23
a ₃	4,07±0,28
a ₄	3,43±0,14
a ₅	3,91±0,26
a ₆	3,80±0,38
a ₇	3,66±0,19
a ₈	3,58±0,07
a ₉	3,48±0,12
a ₁₀	3,88±0,12
a ₁₁	3,57±0,00
a ₁₂	3,38±0,40

Tabel 52. Analisis Variansi (ANAVA) Analisis Organoleptik Warna

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,079	0,079	1,57	4,84
Perlakuan	11	1,223	0,111	2,20	2,82
Galat	11	0,556	0,051		
Total	23	1,858			

Keterangan :

tn  = tidak berpengaruh nyata

*  = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANAVA diketahui bahwa F hitung untuk faktor perlakuan a (lama perendaman) dan faktor kelompok < daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a dan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata terhadap respon organoleptik atribut warna, sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

Lampiran 21. Data Hasil Respon Organoleptik Aroma Nasi Sorgum Instan

Tabel 53. Data Asli Pengujian Organoleptik Atribut Aroma

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	3,77	3,90	7,67	3,83
a ₂ (2 jam)	3,63	3,63	7,26	3,63
a ₃ (3 jam)	3,83	3,97	7,8	3,90
a ₄ (4 jam)	3,27	3,40	6,67	3,33
a ₅ (5 jam)	4,20	4,07	8,27	4,13
a ₆ (6 jam)	3,23	3,59	6,82	3,41
a ₇ (7 jam)	3,37	3,17	6,54	3,27
a ₈ (8 jam)	3,47	3,57	7,04	3,52
a ₉ (9 jam)	3,73	3,37	7,1	3,55
a ₁₀ (10 jam)	3,77	3,83	7,6	3,80
a ₁₁ (11 jam)	3,67	3,50	7,17	3,58
a ₁₂ (12 jam)	2,83	2,73	5,56	2,78
Jumlah	42,77	42,73	85,50	42,75

Tabel 54. Data Transformasi Pengujian Organoleptik Atribut Aroma

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	2,05	2,08	4,13	2,06
a ₂ (2 jam)	2,02	2,02	4,04	2,02
a ₃ (3 jam)	2,07	2,11	4,18	2,09
a ₄ (4 jam)	1,92	1,96	3,88	1,94
a ₅ (5 jam)	2,15	2,12	4,27	2,13
a ₆ (6 jam)	1,90	2,00	3,90	1,95
a ₇ (7 jam)	1,94	1,89	3,83	1,91
a ₈ (8 jam)	1,96	1,99	3,95	1,97
a ₉ (9 jam)	2,03	1,94	3,97	1,98
a ₁₀ (10 jam)	2,05	2,07	4,12	2,06
a ₁₁ (11 jam)	2,03	1,98	4,01	2,00
a ₁₂ (12 jam)	1,76	1,74	3,50	1,75
Jumlah	23,88	23,90	47,78	23,89

Tabel 55. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Organoleptik (Aroma)
a ₁	3,83±0,09
a ₂	3,63±0,00
a ₃	3,90±0,10
a ₄	3,33±0,09
a ₅	4,13±0,09
a ₆	3,41±0,25
a ₇	3,27±0,14
a ₈	3,52±0,07
a ₉	3,55±0,25
a ₁₀	3,80±0,04
a ₁₁	3,58±0,12
a ₁₂	2,78±0,07

Tabel 56. Analisis Variansi (ANAVA) Analisis Organoleptik Aroma

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,000	0,000	0,00	2,82
Perlakuan	11	2,704	0,246	12,82	4,84
Galat	11	0,211	0,019	-	-
Total	23	2,915	-	-	-

Keterangan :

tn  = tidak berpengaruh nyata

*  = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANAVA diketahui bahwa nilai F hitung untuk faktor kelompok < daripada F tabel pada taraf 5%, sedangkan nilai F hitung untuk faktor perlakuan (lama perendaman) > daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a berpengaruh nyata terhadap respon organoleptik atribut aroma dan perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

- Uji Lanjut Duncan Respon Organoleptik Atribut Aroma

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,019}{2}} = 0,097$$

Tabel 57. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Organoleptik Atribut Aroma

Uji Lanjut Duncan																
SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata Perlakuan		Perlakuan												Tarf Nyata 5%
		Nilai	Kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-	-	2,78	a12	-												a
3,11	0,30	3,27	a7	0,49	-											b
3,27	0,32	3,33	a4	0,55	0,06	-										bc
3,35	0,33	3,41	a6	0,63	0,14	0,08	-									bc
3,39	0,33	3,52	a8	0,74	0,25	0,19	0,11	-								bcd
3,43	0,34	3,55	a9	0,77	0,28	0,22	0,14	0,03	-							bcd
3,44	0,34	3,58	a11	0,80	0,31	0,25	0,17	0,06	0,03	-						bcde
3,45	0,34	3,63	a2	0,85	0,36	0,30	0,22	0,11	0,08	0,05	-					cde
3,46	0,34	3,80	a10	1,02	0,53	0,47	0,39	0,28	0,25	0,22	0,17	-				def
3,46	0,34	3,83	a1	1,05	0,56	0,50	0,42	0,31	0,28	0,25	0,20	0,03	-			def
3,46	0,34	3,90	a3	1,12	0,63	0,57	0,49	0,38	0,35	0,32	0,27	0,10	0,07	-		ef
3,46	0,34	4,13	a5	1,35	0,86	0,80	0,72	0,61	0,58	0,55	0,50	0,33	0,30	0,23	-	f

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Lampiran 22. Data Hasil Respon Organoleptik Tekstur Nasi Sorgum Instan

Tabel 58. Data Asli Pengujian Organoleptik Atribut Tekstur

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	3,93	3,53	7,46	3,73
a ₂ (2 jam)	4,73	4,53	9,26	4,63
a ₃ (3 jam)	4,27	4,33	8,60	4,30
a ₄ (4 jam)	3,83	3,63	7,46	3,73
a ₅ (5 jam)	3,87	3,77	7,64	3,82
a ₆ (6 jam)	3,97	3,73	7,70	3,85
a ₇ (7 jam)	3,93	3,63	7,56	3,78
a ₈ (8 jam)	3,77	3,80	7,57	3,78
a ₉ (9 jam)	3,90	3,87	7,77	3,88
a ₁₀ (10 jam)	4,60	4,80	9,40	4,70
a ₁₁ (11 jam)	3,27	3,50	6,77	3,38
a ₁₂ (12 jam)	3,40	2,93	6,33	3,16
Jumlah	47,47	46,05	93,52	46,76

Tabel 59. Data Transformasi Pengujian Organoleptik Atribut Tekstur

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	2,08	1,98	4,06	2,03
a ₂ (2 jam)	2,28	2,24	4,52	2,26
a ₃ (3 jam)	2,17	2,19	4,36	2,18
a ₄ (4 jam)	2,06	2,01	4,07	2,03
a ₅ (5 jam)	2,06	2,05	4,11	2,05
a ₆ (6 jam)	2,10	2,04	4,14	2,07
a ₇ (7 jam)	2,08	2,01	4,09	2,04
a ₈ (8 jam)	2,03	2,04	4,07	2,03
a ₉ (9 jam)	2,07	2,06	4,13	2,06
a ₁₀ (10 jam)	2,24	2,25	4,49	2,24
a ₁₁ (11 jam)	1,90	1,97	3,87	1,93
a ₁₂ (12 jam)	1,95	1,81	3,76	1,88
Jumlah	25,02	24,65	49,67	24,835

Tabel 60. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Organoleptik (Tekstur)
a ₁	3,73±0,28
a ₂	4,63±0,14
a ₃	4,30±0,04
a ₄	3,73±0,14
a ₅	3,82±0,07
a ₆	3,85±0,17
a ₇	3,78±0,21
a ₈	3,78±0,02
a ₉	3,88±0,02
a ₁₀	4,70±0,14
a ₁₁	3,38±0,16
a ₁₂	3,16±0,33

Tabel 61. Analisis Variansi (ANAVA) Analisis Organoleptik Tekstur

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,084	0,084	3,37	4,84
Perlakuan	11	4,466	0,406	16,27	2,82
Galat	11	0,274	0,025	-	-
Total	23	4,824	-	-	-

Keterangan :

tn  = tidak berpengaruh nyata

*  = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANAVA diketahui bahwa nilai F hitung untuk faktor kelompok < daripada F tabel pada taraf 5%, sedangkan F hitung untuk faktor perlakuan (lama perendaman) > daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a berpengaruh nyata terhadap respon organoleptik atribut tekstur dan perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

- Uji Lanjut Duncan Respon Organoleptik Atribut Tekstur

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,025}{2}} = 0,112$$

Tabel 62. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Organoleptik Atribut Tekstur

Uji Lanjut Duncan																
SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata Perlakuan		Perlakuan												Taraf Nyata 5%
		Nilai	Kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-	-	3,16	a12	-												a
3,11	0,35	3,38	a11	0,22	-											ab
3,27	0,37	3,73	a1	0,57	0,35	-										bc
3,35	0,37	3,73	a4	0,57	0,35	0,00	-									bc
3,39	0,38	3,78	a7	0,62	0,40	0,05	0,05	-								c
3,43	0,38	3,78	a8	0,62	0,40	0,05	0,05	0,00	-							c
3,44	0,38	3,82	a5	0,66	0,44	0,09	0,09	0,04	0,04	-						c
3,45	0,39	3,85	a6	0,69	0,47	0,12	0,12	0,07	0,07	0,03	-					c
3,46	0,39	3,88	a9	0,72	0,50	0,15	0,15	0,10	0,10	0,06	0,03	-				c
3,46	0,39	4,30	a3	1,14	0,92	0,57	0,57	0,52	0,52	0,48	0,45	0,42	-			d
3,46	0,39	4,63	a2	1,47	1,25	0,90	0,90	0,85	0,85	0,81	0,78	0,75	0,33	-		de
3,46	0,39	4,70	a10	1,54	1,32	0,97	0,97	0,92	0,92	0,88	0,85	0,82	0,40	0,07	-	e

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Lampiran 23. Data Hasil Respon Organoleptik Rasa Nasi Sorgum Instan

Tabel 63. Data Asli Pengujian Organoleptik Atribut Rasa

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	4,43	4,27	8,70	4,35
a ₂ (2 jam)	4,37	4,37	8,74	4,37
a ₃ (3 jam)	4,20	4,20	8,40	4,20
a ₄ (4 jam)	4,57	4,23	8,80	4,40
a ₅ (5 jam)	4,13	4,17	8,30	4,15
a ₆ (6 jam)	4,33	4,40	8,73	4,36
a ₇ (7 jam)	4,43	4,00	8,43	4,21
a ₈ (8 jam)	4,40	4,43	8,83	4,41
a ₉ (9 jam)	4,50	4,63	9,13	4,56
a ₁₀ (10 jam)	4,70	4,77	9,47	4,73
a ₁₁ (11 jam)	4,60	4,50	9,10	4,55
a ₁₂ (12 jam)	3,53	3,40	6,93	3,46
Jumlah	52,19	51,37	103,56	51,78

Tabel 64. Data Transformasi Pengujian Organoleptik Atribut Rasa

Lama Perendaman (a)	Kelompok Ulangan		Total Perlakuan	Rata-Rata
	I	II		
a ₁ (1 jam)	2,22	2,18	4,40	2,20
a ₂ (2 jam)	2,20	2,20	4,40	2,20
a ₃ (3 jam)	2,16	2,16	4,32	2,16
a ₄ (4 jam)	2,25	2,17	4,42	2,21
a ₅ (5 jam)	2,14	2,15	4,29	2,14
a ₆ (6 jam)	2,19	2,21	4,40	2,20
a ₇ (7 jam)	2,20	2,10	4,30	2,15
a ₈ (8 jam)	2,21	2,22	4,43	2,21
a ₉ (9 jam)	2,23	2,26	4,49	2,24
a ₁₀ (10 jam)	2,27	2,28	4,55	2,27
a ₁₁ (11 jam)	2,25	2,22	4,47	2,23
a ₁₂ (12 jam)	1,98	1,95	3,93	1,96
Jumlah	26,30	26,10	52,40	26,20

Tabel 65. Data dengan Standar Deviasi

Perlakuan	Organoleptik (Rasa)
a ₁	4,35±0,11
a ₂	4,37±0,00
a ₃	4,20±0,00
a ₄	4,40±0,24
a ₅	4,15±0,03
a ₆	4,36±0,05
a ₇	4,21±0,30
a ₈	4,41±0,02
a ₉	4,56±0,09
a ₁₀	4,73±0,05
a ₁₁	4,55±0,07
a ₁₂	3,46±0,09

Tabel 66. Analisis Variansi (ANOVA) Analisis Organoleptik Rasa

Sumber Variasi	Derajat Bebas (dB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,028	0,028	1,89	4,84
Perlakuan	11	2,182	0,198	13,38	2,82
Galat	11	0,163	0,015	-	-
Total	23	2,373	-	-	-

Keterangan :

tn  = tidak berpengaruh nyata

*  = berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANOVA diketahui bahwa nilai F hitung untuk faktor kelompok < daripada F tabel pada taraf 5%, sedangkan F hitung untuk faktor perlakuan (lama perendaman) > daripada F tabel pada taraf 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor a berpengaruh nyata terhadap respon organoleptik atribut rasa dan perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

- Uji Lanjut Duncan Respon Organoleptik Atribut Rasa

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,015}{2}} = 0,087$$

Tabel 67. Uji Lanjut Duncan Analisis Respon Organoleptik Atribut Rasa

Uji Lanjut Duncan																
SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata Perlakuan		Perlakuan												Taraf Nyata 5%
		Nilai	Kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-	-	3,46	a12	-												a
3,11	0,27	4,15	a5	0,69	-											b
3,27	0,28	4,20	a3	0,74	0,05	-										b
3,35	0,29	4,21	a7	0,75	0,06	0,01	-									b
3,39	0,29	4,35	a1	0,89	0,20	0,15	0,14	-								bc
3,43	0,30	4,36	a6	0,90	0,21	0,16	0,15	0,01	-							bc
3,44	0,30	4,37	a2	0,91	0,22	0,17	0,16	0,02	0,01	-						bc
3,45	0,30	4,40	a4	0,94	0,25	0,20	0,19	0,05	0,04	0,03	-					bc
3,46	0,30	4,41	a8	0,95	0,26	0,21	0,20	0,06	0,05	0,04	0,01	-				bc
3,46	0,30	4,55	a11	1,09	0,40	0,35	0,34	0,20	0,19	0,18	0,15	0,14	-			cd
3,46	0,30	4,56	a9	1,10	0,41	0,36	0,35	0,21	0,20	0,19	0,16	0,15	0,01	-		cd
3,46	0,30	4,73	a10	1,27	0,58	0,53	0,52	0,38	0,37	0,36	0,33	0,32	0,18	0,17	-	d

Keterangan :

tn = tidak berpengaruh nyata

* = berpengaruh nyata

Lampiran 24. Perhitungan Penentuan Perlakuan Terbaik (Metode Indeks Efektivitas De Garmo)

Tabel 68. Nilai Tertinggi dan Terendah Dari Rata-Rata Perlakuan

DATA RATA-RATA PERLAKUAN										
Perlakuan	Air	Waktu Rehidrasi	Rasa	Tekstur	Daya Serap	Rasio	Aroma	Gula Reduksi	Densitas Kamba	Warna
a ₁	5,07	2,48	4.35	3.73	62,36	117,64	3.83	0,35	1,68	3.30
a ₂	5,71	2,45	4.37	4.63	61,32	126,92	3.63	0,29	1,71	3.73
a ₃	5,45	2,35	4.20	4.30	59,18	143,33	3.90	0,17	1,71	4.07
a ₄	5,35	2,34	4.40	3.73	63,21	165,53	3.33	0,17	1,70	3.43
a ₅	4,97	2,19	4.15	3.82	61,66	141,81	4.13	0,23	1,70	3.91
a ₆	4,67	2,01	4.36	3.85	60,66	163,64	3.41	0,11	1,69	3.80
a ₇	5,25	1,57	4.21	3.78	65,25	84,21	3.27	0,59	1,71	3.66
a ₈	5,36	1,48	4.41	3.78	61,64	100,00	3.52	0,29	1,67	3.58
a ₉	5,98	1,43	4.56	3.88	56,58	85,00	3.55	0,23	1,67	3.48
a ₁₀	5,91	1,35	4.73	4.70	61,25	103,12	3.80	0,23	1,69	3.88
a ₁₁	11,43	1,34	4.55	3.38	62,92	162,50	3.58	0,11	1,73	3.57
a ₁₂	15,80	1,24	3.46	3.16	58,64	166,67	2.78	0,05	1,72	3.38
Nilai Tertinggi	15,80	2,48	4,73	4,70	66,25	166,67	4,13	0,59	1,73	4,07
Nilai Terendah	4,67	1,24	3,46	3,16	56,58	84,21	2,78	0,05	1,67	3,30

Diketahui :

Bobot variabel = 5

Jumlah bobot = 33

Ditanyakan : Bobot Normal?

Jawab :

$$\text{Bobot Normal} = \frac{BV}{\sum BV} = \frac{5}{33} = 0,15$$

Tabel 69. Bobot Variabel, Bobot Normal, dan Arah Normalitas Pada Masing-Masing Parameter

Parameter	Arah Normalitas	Bobot Variabel	Bobot Normal
Kadar Air	Rendah	5	0,15
Waktu Rehidrasi	Rendah	5	0,15
Rasa	Tinggi	4	0,12
Tekstur	Tinggi	4	0,12
Daya Serap Air	Tinggi	3	0,09
Rasio Pengembangan	Tinggi	3	0,09
Aroma	Tinggi	3	0,09
Gula Reduksi	Rendah	2	0,06
Densitas Kamba	Rendah	2	0,06
Warna	Tinggi	2	0,06
Total Bobot		33	1,00

Diketahui :

Nilai Efektivitas perlakuan a₁ pada parameter kadar air (arah normalitas rendah) dan parameter rasa (arah normalitas tinggi)

Ditanyakan : Nilai Efektivitas?

Jawab :

- **Parameter kadar air (arah normalitas rendah)**

$$\begin{aligned}\text{Nilai Efektivitas} &= \frac{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Perlakuan}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}} \\ &= \frac{15,80 - 5,07}{15,80 - 4,67} \\ &= 0,964\end{aligned}$$

- **Parameter atribut rasa (arah normalitas tinggi)**

$$\begin{aligned}\text{Nilai Efektivitas} &= \frac{\text{Nilai Perlakuan} - \text{Nilai Terendah}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}} \\ &= \frac{2,20 - 1,96}{2,27 - 1,96} \\ &= 0,774\end{aligned}$$

Tabel 70. Hasil Perhitungan Nilai Efektivitas Pada Masing-Masing Perlakuan

NILAI EFEKTIVITAS (NE)										
Perlakuan	Air	Waktu	Rasa	Tekstur	Daya Serap	Rasio	Aroma	Gula Reduksi	Densitas Kamba	Warna
a ₁	0,964	0,000	0.701	0.370	0,667	0,405	0.778	0,444	0,833	0.000
a ₂	0,907	0,024	0.717	0.955	0,547	0,518	0.630	0,556	0,333	0.558
a ₃	0,930	0,105	0.583	0.740	0,300	0,717	0.830	0,778	0,333	1.000
a ₄	0,939	0,113	0.740	0.370	0,765	0,986	0.407	0,778	0,500	0.169
a ₅	0,973	0,234	0.543	0.429	0,586	0,699	1.000	0,667	0,500	0.792
a ₆	1,000	0,379	0.709	0.448	0,471	0,963	0.467	0,889	0,667	0.649
a ₇	0,948	0,734	0.591	0.403	1,000	0,000	0.363	0,000	0,333	0.468
a ₈	0,938	0,806	0.748	0.403	0,584	0,191	0.548	0,556	1,000	0.364
a ₉	0,882	0,847	0.866	0.468	0,000	0,010	0.570	0,667	1,000	0.234
a ₁₀	0,889	0,911	1.000	1.000	0,539	0,229	0.756	0,667	0,667	0.753
a ₁₁	0,393	0,919	0.858	0.143	0,731	0,949	0.593	0,889	0,000	0.351
a ₁₂	0,000	1,000	0.000	0.000	0,238	1,000	0.000	1,000	0,167	0.104

Diketahui :

Perlakuan a_1 pada parameter Kadar Air

Ditanyakan : Nilai Hasil?

Jawab :

Nilai Hasil = Bobot Nilai x Nilai Efektivitas

$$= 0,15 \times 0,964$$

$$= 0,145$$

Tabel 71. Perhitungan Nilai Hasil Pada Masing-Masing Perlakuan

NILAI HASIL (NH)											
Perlakuan	Air	Waktu	Rasa	Tekstur	Daya Serap	Rasio	Aroma	Gula Reduksi	Densitas Kamba	Warna	Skor Total
a ₁	0,145	0,000	0.085	0.045	0,061	0,037	0.071	0,027	0,051	0.000	0.5200
a ₂	0,137	0,004	0.087	0.116	0,050	0,047	0.057	0,034	0,020	0.034	0.5864
a ₃	0,141	0,016	0.071	0.090	0,027	0,065	0.075	0,047	0,020	0.061	0.6129
a ₄	0,142	0,017	0.090	0.045	0,070	0,090	0.037	0,047	0,030	0.010	0.5778
a ₅	0,147	0,035	0.066	0.052	0,053	0,064	0.091	0,040	0,030	0.048	0.6271
a ₆	0,152	0,057	0.086	0.054	0,043	0,088	0.042	0,054	0,040	0.039	0.6556
a ₇	0,144	0,111	0.072	0.049	0,091	0,000	0.033	0,000	0,020	0.028	0.5476
a ₈	0,142	0,122	0.091	0.049	0,053	0,017	0.050	0,034	0,061	0.022	0.6404
a ₉	0,134	0,128	0.105	0.057	0,000	0,001	0.052	0,040	0,061	0.014	0.5915
a ₁₀	0,135	0,138	0.121	0.121	0,049	0,021	0.069	0,040	0,040	0.046	0.7801
a ₁₁	0,059	0,139	0.104	0.017	0,066	0,086	0.054	0,054	0,000	0.021	0.6019
a ₁₂	0,000	0,152	0.000	0.000	0,022	0,091	0.000	0,061	0,010	0.006	0.3410

Tabel 72. Ranking Perlakuan Terbaik Berdasarkan Metode Indeks Efektivitas De Garmo

Ranking Perlakuan		
Perlakuan	Skor Total	Peringkat
a ₁	0.5200	11
a ₂	0.5864	8
a ₃	0.6129	5
a ₄	0.5778	9
a ₅	0.6271	4
a ₆	0.6556	2
a ₇	0.5476	10
a ₈	0.6404	3
a ₉	0.5915	7
a ₁₀	0.7801	1
a ₁₁	0.6019	6
a ₁₂	0.3410	12

Kesimpulan:

Berdasarkan metode Indeks Efektivitas De Garmo, perlakuan a₁₀ memperoleh nilai hasil sebesar 0,7801, sehingga terpilih sebagai perlakuan terbaik dan digunakan untuk analisis lanjutan yaitu analisis protein dan lemak.

Lampiran 25. Perhitungan Analisis Lanjut Uji Kadar Protein

Diketahui :

V blanko = 25,80 mL

V sampel = 23,00 mL

N NaOH = 0,0973

FP = 100/10

BE Nitrogen = 14,008

W sampel = 2,002 gr

FK = 5,95 (Beras)

Ditanyakan : Kadar Protein (%)?

Jawab :

- **Kadar Nitrogen**

$$\text{Kadar Nitrogen} = \frac{(V_b - V_s) \times N \text{ NaOH} \times FP \times BE \text{ Nitrogen}}{\text{Bobot Sampel}} \times 100$$

$$= \frac{(25,80 - 23,00) \times 0,0973 \times 10 \times 14,008}{2,002 \times 1000} \times 100$$

$$= 1,91\%$$

- **Kadar Protein**

$$\text{Kadar Protein} = \text{Kadar Nitrogen} \times FK$$

$$= 1,91\% \times 5,95$$

$$= 11,36 \%$$

Lampiran 26. Perhitungan Analisis Lanjut Uji Kadar Lemak**Diketahui :**

Bobot Labu = 140,350 gr

Bobot labu + lemak kering = 140,460 gr

Bobot sampel = 5,009 gr

Ditanyakan : Kadar Lemak (%)?**Jawab :**

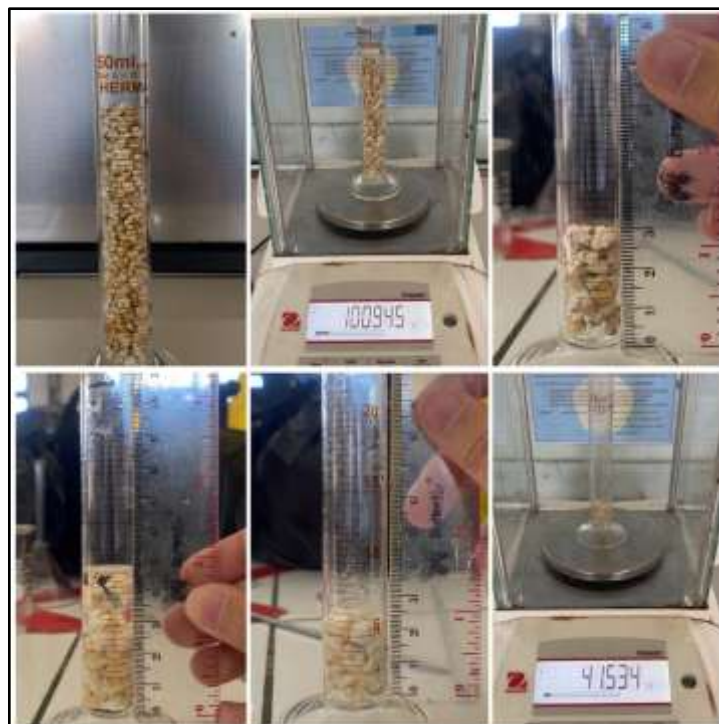
$$\text{Kadar Lemak (\%)} = \frac{(W1 - W0)}{W \text{ sampel}} \times 100$$

$$= \frac{(140,460 - 140,350)}{5,009} \times 100$$

$$= 2,20\%$$

Lampiran 27. Dokumentasi Proses Pembuatan Nasi Sorgum Instan

Gambar 4. Dokumentasi Proses Pembuatan Nasi Sorgum Instan

Lampiran 28. Dokumentasi Analisis Nasi Sorgum Instan

Gambar 5. Dokumentasi Uji Fisik



Gambar 6. Dokumentasi Analisis Kimia Uji Kadar Air



Gambar 7. Dokumentasi Analisis Kimia Uji Gula Reduksi



Gambar 8. Dokumentasi Uji Organoleptik

Lampiran 29. Dokumentasi Analisis Sampel Terbaik Nasi Sorgum Instan

Gambar 9. Analisis Kimia Uji Lemak Pada Sampel Terbaik



Gambar 10. Analisis Kimia Uji Protein Pada Sampel Terbaik