

**PENGARUH KONSENTRASI NATRIUM SITRAT TERHADAP
KARAKTERISTIK NASI SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.)
Moench) INSTAN MENGGUNAKAN METODE
PENGERINGAN BEKU (*FREEZE DRYING*)**

Tugas Akhir

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

Oleh:

**RAISSA RAHMALIA
223020102**



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

ABSTRAK

PENGARUH KONSENTRASI NATRIUM SITRAT TERHADAP KARAKTERISTIK NASI SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) *Moench*) INSTAN MENGGUNAKAN METODE PENGERINGAN BEKU (*FREEZE DRYING*)

Oleh:

Raissa Rahmalia

NPM: 223020102

(Program Studi Teknologi Pangan)

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan sereal sumber karbohidrat yang berpotensi dikembangkan sebagai pangan alternatif untuk mendukung diversifikasi pangan. Salah satu produk yang dikembangkan yaitu nasi sorgum instan karena pemanfaatannya masih menghadapi kendala berupa tekstur biji yang keras dan waktu pemasakan yang relatif lama. Prosedur penelitian utama meliputi persiapan bahan, perendaman, pembilasan, pemasakan, pendinginan suhu ruang, pembekuan, dan pengeringan. Adapun respon yang di analisis meliputi respon fisik, respon kimia, respon organoleptik, dan penentuan sampel terpilih menggunakan metode Indeks Efektivitas De Garmo. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktor dengan 13 taraf konsentrasi natrium sitrat 1–7% dengan interval 0,5% dan dua kali ulangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata pada taraf 5% terhadap densitas kamba, waktu rehidrasi, kadar air, dan seluruh atribut organoleptik, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap daya serap air, rasio pengembangan, dan gula reduksi. Konsentrasi natrium sitrat 5% menjadi perlakuan terpilih dengan nilai hasil sebesar 0,734, di antaranya densitas kamba 0,176 g/mL, daya serap air 63,985%, rasio pengembangan 121,69%, waktu rehidrasi 2,26 menit, kadar air 5,55%, gula reduksi 0,41%, serta skor warna 5,12, aroma 3,63, rasa pahit 4,72, dan tekstur pulen 4,00. Analisis kimia lanjutan menghasilkan kadar amilosa 0,91%, protein 11,06%, dan lemak 3,22%.

Kata kunci: nasi sorgum instan, natrium sitrat, freeze drying, diversifikasi pangan, Indeks Efektivitas De Garmo.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SODIUM CITRATE CONCENTRATION ON THE CHARACTERISTICS OF INSTANT SORGHUM RICE (Sorghum Bicolor (L.) Moench) USING FREEZE-DRYING

By:

Raissa Rahmalia

NPM: 223020102

(Department of Food Technology)

Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) is a cereal source of carbohydrates with potential to be developed as an alternative food to support food diversification. One product developed is instant sorghum rice, since its utilization still faces obstacles in the form of hard grain texture and relatively long cooking time. The main research procedures included material preparation, soaking, rinsing, cooking, cooling at room temperature, freezing, and drying. The responses analyzed included physical responses, chemical responses, organoleptic responses, and determination of the selected sample using the De Garmo Effectiveness Index method. This study used a one-factor Randomized Block Design (RBD) with 13 levels of sodium citrate concentration ranging from 1–7% at 0.5% intervals, with two replications. The results of the analysis showed that sodium citrate concentration had a significant effect at the 5% level on bulk density, rehydration time, moisture content, and all organoleptic attributes, but had no significant effect on water absorption capacity, expansion ratio, and reducing sugar content. A sodium citrate concentration of 5% was selected as the chosen treatment with a result value of 0.734, comprising a bulk density of 0.176 g/mL, water absorption capacity of 63.985%, expansion ratio of 121.69%, rehydration time of 2.26 minutes, moisture content of 5.55%, reducing sugar content of 0.41%, as well as color score of 5.12, aroma 3.63, bitter taste 4.72, and chewy (pulen) texture 4.00. Further chemical analysis yielded an amylose content of 0.91%, protein content of 11.06%, and fat content of 3.22%.

Keywords: *instant sorghum rice, sodium citrate, food diversification, freeze drying, De Garmo Effectiveness Index.*

**PENGARUH KONSENTRASI NATRIUM SITRAT TERHADAP
KARAKTERISTIK NASI SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.)
Moench) INSTAN MENGGUNAKAN METODE
PENGERINGAN BEKU (*FREEZE DRYING*)**

TUGAS AKHIR

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

Oleh

Raissa Rahmalia
22.302.0102

Menyetujui :

Pembimbing



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

**PENGARUH KONSENTRASI NATRIUM SITRAT TERHADAP
KARAKTERISTIK NASI SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.)
Moench) INSTAN MENGGUNAKAN METODE
PENGERINGAN BEKU (*FREEZE DRYING*)**

TUGAS AKHIR

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

Oleh
Raissa Rahmalia
22.302.0102

Menyetujui :

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



Rizal Maulana Ghafar, 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 kepustakaan 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 ditulis dalam Bahasa Indonesia sebagai berikut:

Rahmalia, R. (2026). Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Nasi Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Instan Menggunakan Pengeringan Beku (*Freeze Drying*). Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan

dan dalam Bahasa Inggris sebagai berikut:

Rahmalia, R. (2026). *The Effect of Sodium Citrate Concentration On The Characteristics of Instant Sorghum Rice (Sorghum bicolor (L.) Moench) Using Freeze Drying*. 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 kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang karena atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis diberikan kekuatan, kesehatan, dan kelancaran sehingga penulis dapat menyusun serta menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PENGARUH KONSENTRASI NATRIUM SITRAT TERHADAP NASI SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) INSTAN MENGGUNAKAN PENDINGINAN BEKU (*FREEZE DRYING*)”**. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada nabi kita Nabi Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam hingga akhir zaman nanti, Aamiin Ya Rabbal 'Alaamiin.

Penulis menyadari bahwa laporan ini dapat terselesaikan karena adanya bimbingan, bantuan dan doa, serta masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Wisnu Cahyadi, M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan serta saran kepada saya dalam menyusun laporan tugas akhir ini.
2. Shalli Nurhawa, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran, masukan, serta kritik kepada penulis.
3. Jaka Rukmana, S.T., M.T. dan Dr. Ira Endah Rohima, S.T., M.Si selaku Penguji II yang telah memberikan saran, masukan, serta kritik kepada penulis.

4. Kepada kedua orang tua dan saudara saya, Bapak Iwan, Ibu Lia, dan Hilmy yang selalu memberikan doa, dukungan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Kamiliya Nailah Zain, Irma Faustina, Zahra Putri Alviena, Diandra Khansa Salsabila dan Nazwa Nurhalija selaku rekan yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam menyusun laporan tugas akhir ini.
6. Kepada rekan seperjuangan “Sorgum” (Giva, Elvina, Dani, Hilal, Jidan) yang selalu membersamai penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Teman – teman kaderisasi yang menemani dan memberi dukungan dari awal hingga akhir perkuliahan.
8. Sahabat sejak SMP, SMA hingga bangku perkuliahan yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas motivasi dan semangat yang diberikan kepada penulis.

Akhir kata, penulis berharap dengan tersusunnya laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat serta dampak yang baik khususnya bagi penulis dan umumnya bagi semua pihak.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
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.....	7
1.5 Kerangka Pemikiran	7
1.6 Hipotesis Penelitian.....	14
1.7 Tempat dan Waktu	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	15
2.1 Sorgum	15
2.2 Nasi Instan	17
2.3 Natrium Sitrat	20
2.4 Freeze Drying	22
2.5 Rancangan Acak Kelompok (RAK).....	28

2.6 Penentuan Perlakuan Terbaik Metode Indeks Efektivitas De Garmo	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Bahan dan Alat	31
3.1.1 Bahan Penelitian	31
3.1.2 Alat Penelitian.....	31
3.2 Metode Penelitian	31
3.2.1 Penelitian Utama	31
3.2.2 Rancangan Perlakuan	32
3.2.3 Rancangan Percobaan	33
3.2.4 Rancangan Analisis.....	34
3.2.5 Rancangan Respon.....	35
3.3 Prosedur Penelitian	37
3.3.1 Proses Pembuatan Nasi Sorgum Instan.....	37
3.3.2 Diagram Alir Pembuatan Natrium Sitrat 7%	39
3.3.3 Diagram Alir Pembuatan Nasi Sorgum Instan.....	40
3.4 Jadwal Penelitian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Hasil Penelitian	42
4.1.1 Respon Fisik.....	43
4.1.2 Respon Kimia.....	52
4.1.3 Respon Organoleptik	57
4.2 Penentuan Perlakuan Terbaik Metode Indeks Efektivitas De Garmo	67
4.2.1 Respon Kimia Lanjutan Perlakuan Terbaik	78

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Biji Sorgum per 100 gram.....	16
Tabel 2. Rancangan Perlakuan	32
Tabel 3. Rancangan Percobaan Faktorial One Way	33
Tabel 4. Layout Percobaan Faktorial One Way.....	33
Tabel 5. Analisis Variasi Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik	34
Tabel 6. Jadwal Penelitian	41
Tabel 7. Respon Fisik Densitas Kamba Nasi Sorgum Instan	43
Tabel 8. Respon Fisik Daya Serap Air Nasi Sorgum Instan	45
Tabel 9. Respon Fisik Rasio Pengembangan Nasi Sorgum Instan.....	47
Tabel 10. Respon Fisik Waktu Rehidrasi Nasi Sorgum Instan	49
Tabel 11. Koefisien Korelasi Pearson (r) dan Koefisien Determinasi (R^2) Terhadap Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan.	52
Tabel 12. Respon Kimia Kadar Air Nasi Sorgum Instan	53
Tabel 13. Respon Kimia Gula Reduksi Nasi Sorgum Instan.....	55
Tabel 14. Koefisien Korelasi Pearson (r) dan Koefisien Determinasi (R^2) Terhadap Karakteristik Kimia Nasi Sorgum Instan.	57
Tabel 15. Respon Organoleptik Atribut Warna Nasi Sorgum Instan	58
Tabel 16. Respon Organoleptik Atribut Aroma Nasi Sorgum Instan.....	60
Tabel 17. Respon Organoleptik Atribut Rasa Nasi Sorgum Instan.....	62
Tabel 18. Respon Organoleptik Atribut Tekstur Pulen Nasi Sorgum Instan ..	64

Tabel 19. Koefisien Korelasi Pearson (r) dan Koefisien Determinasi (R^2) Terhadap Karakteristik Organoleptik Nasi Sorgum Instan.	66
Tabel 20. Arah Normalitas, Bobot Variabel, dan Bobot Normal	68
Tabel 21. Data Rata - Rata Atribut Perlakuan Pada Masing – Masing Parameter	70
Tabel 22. Nilai Efektivitas Setiap Perlakuan Pada Masing - Masing Parameter	71
Tabel 23. Nilai Hasil Pada Masing - Masing Perlakuan.....	73
Tabel 24. Peringkat Perlakuan Terbaik Berdasarkan Metode Indeks Efektivitas De Garmo	75
Tabel 25. Formulir Uji Organoleptik Mutu Hedonik Nasi Sorgum Instan	94
Tabel 26. Kebutuhan Sampel Analisis	95
Tabel 27. Rincian Anggaran Biaya Penelitian.....	95
Tabel 28. Kebutuhan Anggaran Biaya Analisis	95
Tabel 29. Kebutuhan Natrium Sitrat dalam Labu Ukur 1000 ml	96
Tabel 30. Data Analisis Respon Fisik Densitas Kamba	97
Tabel 31. Analisis Variasi (ANOVA) Densitas Kamba	99
Tabel 32. Hasil Uji Lanjut Duncan Densitas Kamba	100
Tabel 33. Data Analisis Respon Fisik Daya Serap Air.....	101
Tabel 34. Analisis Variasi (ANOVA) Daya Serap Air	103
Tabel 35. Data Analisis Fisik Rasio Pengembangan	104
Tabel 36. Analisis Variasi (ANOVA) Rasio Pengembangan.....	106
Tabel 37. Data Perhitungan Rasio Rehidrasi.....	107

Tabel 38. Data Analisis Respon Fisik Waktu Rehidrasi	108
Tabel 39. Analisis Variasi (ANAVA) Waktu Rehidrasi	109
Tabel 40. Hasil Uji Lanjut Duncan Waktu Rehidrasi.....	111
Tabel 41. Data Analisis Kimia Kadar Air	112
Tabel 42. Analisis Variasi (ANAVA) Kadar Air	114
Tabel 43. Hasil Uji Lanjut Duncan Kadar Air.....	115
Tabel 44. Data Analisis Respon Kimia Gula Reduksi.....	117
Tabel 45. Analisis Variasi (ANAVA) Kadar Gula Reduksi.....	118
Tabel 46. Data Analisis Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Warna	119
Tabel 47. Analisis Variasi (ANAVA) Atribut Warna	121
Tabel 48. Hasil Uji Lanjut Duncan Mutu Hedonik Atribut Warna	122
Tabel 49. Data Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Aroma	123
Tabel 50. Analisis Variasi (ANAVA) Mutu Hedonik Atribut Aroma	124
Tabel 51. Hasil Uji Lanjut Duncan Mutu Hedonik Atribut Aroma.....	126
Tabel 52. Data Analisis Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Rasa...	127
Tabel 53. Analisis Variasi (ANAVA) Atribut Rasa	128
Tabel 54. Hasil Uji Lanjut Duncan Mutu Hedonik Atribut Rasa	130
Tabel 55. Data Analisis Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Tekstur	131
Tabel 56. Analisis Variasi (ANAVA) Atribut Tekstur.....	132
Tabel 57. Hasil Uji Lanjut Duncan Mutu Hedonik Atribut Tekstur.....	134
Tabel 58. Nilai Tertinggi dan Terendah Dari Rata - rata Perlakuan.....	135

Tabel 59. Bobot Variabel, Bobot Normal, Dan Arah Normalitas Masing - Masing Parameter	136
Tabel 60. Perhitungan Nilai Efektivitas Pada Masing - Masing Perlakuan	138
Tabel 61. Perhitungan Nilai Hasil Pada Masing - Masing Perlakuan	139
Tabel 62. Peringkat Perlakuan Terbaik Berdasarkan Metode	140
Tabel 63. Data Absorbansi Nasi Sorgum Instan.....	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Biji Sorgum	15
Gambar 2. Natrium Sitrat.....	20
Gambar 3. Titik Tripel	23
Gambar 4. Mesin Freeze Dryer.....	24
Gambar 5. Diagram Alir Pembuatan Larutan Natrium Sitrat	39
Gambar 6. Diagram Alir Pembuatan Nasi Sorgum Instan.....	40
Gambar 7. Grafik Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan	51
Gambar 8. Grafik Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan	56
Gambar 9. Grafik Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Organoleptik Nasi Sorgum Instan	66
Gambar 10. Grafik Skor Total Penentuan Perlakuan Terbaik Pada Masing - Masing Perlakuan.....	76
Gambar 11. Kurva Kalibrasi Standar Amilosa	141

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rancangan Percobaan Penelitian	90
Lampiran 2. Analisis Densitas Kamba (Muchtadi et al., 2015).....	90
Lampiran 3. Analisis Daya Serap Air (Muchtadi et al., 2015)	91
Lampiran 4. Analisis Rasio Pengembangan (Muchtadi et al., 2015).....	91
Lampiran 5. Analisis Waktu Rehidrasi (Yu et al., 2011).....	92
Lampiran 6. Analisis Kadar Air (AOAC, 2005).....	92
Lampiran 7. Kadar Gula Reduksi Metode Luff-Schoorl (AOAC, 2005)	92
Lampiran 8. Analisis Kadar Amilosa (IRRI, 1996)	93
Lampiran 9. Formulir Uji Organoleptik Mutu Hedonik Nasi Sorgum	
Instan	94
Lampiran 10. Kebutuhan Sampel Analisis	95
Lampiran 11. Rincian Anggaran Biaya Penelitian.....	95
Lampiran 12. Kebutuhan Anggaran Biaya Analisis	95
Lampiran 13. Perhitungan Pembuatan Larutan Natrium Sitrat.....	96
Lampiran 14. Perhitungan Analisis Densitas Kamba	97
Lampiran 15. Perhitungan Analisis Daya Serap Air.....	101
Lampiran 16. Perhitungan Analisis Fisik Rasio Pengembangan	104
Lampiran 17. Perhitungan Analisis Fisik Waktu Rehidrasi.....	107
Lampiran 18. Perhitungan Analisis Kadar Air.....	112
Lampiran 19. Perhitungan Analisis Kadar Gula Reduksi	116
Lampiran 20. Perhitungan Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut	
Warna	119

Lampiran 21. Perhitungan Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut	
Aroma	123
Lampiran 22. Perhitungan Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut	
Rasa	127
Lampiran 23. Perhitungan Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut	
Tekstur	131
Lampiran 24. Penentuan Perlakuan Terbaik Metode Indeks Efektivitas De	
Garmo	135
Lampiran 25. Perhitungan Analisis Kadar Amilosa	141
Lampiran 26. Perhitungan Analisis Lanjut Kadar Protein	142
Lampiran 27. Perhitungan Analisis Lanjut Kadar Lemak	143
Lampiran 28. Dokumentasi Pembuatan Larutan Natrium Sitrat dan Nasi	
Sorgum Instan	144
Lampiran 29. Hasil Pembuatan Nasi Sorgum Instan	144
Lampiran 30. Dokumentasi Pengujian Fisik Pada Nasi Sorgum Instan	146
Lampiran 31. Dokumentasi Pengujian Kimia Pada Nasi Sorgum Instan	147
Lampiran 32. Dokumentasi Uji Organoleptik Mutu Hedonik	148

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi pangan pokok masyarakat Indonesia saat ini masih bergantung pada beras sebagai sumber karbohidrat utama. Berdasarkan data Badan Pangan Nasional (2024), pola konsumsi beras masyarakat Indonesia mencapai 92,1 kg/kap/tahun. Ketergantungan terhadap suatu jenis bahan pangan pada dasarnya menjadi konsekuensi besar bagi ketahanan pangan. Kondisi ini diperparah dengan ketidakstabilan produksi beras di Indonesia yang sempat melonjak sebesar 31,54 juta ton pada tahun 2022 dan mengalami penurunan menjadi 31,10 juta ton pada tahun 2023 akibat kemarau ekstrem, sehingga memicu peningkatan impor untuk menjaga stabilitas harga dan pasokan beras nasional (Fauzi *et al.*, 2025). Sementara itu, Indonesia memiliki sumber bahan baku yang melimpah pada pangan lokal sumber karbohidrat seperti sereal (jagung, sorgum, hotong, hanjeli, jawawut) selain beras yang belum dimanfaatkan secara optimal (Widowati & Damardjati, 2001). Dalam upaya mengurangi ketergantungan konsumsi terhadap beras, pemerintah terus berupaya melakukan diversifikasi pangan serta menghimbau masyarakat untuk meningkatkan konsumsi pangan berbasis sereal nonberas (Nurfitriani & Widowati, 2023).

Sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) merupakan salah satu tanaman sereal yang memiliki potensi besar sebagai sumber karbohidrat alternatif. Sorgum memiliki keunggulan dalam hal ketahanan terhadap kekeringan, efisiensi

penggunaan air, serta kandungan gizi yang tinggi (Murtini & Sabilla, 2021). Hal tersebut membuat sorgum memiliki potensi untuk dikembangkan agar mencapai ketahanan pangan di Indonesia. Menurut (Widowati, 2009) nilai gizi sorgum tidak kalah dengan beras karena sorgum mengandung karbohidrat 70%, protein 8-12% dan lemak 2-6%. Sedangkan beras mengandung karbohidrat 79%, protein 6-10% dan lemak 0,5-1,5%. Namun kelemahan sorgum mengandung tanin yang merupakan senyawa antigizi dan efek antioksidan. Kandungan tanin tersebut berkisar 2,7-10,2% sehingga sorgum memberikan rasa yang kurang enak dan agak pahit (Suprpto & Mudjisihono, 1987).

Menurut (Palmer, 1992) bagian sorgum yang sering dimanfaatkan sebagai bahan pangan yaitu biji sorgum. Umumnya, biji sorgum dapat diolah dengan cara dihaluskan menjadi tepung untuk digunakan dalam pembuatan roti, bubur, pancake, *muffin*, atau *breakfast cereals*. Tepung yang dihasilkan biji sorgum tidak mengandung gluten sehingga aman untuk dikonsumsi bagi individu yang intoleran terhadap kandungan gluten. Sedangkan biji sorgum yang diolah dengan cara direbus menjadi nasi dapat dijadikan sumber karbohidrat alternatif untuk pengganti beras (Murtini, 2010).

Namun, cara mengolah sorgum dengan direbus membutuhkan waktu pemasakan yang relatif lama dan air yang dibutuhkan lebih banyak dibandingkan memasak nasi berbasis beras. Untuk mengatasi hal tersebut, biji sorgum dapat dimanfaatkan dan dikembangkan menjadi nasi sorgum instan karena pola konsumsi masyarakat Indonesia yang lebih minat terhadap makanan cepat saji serta pemanfaatan teknologi pengolahan produk instan menjadi solusi yang

meningkatkan kepraktisan dan daya terima konsumen. Menurut (Winarno, 2004), produk instan merupakan produk pangan yang telah melalui proses pemanasan dan pengeringan sehingga pati di dalamnya telah tergelatinisasi. Hal ini memungkinkan produk untuk dikonsumsi kembali hanya dengan proses rehidrasi singkat menggunakan air panas. Selain menjadi produk cepat saji, nasi sorgum instan dapat mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap konsumsi nasi beras.

Meskipun nasi sorgum instan memiliki peluang untuk pengganti nasi berbasis beras, pengolahan nasi sorgum instan memiliki kendala pada karakteristik produk yang dihasilkan seperti tekstur yang kurang baik (keras atau tidak pulen) dan kemampuan rehidrasi yang belum optimal. Proses pengeringan juga dapat menyebabkan perubahan karakteristik seperti warna, aroma, dan struktur bahan akibat perubahan sifat fisik dan kimia pada komponen penyusun sorgum (Juliano, 1993; Singh *et al.*, 2007). Oleh karena itu, nasi sorgum instan perlu diolah menggunakan pengolahan dan teknologi pengeringan yang tepat agar meningkatkan karakteristik nasi sorgum instan yang lebih diterima konsumen dan memiliki karakteristik mutu yang baik.

Pengolahan nasi sorgum instan menggunakan bahan tambahan pangan berperan penting dalam karakteristik nasi sorgum instan yang dihasilkan. Salah satu bahan yang digunakan adalah natrium sitrat untuk memengaruhi stabilitas komponen penyusun bahan, terutama pati, sehingga mampu memperbaiki tekstur. Penambahan natrium sitrat juga dapat meningkatkan kemampuan rehidrasi sehingga dapat mempertahankan karakteristik fisik produk setelah proses pengeringan (Fennema, 1996; Damodaran *et al.*, 2008). Semakin tinggi konsentrasi

natrium sitrat, maka struktur protein yang teruraikan menjadi lebih banyak dan beras sorgum akan semakin porous (Widowati et al., 2010). Struktur protein yang dimaksud adalah kafirin, yaitu protein penyimpan utama endosperma sorgum yang membentuk badan protein hidrofobik dan tidak larut air sehingga sulit ditembus oleh air (Shah et al., 2024). Ketika direndam dalam larutan natrium sitrat, ion sitrat bermuatan negatif berikatan dengan gugus kationik kafirin, melemahkan ikatan antar-rantai protein sehingga matriks protein menjadi longgar dan terfragmentasi, meninggalkan rongga-rongga yang menjadikan biji lebih berpori dan permeabel terhadap air (Sharma et al., 2024). Oleh karena itu, perendaman nasi sorgum menggunakan larutan natrium sitrat dengan konsentrasi tepat dapat mendukung proses pengeringan beku agar nasi sorgum instan memiliki karakteristik yang baik.

Selain perendaman pada larutan natrium sitrat, teknologi pengeringan yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk nasi sorgum yang berkualitas yaitu pengeringan beku (*freeze drying*). Umumnya, proses pengeringan secara konvensional melibatkan suhu tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan kandungan gizi, warna, aroma, dan mutu bahan pangan akibat degradasi senyawa sensitif panas (Fellows, 2017). Metode *freeze drying* mampu menurunkan kadar air bahan pangan sekaligus mempertahankan struktur, warna, aroma, serta nilai gizinya karena proses berlangsung pada suhu rendah dan kondisi vakum (Nowak & Zielińska, 2020). Pada proses ini, air di dalam bahan dibekukan terlebih dahulu kemudian dihilangkan melalui proses sublimasi (Mujumdar, 2014). Produk yang dihasilkan menjadi kering dengan perubahan bentuk, rasa, aroma, dan kandungan

gizi yang minimal dibandingkan metode pengeringan konvensional (Karam et al., 2023).

Waktu pengeringan beku juga menjadi faktor penting dalam menentukan mutu produk instan karena berpengaruh terhadap kadar air, karakteristik fisik, dan karakter akhir produk (Karam et al., 2023). Semakin lama waktu pengeringan, maka kadar air produk cenderung semakin rendah sehingga stabilitas penyimpanan meningkat (Fellows, 2017).

Lama waktu pengeringan beku dan perendaman dengan larutan natrium sitrat menjadi faktor penting dalam menentukan karakteristik produk nasi sorgum instan. Variasi waktu pengeringan beku yang berbeda akan memengaruhi tingkat kadar air dan struktur pori pada produk yang akhirnya menentukan karakteristik fisik seperti kadar air, kerapuhan, warna, serta waktu rehidrasi produk. Sementara itu, konsentrasi natrium sitrat dapat memengaruhi interaksi pati yang berdampak pada tekstur, stabilitas, dan kemampuan rehidrasi produk (Ratti, 2001; Krokida & Maroulis, 2001). Berdasarkan faktor tersebut diperlukan interaksi agar menjadi efektif dalam menghasilkan nasi sorgum instan dengan karakteristik yang baik sesuai standar mutu produk instan (Fellows, 2017).

Berdasarkan faktor tersebut, penelitian mengenai konsentrasi natrium sitrat dengan waktu pengeringan beku (*freeze drying*) selama 14 jam pada pembuatan nasi sorgum instan dilakukan untuk menghasilkan produk dengan karakteristik yang baik, dari segi tekstur, rehidrasi, kadar air, maupun sifat organoleptik serta diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan pangan berbasis sorgum, meningkatkan nilai tambah komoditas pangan lokal, dan

banyaknya pemanfaatan teknologi pengeringan beku (*freeze drying*). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki nilai ilmiah, tetapi juga memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam industri pangan sebagai upaya mendukung diversifikasi pangan dan penyediaan produk instan yang praktis dan berkualitas sesuai standar yang telah ditetapkan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka identifikasi masalah yang didapat yaitu bagaimana pengaruh konsentrasi natrium sitrat terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik nasi sorgum instan yang dikeringkan menggunakan metode pengeringan beku (*freeze drying*) selama 14 jam?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini yaitu untuk memanfaatkan sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sebagai bahan pangan alternatif pengganti beras dalam bentuk produk nasi sorgum instan melalui penerapan perendaman natrium sitrat dengan metode pengeringan beku (*freeze drying*) agar menghasilkan produk yang praktis, bergizi, dan dapat diterima oleh konsumen sebagai upaya mendukung program diversifikasi pangan.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh konsentrasi natrium sitrat terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik nasi sorgum instan menggunakan metode pengeringan beku (*freeze drying*) selama 14 jam serta menentukan konsentrasi natrium sitrat terpilih menggunakan metode Indeks Efektivitas De Garmo.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Menambah wawasan dan pengalaman dalam menerapkan teknologi pengolahan pangan mengenai penggunaan bahan tambahan pangan (BTP) natrium sitrat dan teknologi pengeringan beku (*freeze drying*) pada produk instan berbasis sorgum.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi natrium sitrat terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik nasi sorgum instan dengan pengeringan beku selama 14 jam.
3. Mendukung pengembangan diversifikasi pangan berbasis pangan lokal, melalui ketersediaan alternatif produk pangan instan yang praktis dan bergizi sehingga dapat meningkatkan minat konsumsi sorgum sebagai pengganti beras.

1.5 Kerangka Pemikiran

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) dikenal sebagai komoditas pangan penting kelima di dunia setelah padi, gandum, jagung, dan barley (Hassan, 2023). Menurut Suarni (2012), kandungan protein sorgum lebih tinggi dibandingkan jagung, beras, dan jawawut, namun masih di bawah gandum. Sorgum juga mengandung serat pangan yang dapat membantu pencernaan serta mengatur kadar gula dan kolesterol darah (Liu *et al.*, 2023). Pemanfaatan sorgum di Indonesia belum optimal karena sorgum hanya dijadikan sebagai pakan ternak (Christanti & Purwanti, 2019). Pengembangan sorgum sebagai bahan pangan di Indonesia masih menghadapi banyak tantangan karena tingginya konsumsi beras yang dipandang

sebagai pangan bergengsi (*superior food*) sedangkan sorgum dipandang sebagai pangan kurang bergengsi (*inferior food*) (Suarni, 2012). Berdasarkan Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) pada September 2023 tercatat bahwa sebanyak 98,35% rumah tangga di Indonesia mengonsumsi beras sebagai pangan pokok. Meskipun konsumsi beras menurun, Indonesia masih tercatat sebagai negara dengan konsumsi beras global terbesar keempat di dunia dengan total konsumsi mencapai 35,3 juta metrik ton sepanjang 2023 (Badan Pangan Nasional, 2024).

Selain ketergantungan terhadap beras, kendala utama pada pemanfaatan sorgum sebagai pangan pokok adalah tekstur biji yang keras dan waktu masak yang lama (Wulandari *et al.*, 2022). Proses pemasakan sorgum secara konvensional membutuhkan waktu sekitar 40–50 menit, jauh lebih lama dibandingkan beras putih (Murtini *et al.*, 2022). Selain itu, kandungan tanin pada biji sorgum cukup tinggi, berkisar antara 2,7–10,2% setara katekin (*catechin equivalent*), khususnya pada varietas berkulit gelap (Suprpto & Mudjisihono, 1987 dalam Amrinola, 2010). Tanin menyebabkan rasa pahit dan sepat sehingga menurunkan preferensi konsumen terhadap produk olahan sorgum (Awika & Rooney, 2004). Tanin merupakan senyawa polifenolik yang dapat membentuk kompleks stabil dengan protein sehingga menurunkan mutu dan daya cerna protein, serta menghambat aktivitas enzim pencernaan seperti amilase dan tripsin (Suarni, 2012). Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi pengolahan yang mampu mengatasi kendala tersebut, yaitu mempersingkat waktu pemasakan, menurunkan kadar tanin, serta meningkatkan penerimaan konsumen melalui pembuatan produk nasi sorgum instan yang praktis dan bergizi.

Pengembangan nasi instan menjadi peluang untuk mengatasi kendala utama sorgum secara bersamaan. Nasi instan merupakan produk pangan yang telah melalui proses pra-pemasakan (*precooking*) dan pengeringan sehingga dapat disajikan kembali dalam waktu singkat melalui proses rehidrasi dengan air panas selama 3-7 menit sedangkan pemasakan konvensional selama 40-60 menit (Sasmitaloka *et al.*, 2020).

Berdasarkan penelitian (Widowati *et al.*, 2010; Sasmitaloka *et al.*, 2020), pembuatan nasi instan umumnya meliputi tahap perendaman dalam larutan natrium sitrat, pencucian, pemasakan (*precooking*), pembekuan, *thawing*, pengeringan beku (*freeze drying*), dan pengemasan. Dari setiap tahapan berpengaruh terhadap penurunan kadar tanin, peningkatan porositas biji, pembentukan struktur berpori melalui proses pembekuan, hingga pengeringan secara sublimasi yang menghasilkan nasi sorgum instan dengan waktu rehidrasi singkat dan mutu gizi yang terjaga.

Perendaman menggunakan natrium sitrat dipilih karena telah diizinkan oleh BPOM Indonesia dengan nomor INS 331(iii), sehingga aman digunakan dalam pengolahan pangan (Badan Pengawas Obat dan Makanan RI, 2019). Dalam proses instanisasi biji-bijian, natrium sitrat bekerja melalui dua mekanisme. Mekanisme pertama adalah disrupsi dan disintegrasi struktur protein biji sorgum di mana ion sitrat yang bermuatan negatif tiga berikatan dengan gugus kationik pada protein kafirin yang menyebabkan pelonggaran ikatan antar rantai protein dan disintegrasi matriks protein, sehingga menghasilkan struktur butiran yang lebih longgar dan porous (Luna *et al.*, 2015). Mekanisme kedua adalah aktivitas *chelating*, di mana

ion sitrat bekerja sebagai agen pengompleks (*chelating agent*) terhadap ion kalsium (Ca^{2+}) pada dinding sel melalui gugus karboksilatnya, sehingga melemahkan ikatan silang antar-pektin dinding sel dan meningkatkan permeabilitas sel terhadap air (Hawa et al., 2022).

Menurut (Waluyo *et al.*, 2020) Perendaman nasi instan umumnya direndam dengan natrium sitrat pada suhu 50°C selama 2 jam dengan rasio biji dan larutan 1:2, menggunakan variasi konsentrasi 2%, 4%, 6%, dan 7% ditemukan bahwa waktu rehidrasi minimum dicapai pada konsentrasi 7% yaitu 349 detik, sedangkan waktu rehidrasi tanpa pemanasan pada konsentrasi yang sama yaitu 427 detik. Hal ini karena pemanasan dapat mengoptimalkan proses penguraian struktur butiran sehingga lebih berpori dan mempermudah rehidrasi dibandingkan perendaman pada suhu kamar. Berdasarkan penelitian (Amrinola, 2010), membuktikan bahwa perendaman biji sorgum sosoh dalam larutan natrium sitrat 1% pada suhu 50°C selama 2 jam efektif menurunkan kandungan tanin sekaligus instanisasi dalam satu tahap terintegrasi. Oleh karena itu, penggunaan natrium sitrat dalam pembuatan nasi sorgum instan mampu menyelesaikan permasalahan antinutrisi tanin dan ketidakpraktisan penyajian secara bersamaan dan efisien (Amrinola, 2010). Pada penelitian (Hartanti & Kurniawati, 2023), pada *multigrain rice* instan yang mengandung sorgum, konsentrasi natrium sitrat 5% menghasilkan karakteristik fisikokimia lebih baik dibandingkan 2%, dengan kadar air dan densitas kamba yang lebih rendah, menunjukkan bahwa konsentrasi yang tinggi menghasilkan porositas lebih besar pada produk.

Pengeringan menggunakan metode pengeringan beku (*freeze drying*) bekerja melalui prinsip sublimasi, di mana air beku dalam matriks nasi diuapkan langsung dari fase padat ke fase gas tanpa melalui fase cair di bawah kondisi tekanan vakum rendah. Proses ini terdiri dari tiga tahap, yaitu pembekuan (*freezing*), pengeringan primer (sublimasi es bebas), dan pengeringan sekunder (desorpsi air terikat) hingga kadar air akhir 8–12% (Nowak & Jakubczyk, 2020).

Berdasarkan penelitian (Banurea *et al.*, 2020), pengolahan nasi instan dengan metode *freeze drying* menghasilkan densitas kamba dan waktu rehidrasi lebih rendah, rasio rehidrasi lebih tinggi, serta kadar air, abu, lemak, dan protein yang lebih terjaga dibandingkan pengeringan konvensional, menjadikannya metode terbaik untuk produksi nasi instan berkualitas tinggi. Selama pembekuan, kristal es terbentuk di dalam matriks nasi yang telah dimasak. Ketika proses *thawing* dan sublimasi berlangsung, kristal es tersebut memberikan rongga-rongga pori permanen yang secara langsung menentukan kecepatan dan kapasitas rehidrasi produk. Menurut (Sharma *et al.*, 2024) menjelaskan bahwa selama pembekuan, pembentukan kristal es menyebabkan pecahnya struktur koloid pati dan terbentuknya rongga pori, sehingga produk dengan densitas kamba rendah memiliki porositas yang lebih tinggi. Menurut (Song *et al.*, 2014), pembekuan pada suhu -20°C menghasilkan kristal es ekstraseluler yang lebih besar sehingga menghasilkan rasio penyerapan air lebih tinggi pada saat rehidrasi dibandingkan pembekuan cepat pada suhu -70°C yang menghasilkan kristal es intraseluler kecil.

Menurut (Murtini *et al.*, 2022), pengaruh suhu dan lama pembekuan terhadap karakteristik nasi sorgum instan menggunakan variasi suhu pembekuan -

4°C, -12°C, dan -20°C dengan variasi lama pembekuan 12, 18, dan 24 jam. Perlakuan terbaik dicapai pada suhu -20°C selama 24 jam, yang menghasilkan waktu rehidrasi 4,18 menit, densitas kamba 0,48 g/ml, daya serap air 157,28%, dan rendemen 95,33%.

Berdasarkan penelitian (Sasmitaloka *et al.*, 2020) melaporkan hasil serupa pada nasi beras amilosa rendah yang di mana pembekuan -20°C selama 24 jam menghasilkan waktu rehidrasi tercepat selama 3,19 menit, densitas kamba terendah sebesar 0,50 g/ml, dan volume pengembangan tertinggi sebesar 154,99%. Pada penelitian sebelumnya membuktikan bahwa suhu dan lama pembekuan serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisikokimia nasi instan. Berdasarkan kajian-kajian tersebut, penelitian ini menggunakan variasi suhu pembekuan -20°C dengan lama pembekuan 14 jam.

Nasi sorgum instan yang dihasilkan akan dilakukan analisis melalui karakteristik fisik, karakteristik kimia, dan karakteristik sensori. Ketiga kelompok parameter ini dipilih karena mencerminkan mutu produk dari aspek teknologi pangan, keamanan pangan, nilai gizi, dan penerimaan konsumen sebagaimana digunakan dalam penelitian-penelitian sejenis (Murtini *et al.*, 2022; Sasmitaloka *et al.*, 2020; Wulandari *et al.*, 2024).

Karakteristik fisik yang dinilai meliputi waktu rehidrasi, densitas kamba, daya serap air, dan volume pengembangan. Waktu rehidrasi merupakan parameter terpenting karena mencerminkan kepraktisan penyajian dan tingkat porositas produk secara langsung. Semakin tinggi porositas akibat perendaman natrium sitrat dan pembentukan rongga pori selama pembekuan, semakin cepat rehidrasi

berlangsung (Banurea et al., 2020). Densitas kamba yang rendah mengindikasikan porositas yang tinggi, yang merupakan indikator kualitas utama nasi instan. Daya serap air dan volume pengembangan mencerminkan kemampuan produk dalam menyerap air selama rehidrasi dan kembali ke volume semula, sedangkan hardness dan parameter warna mencerminkan kualitas tekstur dan penampilan visual produk setelah rehidrasi (Sasmitaloka et al., 2020).

Karakteristik kimia yang dinilai meliputi kadar air dan kadar gula reduksi. Kadar air produk kering harus memenuhi standar mutu nasi instan, yaitu maksimal 14% untuk menjamin stabilitas dan umur simpan produk selama penyimpanan (Badan Standardisasi Nasional, 2020).

Karakteristik sensori dianalisis melalui uji organoleptik dengan uji mutu hedonik untuk menilai mutu produk terhadap warna, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan nasi sorgum instan setelah direhidrasi. Parameter sensori ini sangat menentukan daya terima konsumen terhadap produk di pasar, mengingat bahwa produk dengan karakteristik fisikokimia yang baik namun tidak diterima secara sensoris tidak akan berhasil dikembangkan secara komersial (Murtini *et al.*, 2022).

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diuraikan, penelitian ini diharapkan menghasilkan nasi sorgum instan yang memenuhi kriteria berdasarkan karakteristiknya. Diharapkan juga mampu mengidentifikasi pengaruh konsentrasi natrium sitrat dan kondisi pengeringan beku selama 14 jam untuk menghasilkan nasi sorgum instan berkualitas terbaik sebagai produk pangan fungsional alternatif beras yang praktis, bergizi, dan dapat diterima oleh konsumen.

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diuraikan di atas, maka dapat diambil hipotesis diduga konsentrasi natrium sitrat berpengaruh terhadap karakteristik fisik, kimia dan organoleptik nasi sorgum instan dengan metode pengeringan beku (*freeze drying*).

1.7 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di:

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

Waktu penelitian dilaksanakan dimulai pada bulan Mei 2026 sampai dengan September 2026.

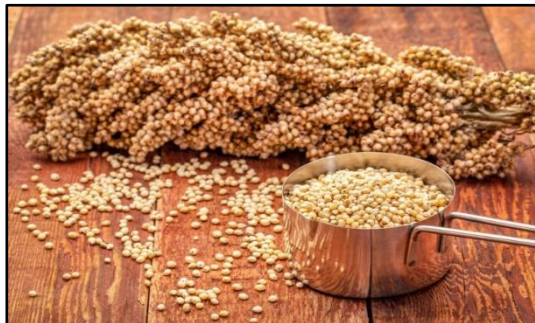
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai: (2.1) Sorgum, (2.2) Nasi Instan, (2.3) Natrium Sitrat, (2.4) *Freeze drying*, (2.5) Rancangan Acak Kelompok, dan (2.6) Penentuan Perlakuan Terbaik Metode Indeks Efektivitas De Garmo.

2.1 Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan salah satu jenis tanaman sereal dari famili Poaceae yang berperan penting sebagai sumber pangan di berbagai negara. Tanaman ini berasal dari kawasan Afrika, khususnya wilayah Ethiopia dan Sudan, sebelum akhirnya menyebar ke daerah tropis dan subtropis lainnya melalui proses domestikasi dan perdagangan (Taylor & Duodu, 2019). Di Indonesia, sorgum mulai diperkenalkan sebagai alternatif bahan pangan dalam rangka mendukung diversifikasi pangan. Meskipun demikian, tingkat pemanfaatannya masih tergolong rendah dibandingkan dengan komoditas utama seperti padi dan jagung, walaupun tanaman ini memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan lebih lanjut (Suarni, 2012).



Sumber: <https://www.lokadesa.com/mengenal-sorgum-pangan-alternatif-indonesia-di-masa-depan/>

Gambar 1. Biji Sorgum

Sorgum memiliki komposisi nutrisi yang cukup lengkap dan sebanding dengan sereal lainya. Kandungan utamanya didominasi oleh karbohidrat dalam bentuk pati dan polisakarida non-pati, serta protein dan lemak sebagai komponen penting lainnya yang berfungsi sebagai sumber energi utama, disertai dengan protein, lemak, serat pangan, serta mineral penting seperti kalsium, fosfor, dan zat besi (Taylor & Duodu, 2019). Selain itu, sorgum tidak mengandung gluten sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pangan bagi individu dengan intoleransi gluten. Sorgum juga memiliki indeks glikemik yang relatif rendah, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai pangan fungsional untuk membantu mengontrol kadar gula darah (Liu, 2023).

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Biji Sorgum per 100 gram

No.	Kandungan Nutrisi	Jumlah
1.	Karbohidrat	72,1 gram
2.	Air	12,4 gram
3.	Protein	10,6 gram
4.	Serat	6,7 gram
5.	Lemak	3,5 gram
6.	Energi	1377 kJ

Sumber: (USDA, 2019).

Sorgum juga mengandung senyawa bioaktif seperti polifenol, flavonoid, dan tanin yang berfungsi sebagai antioksidan. Senyawa-senyawa tersebut berperan dalam melindungi tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas serta berpotensi menurunkan risiko penyakit degeneratif, meskipun dalam jumlah tinggi dapat memengaruhi ketersediaan nutrisi (Awika, 2017). Senyawa antinutrisi, seperti tanin, yang dapat berinteraksi dengan protein dan pati sehingga memengaruhi tingkat pencernaan serta karakteristik sensori. Namun demikian, kandungan tersebut

dapat diminimalkan melalui berbagai metode pengolahan, seperti perendaman, fermentasi, maupun pemanasan (Duodu et al., 2003).

Pemanfaatan sorgum cukup luas, baik dalam sektor pangan maupun nonpangan. Dalam bidang pangan, sorgum dapat diolah menjadi berbagai produk seperti nasi sorgum, tepung sorgum, roti, mi, serta berbagai produk instan. Pengolahan tersebut bertujuan untuk meningkatkan nilai tambah sekaligus memperluas pemanfaatan sorgum sebagai bahan pangan alternatif (Widowati et al., 2020). Sorgum juga telah dimanfaatkan dalam pembuatan produk instan, seperti nasi sorgum instan, melalui proses yang melibatkan tahap pemasakan, pembekuan, dan pengeringan. Proses ini bertujuan untuk membentuk struktur berpori sehingga produk lebih mudah menyerap air saat direhidrasi dan menjadi lebih praktis untuk dikonsumsi (Song et al., 2014).

2.2 Nasi Instan

Nasi instan merupakan produk pangan berbasis beras yang telah mengalami proses pra-pemasakan dan pengeringan sehingga dapat disajikan kembali dalam waktu singkat hanya dengan penambahan air panas atau proses rehidrasi. Produk ini dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat modern yang menginginkan makanan praktis dengan waktu penyajian yang cepat tanpa mengurangi nilai gizi secara signifikan (Fellows, 2017).

Dalam proses pembuatannya, nasi instan mengalami perubahan struktur fisik dan kimia, terutama pada komponen pati. Selama pemasakan, pati mengalami gelatinisasi, yaitu proses pembengkakan granula pati akibat penyerapan air dan pemanasan, yang kemudian diikuti oleh proses retrogradasi selama pendinginan

(Winarno, 2004). Perubahan ini sangat memengaruhi tekstur, daya rehidrasi, dan kualitas akhir nasi instan.

Karakteristik utama nasi instan ditentukan oleh sifat fisikokimia yang secara fundamental dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin penyusun pati. Kandungan amilosa yang tinggi (20–30%) pada sorgum menyebabkan kekerasan meningkat, retrogradasi lebih cepat, dan waktu rehidrasi lebih lama, sedangkan amilopektin yang tinggi menghasilkan tekstur lebih lunak dan rehidrasi lebih cepat (Luna et al., 2015). Parameter yang umum digunakan untuk menilai kualitas nasi instan meliputi kadar air, waktu rehidrasi, daya serap air, tekstur, serta sifat sensori seperti rasa dan aroma (Widowati et al., 2020). Kadar air merupakan salah satu parameter penting karena berhubungan langsung dengan umur simpan produk. Nasi instan dengan kadar air rendah memiliki stabilitas yang lebih baik dan risiko kerusakan mikrobiologis yang lebih kecil. Selain itu, kemampuan rehidrasi menjadi indikator utama kualitas produk instan, di mana nasi yang baik mampu menyerap air dengan cepat dan menghasilkan tekstur yang mendekati nasi segar (Sasmitaloka et al., 2020). Dari sisi struktur, nasi instan yang baik memiliki porositas tinggi akibat proses pengeringan, sehingga memudahkan penetrasi air saat rehidrasi. Struktur ini sangat dipengaruhi oleh metode pengolahan yang digunakan selama proses instanisasi.

Instanisasi merupakan proses pengolahan pangan yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang mudah disiapkan dan memiliki waktu penyajian yang singkat. Proses ini umumnya melibatkan tahap pemasakan, pengeringan, serta modifikasi struktur bahan untuk meningkatkan daya larut atau daya rehidrasi

(Fellows, 2017). Tujuan utama instanisasi adalah meningkatkan kepraktisan konsumsi, memperpanjang umur simpan, serta menjaga kualitas produk selama penyimpanan. Dalam konteks nasi instan, instanisasi dilakukan dengan membentuk struktur berpori pada matriks pati sehingga air dapat dengan mudah masuk kembali ke dalam produk saat rehidrasi.

Metode pengeringan menjadi faktor utama dalam proses instanisasi produk pangan. Beberapa metode yang umum digunakan antara lain pengeringan udara panas (*hot air drying*) dan pengeringan beku (*freeze drying*). Metode *freeze drying* banyak dilaporkan lebih unggul karena mampu mempertahankan struktur mikro serta komponen nutrisi produk secara lebih optimal dibandingkan metode pengeringan konvensional (Fellows, 2017; Krokida & Maroulis, 1997).

Pada metode *freeze drying*, air dalam bahan terlebih dahulu dibekukan, kemudian dihilangkan melalui proses sublimasi. Mekanisme ini menghasilkan struktur berpori dengan ukuran pori yang lebih besar dibandingkan metode pengeringan biasa, sehingga meningkatkan kemampuan rehidrasi serta memperbaiki tekstur produk (Song et al., 2014; Krokida et al., 2003). Selain itu, metode ini juga mampu mempertahankan warna, aroma, dan kandungan nutrisi produk dengan lebih baik karena berlangsung pada suhu rendah. Sebaliknya, metode pengeringan konvensional seperti *hot air drying* cenderung menyebabkan penyusutan jaringan dan pembentukan struktur yang lebih padat. Hal ini mengakibatkan proses rehidrasi menjadi lebih lambat serta kualitas tekstur produk yang dihasilkan kurang optimal (Fellows, 2017).

2.3 Natrium Sitrat

Natrium sitrat merupakan garam natrium dari asam sitrat yang banyak digunakan dalam industri pangan sebagai bahan tambahan pangan (*food additive*). Senyawa ini memiliki rumus kimia $C_6H_5Na_3O_7$ dan umumnya berbentuk kristal putih yang mudah larut dalam air (Winarno, 2004). Dalam industri pangan, natrium sitrat berfungsi sebagai pengatur keasaman (*acidulant*), penyangga (*buffering agent*), pengemulsi, penstabil, dan agen pengkelat (*chelating agent*) yang mampu mengikat ion logam dalam sistem pangan (Cahyadi, 2008; BPOM RI, 2019). Penggunaan natrium sitrat sebagai bahan tambahan pangan telah diizinkan di Indonesia oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan melalui Peraturan BPOM Nomor 11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan. Dalam peraturan tersebut, natrium sitrat (INS 331-iii) dinyatakan dapat digunakan sebagai pengatur keasaman, penstabil, dan pengemulsi pada produk pangan sesuai batas penggunaan yang telah ditetapkan (BPOM RI, 2019).



Sumber: <https://image.made-in-china.com/2f0j00yTfqrdeJOzga/Food-Grade-Additive-Ingredients-E331-Sodium-Citrate.jpg>

Gambar 2. Natrium Sitrat

Secara kimia, natrium sitrat memiliki kemampuan mempertahankan kestabilan pH sehingga sering digunakan untuk menjaga stabilitas produk selama proses pengolahan maupun penyimpanan (Fellows, 2017). Selain itu, natrium sitrat dapat berinteraksi dengan komponen pati dan protein dalam bahan pangan, sehingga memengaruhi karakteristik fisik dan tekstur produk. Pada sistem berbasis pati, natrium sitrat diketahui mampu memodifikasi struktur pati dengan mengurangi ikatan antar molekul pati, sehingga menghasilkan struktur bahan yang lebih terbuka dan berpori (Hawa et al., 2022). Struktur yang lebih berpori tersebut dapat meningkatkan kemampuan penyerapan air saat proses rehidrasi. Dalam produk pangan instan, terutama nasi instan, natrium sitrat berperan penting dalam meningkatkan kualitas fisikokimia produk. Penambahan natrium sitrat dilaporkan dapat memperbaiki daya rehidrasi, mempercepat waktu rehidrasi, serta menghasilkan tekstur nasi yang lebih baik setelah penyeduhan (Hawa et al., 2022). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan natrium sitrat pada produk *multigrain rice instan* mampu meningkatkan karakteristik sensori dan mempertahankan struktur butiran produk selama proses pengolahan (Hartanti & Kurniawati, 2023).

Selain memengaruhi tekstur dan kemampuan rehidrasi, natrium sitrat juga memiliki fungsi dalam menjaga stabilitas mutu produk pangan. Senyawa ini dapat menghambat reaksi oksidasi melalui mekanisme pengikatan ion logam yang berperan sebagai katalis reaksi oksidasi (Branen et al., 2001). Beberapa penelitian juga melaporkan bahwa natrium sitrat memiliki aktivitas antimikroba yang dapat membantu memperpanjang umur simpan produk pangan tertentu (Sallam, 2007).

Meskipun demikian, penggunaan natrium sitrat perlu dioptimalkan karena konsentrasi yang terlalu tinggi dapat memengaruhi cita rasa produk, seperti menimbulkan rasa asam atau pahit yang berlebihan. Oleh karena itu, penentuan konsentrasi natrium sitrat yang tepat menjadi faktor penting untuk memperoleh keseimbangan antara karakteristik fisikokimia dan penerimaan sensori produk (Hawa et al., 2022). Dalam penelitian ini, natrium sitrat digunakan sebagai salah satu perlakuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik nasi sorgum instan yang dihasilkan.

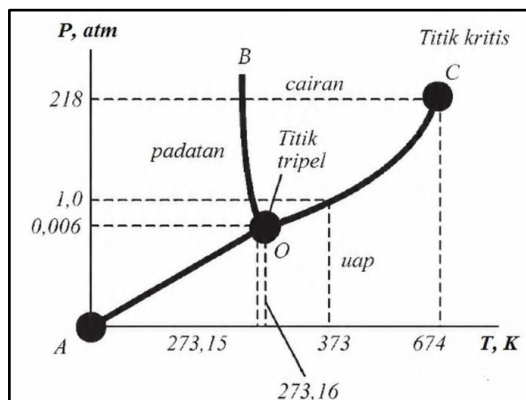
2.4 Freeze Drying

Pengeringan merupakan proses pengurangan kandungan air bahan sampai batas tertentu sehingga laju kerusakan bahan akibat aktivitas biologis dan reaksi kimia dapat diminimalkan (Taib et al., 1988 dalam Sari et al., 2022). Tujuannya adalah untuk mengurangi kandungan air pada bahan sampai batas aman sehingga bahan lebih tahan lama disimpan, volume bahan menjadi lebih kecil (Fellows, 2017). Kadar air yang rendah pada bahan pangan dapat menghambat penurunan kualitas karena dapat menonaktifkan enzim dan mencegah terjadinya reaksi kimia serta biokimia yang merusak produk (Mujumdar, 2014). Semakin tinggi suhu pengeringan, maka semakin cepat laju pengeringan yang terjadi, namun suhu yang terlalu tinggi dapat merusak kandungan gizi produk dan bahkan menyebabkan *case hardening*, di mana bagian luar bahan mengering dan mengeras lebih cepat sehingga menghambat penguapan air dari bagian dalam (Mujumdar, 2014).

Pada pengeringan konvensional berbasis panas, air dihilangkan melalui proses penguapan (evaporasi) dari fase cair ke gas pada suhu tinggi (Taib et al.,

1988 dalam Sari et al., 2022). Namun, pengeringan konvensional dengan pengaruh suhu yang tinggi dan tidak terkontrol dapat menyebabkan kandungan gizi pada bahan pangan rusak, sehingga pengeringan beku dapat menjadi solusi alternatif untuk menjaga kualitas produk, seperti cita rasa, dan nilai gizi komoditi tidak terlalu berubah jauh dari kondisi segarnya (Karam et al., 2023).

Pengeringan beku (*freeze drying* atau liofilisasi) merupakan salah satu metode pengeringan dengan prinsip sublimasi yang di mana perpindahan langsung air dari fase padat (es) ke gas (uap air) tanpa melalui fase cair, yang berlangsung di bawah kondisi tekanan vakum rendah (Fellows, 2017). Dengan prinsip titik tripel air yaitu kondisi air berada dalam tiga fase sekaligus dari padat, cair, dan gas secara bersamaan dalam kesetimbangan. Titik tripel air terjadi pada suhu 0°C (32°F) dan tekanan 4,7 mmHg (± 611 Pa) pada tekanan di bawah titik tripel, di mana es berpindah langsung ke fase uap tanpa melewati fase cair (Habibi et al., 2021).



Gambar 3. Titik Tripel

Pengeringan beku merupakan proses pengeringan yang dilakukan dengan cara membekukan bahan terlebih dahulu kemudian menguapkan kandungan airnya melalui proses sublimasi pada kondisi vakum, sehingga menghasilkan produk yang memiliki struktur pori yang baik dan kemampuan rehidrasi tinggi (Muchtadi, 2010).

Di antara semua metode pengeringan pangan, pengeringan beku dianggap sebagai metode yang paling lembut (*the gentlest*) karena menyebabkan kerusakan minimal pada struktur mikro produk, memungkinkan laju rehidrasi yang cepat dan kapasitas rehidrasi yang tinggi, serta mempertahankan sifat fisikokimia produk dengan sangat baik (Nowak & Zielińska, 2020).



Sumber: https://www.tokomesin.com/wp-content/uploads/2024/10/MKS-VFD4_1-scaled.jpg

Gambar 4. Mesin *Freeze Dryer*

Mesin *freeze dryer* umumnya dirancang dengan empat komponen dasar, yaitu ruang pengering (*drying chamber*) sebagai tempat produk beku ditempatkan dan dilengkapi rak (*tray*) dengan pengontrol suhu, pompa vakum untuk menghilangkan gas yang tidak terkondensasi dan mencapai tekanan di bawah titik tripel air, sumber panas sebagai penyedia panas laten sublimasi, serta kondensor bersuhu rendah yang berfungsi menangkap uap air hasil sublimasi dan mengubahnya kembali menjadi padatan (Mujumdar, 2014; Fellows, 2017).

Tahap pertama dalam proses *freeze drying* adalah pembekuan (*freezing*) produk. Pada tahap ini, bahan didinginkan hingga mencapai kondisi beku sehingga

air bebas dalam bahan membentuk kristal es. Tahap pembekuan sangat penting karena menentukan struktur akhir produk. Semakin cepat laju pembekuan, maka semakin kecil kristal es yang terbentuk sehingga kerusakan struktur sel bahan dapat diminimalkan (Nowak & Jakubczyk, 2020). Proses pembekuan umumnya dilakukan pada tekanan atmosfer sekitar 1 atm dengan menempatkan produk di dalam *freezer*. Suhu dan lama pembekuan merupakan parameter penting yang perlu dikendalikan karena berpengaruh terhadap karakteristik fisikokimia produk akhir, seperti waktu rehidrasi, daya serap air, dan densitas kamba produk hasil pengeringan beku (Karam et al., 2023).

Setelah produk beku ditempatkan di dalam ruang pengering, tekanan diturunkan menggunakan pompa vakum hingga berada di bawah titik tripel air, yaitu sekitar 0,006 atm atau 611 Pa. Titik tripel merupakan kondisi ketika fase padat, cair, dan gas air berada dalam kesetimbangan secara bersamaan (Mujumdar, 2014). Pada tekanan di bawah titik tersebut, es dapat berubah langsung menjadi uap tanpa melewati fase cair melalui proses sublimasi (Fellows, 2017). Pada tahap ini panas diberikan secara terkendali untuk mempercepat proses sublimasi, sementara kondensor bersuhu rendah menangkap uap air yang dihasilkan dan mengubahnya kembali menjadi padatan di luar ruang pengering. Tahap pengeringan primer (*primary drying*) merupakan fase terpanjang dalam proses *freeze drying*. Pada tahap ini, sebagian besar kandungan air bebas di dalam bahan, yaitu sekitar 90–95%, dihilangkan melalui sublimasi (Mujumdar, 2014). Laju sublimasi dipengaruhi oleh perbedaan tekanan uap antara permukaan es dan kondensor serta tahanan

perpindahan massa yang disebabkan oleh terbentuknya lapisan kering pada permukaan bahan (Nowak & Zielińska, 2020).

Tahap pengeringan sekunder (*secondary drying*) bertujuan untuk menghilangkan sisa air terikat (*bound water*) yang tidak dapat dihilangkan pada tahap sublimasi sebelumnya. Pada tahap ini suhu produk dinaikkan secara bertahap di bawah tekanan vakum untuk melepaskan molekul air yang masih terikat pada matriks bahan melalui proses desorpsi (Karam et al., 2023). Parameter dan kondisi proses pada setiap tahap pengeringan beku umumnya diatur agar waktu pengeringan total menjadi lebih efisien secara ekonomi. Namun, percepatan proses tanpa mempertimbangkan karakteristik bahan dapat menurunkan kualitas produk akhir (Mujumdar, 2014). Setelah seluruh tahapan selesai, produk hasil *freeze drying* memiliki kadar air yang sangat rendah, bahkan dapat mencapai sekitar 1–4%, sehingga produk menjadi sangat stabil selama penyimpanan (Fellows, 2017).

Berdasarkan karakteristik kimia, pengeringan beku dinilai lebih baik dalam mempertahankan vitamin, mineral, dan bahan aktif di dalam produk dibandingkan dengan metode pengeringan termal (Bhatta et al., 2020). Hal ini dimungkinkan karena proses berlangsung pada suhu rendah, sehingga senyawa termolabil seperti vitamin C, antosianin, dan enzim aktif tidak mengalami degradasi yang berarti (Karam et al., 2023). Berdasarkan karakteristik fisik, produk hasil pengeringan beku memiliki sifat-sifat unggul yang tidak dapat dicapai oleh metode konvensional, seperti tidak terjadinya keriput pada permukaan bahan, warna produk tidak berubah secara signifikan dari kondisi segar, produk bersifat ringan dengan densitas kampa yang rendah, mudah disimpan di suhu ruang tanpa memerlukan

refrigerator, serta tahan terhadap pertumbuhan jamur, kapang, dan mikroba karena kadar airnya yang sangat rendah (Fellows, 2017).

Keunggulan pengeringan beku lainnya yaitu dalam mempertahankan stabilitas struktur bahan, termasuk pengurangan pengerutan (*shrinkage*) yang signifikan, serta kemampuan rehidrasi yang tinggi sehingga produk dapat kembali mendekati kondisi aslinya setelah direndam air (Nowak & Jakubczyk, 2020). Sebagai contoh, jamur yang dikeringkan menggunakan *freeze dryer* dapat kembali menyerupai jamur segar setelah direhidrasi menggunakan air hangat dalam beberapa menit (Mujumdar, 2014). Selain itu, produk *freeze dried* memiliki umur simpan yang relatif panjang tanpa memerlukan refrigerasi sehingga sangat sesuai untuk kebutuhan ekspedisi, militer, maupun industri pangan premium (Karam et al., 2023). Kualitas produk yang dihasilkan menjadikan pengeringan beku sebagai pilihan yang relevan untuk produk-produk dengan standar mutu tinggi (Hariyadi, 2013).

Dari berbagai keunggulannya, metode pengeringan beku juga memiliki beberapa kekurangan yaitu biaya operasional yang relatif tinggi akibat penggunaan sistem vakum, kondensor bersuhu sangat rendah, dan waktu proses yang panjang sehingga konsumsi energi menjadi besar (Mujumdar, 2014). Selain itu, biaya investasi peralatan yang mahal dan waktu proses yang lebih lama dibandingkan pengeringan konvensional (Fellows, 2017). *Freeze drying* juga tidak dapat membunuh seluruh spora bakteri sehingga produk masih berpotensi mengalami rekontaminasi jika sistem pengemasan tidak dilakukan dengan baik serta struktur yang berpori lebih rentan mengalami oksidasi selama penyimpanan apabila tidak

dikemas dengan baik (Karam et al., 2023). Namun, kualitas produk hasil *freeze drying* yang tinggi menyebabkan nilai jual produk menjadi lebih tinggi dibandingkan produk hasil pengeringan konvensional sehingga investasi teknologi ini masih dinilai layak secara ekonomis untuk produk premium (Hariyadi, 2013).

2.5 Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Rancangan Acak Kelompok (RAK) atau *Randomized Complete Block Design* (RCBD) merupakan rancangan percobaan yang digunakan ketika satuan percobaan memiliki keragaman tertentu yang masih dapat dikelompokkan. Pada rancangan ini, satuan percobaan dibagi ke dalam beberapa kelompok atau blok yang relatif homogen, kemudian seluruh perlakuan ditempatkan secara acak di dalam masing-masing kelompok. Tujuan pengelompokan tersebut adalah untuk memisahkan keragaman yang berasal dari kondisi kelompok dari keragaman yang disebabkan oleh perlakuan, sehingga pengaruh perlakuan dapat diamati dengan lebih baik (Gaspersz, 1995).

Prinsip utama RAK adalah kondisi di dalam satu kelompok diusahakan relatif seragam, sedangkan perbedaan antarkelompok masih diperbolehkan. Setiap kelompok memuat seluruh taraf perlakuan yang diuji, sehingga setiap perlakuan memperoleh kesempatan yang sama untuk diterapkan pada setiap kelompok. Dengan adanya pengelompokan, sumber keragaman yang tidak menjadi fokus utama penelitian dapat dikendalikan dan ketelitian percobaan dapat ditingkatkan (Gaspersz, 1995). Dalam analisis RAK, keragaman data umumnya dipisahkan menjadi keragaman akibat perlakuan, keragaman akibat kelompok, dan galat percobaan. Pengaruh perlakuan selanjutnya dianalisis menggunakan analisis

variansi untuk mengetahui apakah perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon yang diamati. Apabila hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh nyata, analisis dapat dilanjutkan dengan uji perbandingan antarperlakuan sesuai metode statistik yang digunakan (Gaspersz, 1995).

2.6 Penentuan Perlakuan Terbaik Metode Indeks Efektivitas De Garmo

Metode Indeks Efektivitas De Garmo merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan perlakuan terbaik berdasarkan beberapa parameter mutu secara bersamaan. Metode ini sesuai digunakan pada penelitian pangan karena mutu suatu produk tidak hanya ditentukan oleh satu parameter, tetapi merupakan gabungan dari karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik. Parameter organoleptik yang digunakan dalam penilaian umumnya diukur menggunakan skala mutu hedonik sebagaimana dijelaskan oleh (Kartika, 1988), yang kemudian dikonversi menjadi data numerik agar dapat digabungkan dengan parameter fisik dan kimia dalam perhitungan indeks efektivitas. Setiap parameter kemudian diberikan tingkat kepentingan atau bobot sesuai kontribusinya terhadap mutu produk, sehingga parameter yang dianggap lebih penting dapat memberikan pengaruh yang lebih besar dalam proses pemilihan perlakuan terbaik.

Dalam penerapannya, setiap parameter terlebih dahulu ditentukan arah mutunya, yaitu apakah nilai yang lebih tinggi atau nilai yang lebih rendah merupakan kondisi yang lebih diharapkan. Setelah itu, hasil masing-masing perlakuan dibandingkan berdasarkan tingkat kepentingan setiap parameter. Perlakuan yang memiliki kombinasi nilai paling baik secara keseluruhan kemudian dipilih sebagai perlakuan terpilih. Dengan demikian, metode De Garmo tidak hanya

mempertimbangkan satu parameter yang memiliki nilai paling tinggi atau paling rendah, tetapi mempertimbangkan keseimbangan seluruh karakteristik mutu yang dianalisis (De Garmo et al., 1984).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada pembuatan nasi sorgum instan yaitu biji sorgum Bioguma 2, natrium sitrat E331 68-04-2, dan air mineral.

Bahan yang digunakan untuk analisis pada nasi sorgum yaitu Aquadest, KIO₃, KI padat, larutan Luff-Schoorl, H₂SO₄ 6N, Na₂S₂O₃, indikator amilum, HCl pekat, NaOH 30%, indikator PP, etanol 95%, NaOH 1N, Asam Asetat 1N, dan larutan Iodin.

3.1.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada pembuatan nasi sorgum instan yaitu timbangan analitik, erlenmayer “PIREX”, wadah *thinwall*, *waterbath*, *freezer*, mesin *freeze dryer* MAKSINDO, dan *rice cooker* KANAZAWA.

Alat yang digunakan untuk analisis pada nasi sorgum instan yaitu timbangan analitik “*Superior mini digital scale i2000*”, oven, desikator, cawan, gelas ukur “PIREX”, penggaris, *stopwatch*, buret “PIREX”, klem dan statif, erlenmayer “PIREX”, penjepit tabung, pipet, Soxhlet, kjeldahl, spektrofotometer, labu takar, labu ukur, tang krus dan kuvet.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Penelitian Utama

Pada penelitian utama dilakukan pembuatan larutan natrium sitrat dengan konsentrasi 1% ; 1,5% ; 2% ; 2,5% ; 3% ; 3,5% ; 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5%

dan 7%. Lalu pembuatan nasi sorgum instan menggunakan metode pengeringan beku (*freeze drying*) dengan lama pengeringan 14 jam. Dilanjutkan dengan melakukan analisis terhadap karakteristik fisik, kimia dan organoleptik pada nasi sorgum instan.

3.2.2 Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan pada penelitian ini terdiri dari satu faktor, yaitu konsentrasi natrium sitrat (%) yang terdiri dari 13 taraf sebagai berikut:

Tabel 2. Rancangan Perlakuan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)
n₁	1
n₂	1,5
n₃	2
n₄	2,5
n₅	3
n₆	3,5
n₇	4
n₈	4,5
n₉	5
n₁₀	5,5
n₁₁	6
n₁₂	6,5
n₁₃	7

3.2.3 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktor dan dua kali ulangan sebagai berikut:

Tabel 3. Rancangan Percobaan Faktorial One Way

Konsentrasi Natrium Sitrat	Kelompok Ulangan	
	1	2
n₁	n ₁	n ₁
n₂	n ₂	n ₂
n₃	n ₃	n ₃
n₄	n ₄	n ₄
n₅	n ₅	n ₅
n₆	n ₆	n ₆
n₇	n ₇	n ₇
n₈	n ₈	n ₈
n₉	n ₉	n ₉
n₁₀	n ₁₀	n ₁₀
n₁₁	n ₁₁	n ₁₁
n₁₂	n ₁₂	n ₁₂
n₁₃	n ₁₃	n ₁₃

Rancangan percobaan dilakukan dengan dua kali ulangan sehingga didapatkan sebanyak 26 satuan percobaan. Berdasarkan rancangan di atas, dapat dibuat denah (*lay out*) percobaan faktorial *one way* dengan dua kali pengulangan sebagai berikut.

Tabel 4. *Layout* Percobaan Faktorial *One Way*

Kelompok Ulangan 1												
n₈	n ₂	n ₁₂	n ₅	n ₁₀	n ₃	n ₁	n ₁₃	n ₆	n ₉	n ₁₁	n ₇	n ₄
Kelompok Ulangan 2												
n₃	n ₁₁	n ₆	n ₁	n ₁₃	n ₇	n ₁₂	n ₅	n ₉	n ₂	n ₄	n ₈	n ₁₀

Model percobaan pada penelitian ini sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + K_j + N_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

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

μ = Nilai rata – rata umum

N_i = Pengaruh perlakuan konsentrasi natrium sitrat ke-i

K_j = Pengaruh kelompok ke-j

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

3.2.4 Rancangan Analisis

Rancangan analisis dilakukan untuk mengidentifikasi bagaimana pengaruh perlakuan terhadap respon yang diamati. Hasil rancangan percobaan disusun dan disajikan dalam Tabel Analisis Variasi (ANAVA) untuk mendapat kesimpulan mengenai pengaruh perlakuan yang dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Analisis Variasi Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Nasi Sorgum Instan.

Sumber Variasi	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	r-1	JKK/(r-1)	JKK/(r-1)	KTK/KTG	-
Perlakuan	n-1	JKP/(n-1)	JKP/(n-1)	-	-
Galat	(n-1)(r-1)	JKG	JTG/(n-1)(r-1)	-	-
Total	nr-1	JKT	-	-	-

(Sumber: (Gaspersz , 1995))

Keterangan:

r = Banyaknya ulangan

n = Konsentrasi natrium sitrat

Berdasarkan Tabel Analisis Variansi (ANAVA), selanjutnya ditentukan daerah penolakan hipotesis, yaitu:

1. Hipotesis ditolak, jika $F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$ pada taraf 5% maka dapat dinyatakan tidak terdapat pengaruh nyata antara rata-rata dari setiap perlakuan, artinya perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh terhadap karakteristik nasi sorgum instan.
2. Hipotesis diterima, jika $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$ pada taraf 5% maka dapat dinyatakan terdapat pengaruh nyata antara rata-rata dari setiap perlakuan, artinya perlakuan yang diberikan berpengaruh terhadap karakteristik nasi sorgum instan yang dihasilkan dan dilanjutkan dengan uji lanjut pada taraf 5% (Gaspersz, 1995).

3.2.5 Rancangan Respon

Respon pada penelitian nasi instan ini terdiri dari respon fisik, respon kimia, respon organoleptik dan penentuan sampel terbaik.

1. Respon Fisik

Analisis respon fisik yang dilakukan terdiri dari uji densitas kamba, daya serap air, rasio pengembangan dan waktu rehidrasi terhadap nasi sorgum instan yang sudah direhidrasi.

2. Respon Kimia

Analisis kimia yang dilakukan terdiri dari uji kadar air metode gravimetri (AOAC, 2005) dan uji gula reduksi metode luff schoorl (AOAC, 2005) terhadap sampel nasi sorgum instan.

3. Respon Organoleptik

Analisis respon organoleptik yang dilakukan yaitu dengan uji mutu hedonik yang meliputi warna, aroma khas sorgum, rasa pahit dan tekstur pulen.

4. Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo)

Penentuan perlakuan terbaik dapat dilakukan menggunakan metode Indeks Efektivitas De Garmo untuk memilih alternatif yang paling sesuai berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Tahap awal dilakukan dengan memberikan bobot nilai pada setiap parameter dalam rentang 0–1 serta menentukan arah normalitasnya, yaitu tinggi atau rendah. Selanjutnya, nilai efektivitas masing-masing perlakuan dihitung berdasarkan bobot dan arah normalitas tersebut. Nilai produktivitas dari setiap parameter kemudian dijumlahkan untuk memperoleh nilai total masing-masing perlakuan dan selanjutnya disusun dalam bentuk peringkat. Perlakuan dengan nilai total tertinggi ditetapkan sebagai perlakuan terbaik dan dapat digunakan sebagai sampel terpilih untuk analisis lanjutan (Kartika, 1988).

Pada nilai efektivitas dilakukan secara terpisah untuk setiap respon, dengan nilai tertinggi dan terendah sebagai batas penilaian yang diperoleh dari rentang nilai setiap respon pada seluruh perlakuan. Arah normalitas ditentukan berdasarkan sifat respon terhadap mutu produk. Arah normalitas tinggi digunakan jika nilai semakin besar menunjukkan mutu baik, sedangkan arah normalitas rendah digunakan jika nilai semakin kecil menunjukkan mutu baik. Berikut rumus yang digunakan yaitu:

- Bobot Normal

$$\text{Bobot Normal} = \frac{BN}{\sum BV}$$

- Nilai Efektivitas (Arah Normalitas Rendah)

$$NE = \frac{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Perlakuan}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}}$$

- Nilai Efektivitas (Arah Normalitas Tinggi)

$$NE = \frac{\text{Nilai Perlakuan} - \text{Nilai Perlakuan}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}}$$

- Nilai Hasil

$$\text{Nilai Hasil} = \text{Bobot Nilai} \times \text{Nilai Efektivitas}$$

5. Analisis Lanjutan Sampel Terbaik

Setelah dilakukan penentuan sampel perlakuan terbaik dengan metode indeks efektivitas De Garmo, sampel dilanjutkan dengan analisis kadar amilosa metode spektrofotometer UV-Vis (Juliano, 1971), kadar protein metode kjeldahl (AOAC, 2003), dan kadar lemak (AOAC, 2003).

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Proses Pembuatan Nasi Sorgum Instan

1. Persiapan Bahan

Bahan yang perlu disiapkan untuk membuat nasi sorgum instan adalah biji sorgum yang sudah disosoh, air, dan larutan natrium sitrat 1% ; 1,5% ; 2% ; 2,5% ; 3% ; 3,5% ; 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% dan 7%.

2. Perendaman

Biji sorgum sebanyak 100 gram direndam larutan natrium sitrat 1% ; 1,5% ; 2% ; 2,5% ; 3% ; 3,5% ; 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% dan 7% (1:3) dengan pemanasan pada suhu 55°C selama 2 jam.

3. Pembilasan

Bilas biji sorgum yang sudah direndam menggunakan air bersih yang mengalir agar menghilangkan kotoran dan residu natrium sitrat.

4. Pemasakan

Biji sorgum dimasak menggunakan *rice cooker low carbo* sampai biji sorgum tergelatinisasi sempurna.

5. Pendinginan suhu ruang

Nasi sorgum didiamkan pada suhu ruang selama 30 menit agar kadar air dan suhu stabil sebelum dilakukan proses pembekuan.

6. Pembekuan

Nasi sorgum dibekukan pada suhu rendah (*freezer*) atau sekitar -20°C selama 24 jam agar memudahkan proses sublimasi saat dilakukan pengeringan menggunakan mesin *freeze dryer*.

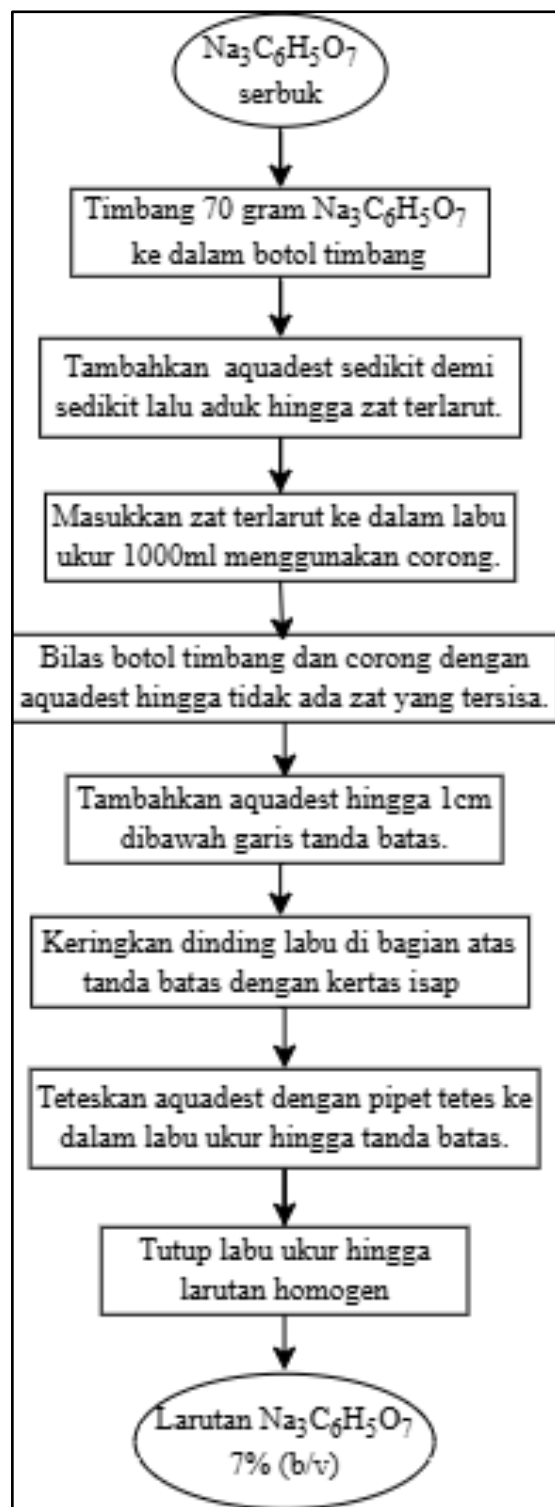
7. Pengeringan

Pengeringan nasi sorgum dengan metode pengeringan beku (*freeze drying*) selama 14 jam yang meliputi stabilisasi chamber -20°C selama 60 menit, sublimasi awal -15°C selama 120 menit, sublimasi utama -10°C selama 240 menit, desorpsi awal -5°C selama 240 menit, desorpsi akhir 0°C selama 120 menit, dan *finishing* 5°C selama 60 menit.

8. Pengemasan

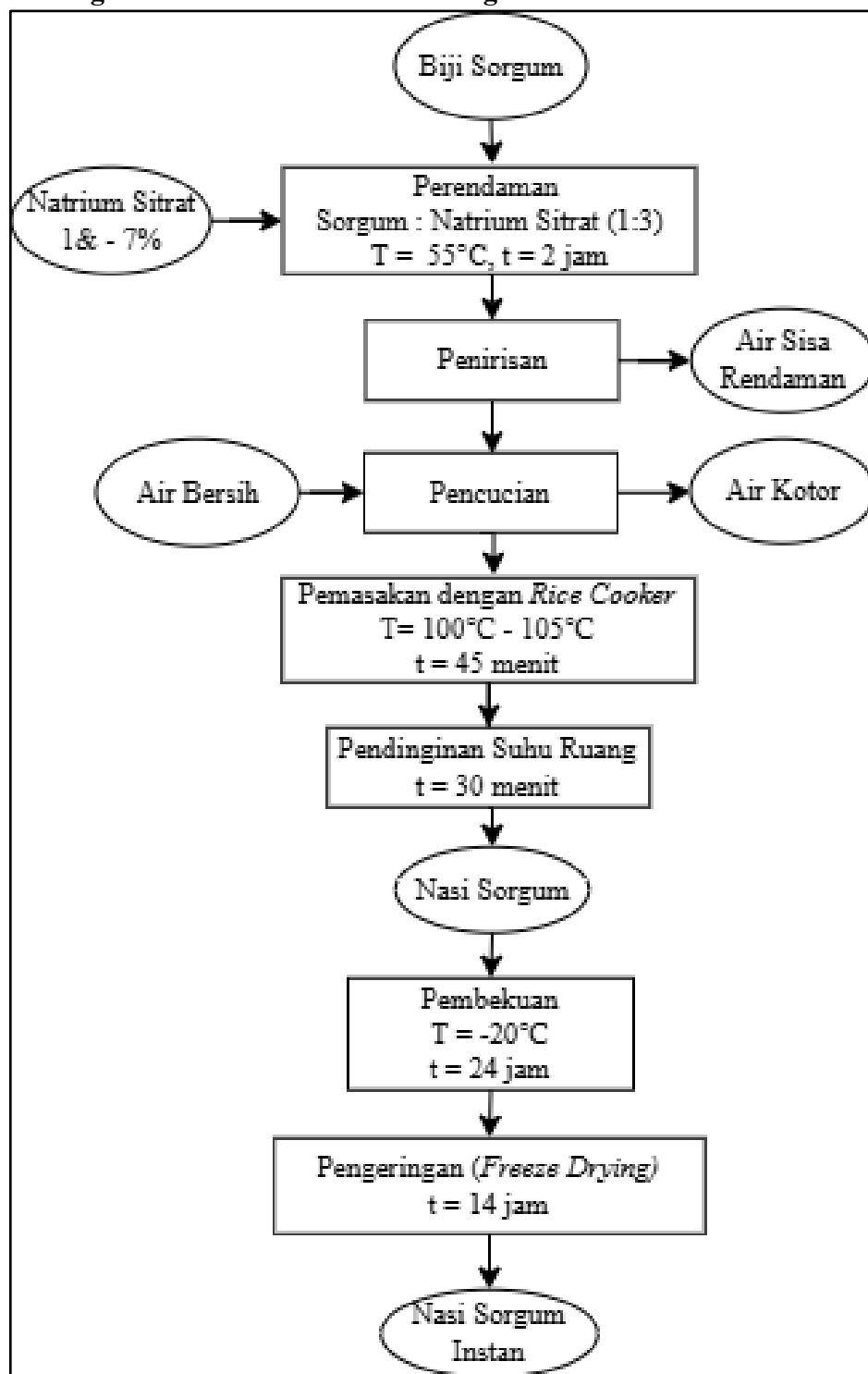
Pengemasan nasi sorgum instan menggunakan *standing pouch* berbahan aluminium foil dan *silica gel*.

3.3.2 Diagram Alir Pembuatan Natrium Sitrat 7%



Gambar 5. Diagram Alir Pembuatan Larutan Natrium Sitrat

3.3.3 Diagram Alir Pembuatan Nasi Sorgum Instan



Gambar 6. Diagram Alir Pembuatan Nasi Sorgum Instan

3.4 Jadwal Penelitian

Tabel 6. Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan						
		Maret 2026	April 2026	Mei 2026	Juni 2026	Juli 2026	Agustus 2026	September 2026
1.	Penyusunan Proposal Usulan Penelitian dan Bimbingan							
2.	Seminar Usulan Penelitian							
3.	Pelaksanaan Penelitian							
4.	Pengolahan Data							
5.	Bimbingan terkait Penelitian							
6.	Sidang Tugas Akhir							

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan mengenai: (4.1) Hasil Penelitian dan (4.2) Penentuan Perlakuan Terbaik Metode Indeks Efektivitas De Garmo

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi natrium sitrat terhadap karakteristik nasi sorgum instan dengan metode pengeringan beku (*freeze drying*). Pada proses pengolahan, sebanyak 100 gram biji sorgum dilakukan perendaman dengan natrium sitrat dengan konsentrasi yang sudah ditentukan dan dimasak menggunakan *rice cooker* menghasilkan 300 - 350 gram nasi sorgum. Nasi sorgum dikeringkan menggunakan metode *freeze drying* selama 14 jam dan dilakukan analisis pada karakteristik fisik, kimia, organoleptik, dan penentuan sampel terbaik.

Karakteristik fisik yang dianalisis meliputi densitas kamba, daya serap air, rasio pengembangan, dan waktu rehidrasi. Karakteristik kimia yang dianalisis meliputi kadar air dan gula reduksi. Karakteristik organoleptik meliputi warna, aroma, rasa, dan tekstur. Serta dilakukan penentuan sampel terbaik menggunakan metode indeks efektivitas De Garmo dan dilakukan analisis lanjut yang meliputi kadar amilosa, protein, dan lemak. Berdasarkan pengujian, maka data hasil analisis diuraikan sebagai berikut.

4.1.1 Respon Fisik

4.1.1.1 Densitas Kamba

Densitas kamba merupakan perbandingan antara berat bahan dengan volume yang ditempatinya dan dinyatakan dalam satuan g/mL. Menurut (Sasmitaloka et al., 2020), semakin rendah nilai densitas kamba, semakin banyak ruang kosong atau pori di dalam bahan tersebut. Densitas kamba dapat melihat seberapa berpori dan baiknya kemampuan nasi instan dalam menyerap air kembali. Struktur yang lebih berpori membuat air lebih mudah masuk saat proses rehidrasi, sehingga nasi instan sebaiknya memiliki densitas kamba yang rendah.

Tabel 7. Respon Fisik Densitas Kamba Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Densitas Kamba (g/ml)
n₁	1	0,17±0,02 ^{abc}
n₂	1,5	0,16±0,04 ^{ab}
n₃	2	0,16±0,03 ^a
n₄	2,5	0,16±0,03 ^{ab}
n₅	3	0,21±0,01 ^{abcd}
n₆	3,5	0,22±0,01 ^{cd}
n₇	4	0,19±0,00 ^{abcd}
n₈	4,5	0,20±0,02 ^{abcd}
n₉	5	0,18±0,03 ^{abc}
n₁₀	5,5	0,24±0,01 ^d
n₁₁	6	0,21±0,02 ^{abcd}
n₁₂	6,5	0,22±0,01 ^{cd}
n₁₃	7	0,21±0,03 ^{bcd}

Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap densitas kamba nasi sorgum instan. Hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar $2,81 > F$ tabel taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan F hitung kelompok sebesar $0,53 < F$ tabel sebesar 4,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi natrium sitrat memberikan pengaruh nyata terhadap densitas kamba, sedangkan faktor kelompok tidak memberikan pengaruh nyata. Semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat dari 1% hingga 5,5% cenderung diikuti oleh peningkatan densitas kamba, meskipun nilainya berfluktuasi dan tidak membentuk pola linier. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat tidak selalu menghasilkan struktur produk yang semakin renggang. Perbedaan densitas kamba ini diduga tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi natrium sitrat, tetapi juga oleh keutuhan dan ukuran butiran, pembentukan kristal es, serta tingkat penyusutan atau keruntuhan struktur selama freeze drying. Struktur dengan ruang kosong yang banyak cenderung mempunyai densitas kamba lebih rendah, sedangkan struktur yang lebih rapat atau mengalami penyusutan cenderung menghasilkan densitas kamba lebih tinggi (Nowak & Jakubczyk, 2020). Selain faktor pembekuan dan pengeringan, terbentuknya ruang kosong pada butiran diduga dipengaruhi pH larutan natrium sitrat yang digunakan sebagai bahan perendam. Natrium sitrat dengan pH 5,2 dilaporkan efektif menghasilkan struktur beras instan yang lebih porous (Butt et al., 2019a dalam Widodo et al., 2022), sehingga variasi pH larutan pada tiap konsentrasi kemungkinan berpengaruh terhadap pola fluktuasi densitas kamba.

Menurut (Nowak dan Jakubczyk, 2020), sublimasi es pada *freeze drying* menghasilkan struktur berpori dan berdensitas rendah. Nilai densitas kamba pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan nilai 0,50 g/mL yang dilaporkan (Sasmitaloka et al., 2020) pada nasi instan beras amilosa rendah.

4.1.1.2 Daya Serap Air

Daya serap air merupakan kemampuan produk pangan kering dalam menyerap kembali air selama proses rehidrasi. Pada produk hasil *freeze drying*, terbentuknya struktur berpori akibat sublimasi kristal es menjadi keunggulan dalam memberikan kapasitas dan laju rehidrasi yang tinggi (Ratti, 2001).

Tabel 8. Respon Fisik Daya Serap Air Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Daya Serap Air (%)
n₁	1	65,49±1,09
n₂	1,5	65,87±0,26
n₃	2	64,73±0,44
n₄	2,5	63,82±2,06
n₅	3	63,95±1,20
n₆	3,5	64,99±0,39
n₇	4	64,23±2,44
n₈	4,5	63,36±1,01
n₉	5	63,99±1,05
n₁₀	5,5	64,12±0,97
n₁₁	6	61,91±2,62
n₁₂	6,5	62,33±3,89
n₁₃	7	62,88±0,89

Konsentrasi natrium sitrat tidak berpengaruh nyata terhadap daya serap air nasi sorgum instan. Hasil ANAVA menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar $0,82 < F$ tabel taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan F hitung kelompok sebesar $0,001 < F$ tabel sebesar 4,75. Hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi natrium sitrat dan faktor kelompok tidak memberikan pengaruh nyata terhadap daya serap air, sehingga tidak diperlukan uji lanjut Duncan. Semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat cenderung diikuti oleh penurunan daya serap air, terutama pada konsentrasi 6–7% yang memiliki nilai lebih rendah, tetapi kecenderungan tersebut tidak nyata secara statistik. Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat belum dapat dinyatakan secara langsung menyebabkan penurunan daya serap air. Kondisi ini diduga karena seluruh perlakuan mengalami pemasakan, pembekuan, dan *freeze drying* yang sama sehingga tingkat gelatinisasi dan struktur pori yang terbentuk relatif serupa, variasi yang muncul dapat dipengaruhi oleh ukuran dan retakan butiran, keseragaman gelatinisasi, jumlah pori terbuka, serta proses penirisan sebelum penimbangan (Bhatta et al., 2020). Faktor pH larutan perendam juga diduga berkontribusi terhadap keterbukaan struktur granula pati tersebut, karena natrium sitrat pada pH 5,2 dilaporkan membentuk struktur beras yang lebih porous (Butt et al., 2019a dalam Widodo et al., 2022), sehingga kondisi pH larutan yang relatif serupa pada daya serap air antarperlakuan tidak berbeda nyata.

Menurut (Bhatta et al., 2020) porositas, penyusutan, dan kerusakan struktur sel merupakan faktor utama yang menentukan kemampuan rehidrasi bahan hasil *freeze drying*. Nilai daya serap air pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan nilai 48,73% yang dilaporkan (Sasmitaloka et al., 2020) pada nasi instan beras amilosa

rendah. Namun, perbedaan nilai tersebut tidak langsung menjadi mutu yang baik karena bahan baku, metode analisis, kondisi pembekuan, dan metode pengeringan yang digunakan berbeda.

4.1.1.3 Rasio Pengembangan

Rasio pengembangan merupakan perbandingan volume nasi setelah direhidrasi dengan volume nasi instan kering dan dinyatakan dalam persen (%). Parameter ini menunjukkan seberapa besar butiran nasi sorgum bisa mengembang kembali setelah menyerap air. Menghitung rasio ini dengan membandingkan volume nasi sesudah dan sebelum rehidrasi. Pada bahan hasil *freeze drying*, kemampuan produk kembali mendekati bentuk dan volume sebelum pengeringan menjadi salah satu karakteristik penting dalam menilai mutu rehidrasi (Bhatta et al., 2020).

Tabel 9. Respon Fisik Rasio Pengembangan Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Rasio Pengembangan (%)
n₁	1	96,71±40,01
n₂	1,5	107,59±19,57
n₃	2	112,50±17,68
n₄	2,5	127,76±22,62
n₅	3	110,00±14,14
n₆	3,5	100,00±0,00
n₇	4	102,63±3,72
n₈	4,5	100,00±0,00
n₉	5	121,69±22,36
n₁₀	5,5	107,38±16,09
n₁₁	6	92,00±11,31
n₁₂	6,5	100,00±0,00
n₁₃	7	95,00±7,07

Konsentrasi natrium sitrat tidak berpengaruh nyata terhadap rasio pengembangan nasi sorgum instan. Hasil ANAVA menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar $0,73 < F$ tabel taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan F hitung kelompok sebesar $1,26 < F$ tabel sebesar 4,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi natrium sitrat maupun faktor kelompok tidak memberikan pengaruh nyata terhadap rasio pengembangan, sehingga tidak dilakukan uji lanjut Duncan. Pada konsentrasi rendah 1–2,5%, semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat cenderung meningkatkan rasio pengembangan, tetapi pada konsentrasi di atas 2,5% peningkatan konsentrasi tidak lagi diikuti oleh peningkatan rasio pengembangan secara konsisten. Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat tidak selalu menghasilkan pengembangan yang lebih besar. Hal ini diduga karena rasio pengembangan lebih banyak ditentukan oleh kemampuan air masuk ke dalam butiran, pembengkakan pati, integritas struktur setelah pengeringan, serta interaksi pati dengan matriks protein sorgum, struktur protein yang rapat dapat membatasi penetrasi air dan pembengkakan granula pati (Duodu *et al.*, 2003). Kerapatan struktur protein tersebut diduga dipengaruhi pH larutan perendam. Pada penelitian ini, pelarutan matriks protein kafirin kemungkinan belum optimal, sehingga penetrasi air dan pembengkakan granula pati terbatas meskipun konsentrasi natrium sitrat ditingkatkan (Butt *et al.*, 2019a dalam Widodo *et al.*, 2022).

Protein kafirin yang membungkus granula pati sorgum dapat menghalangi air masuk sehingga pati menjadi sulit mengembang (Duodu *et al.*, 2003). Di sisi lain, struktur berpori yang terbentuk dari proses pembekuan dan sublimasi es seharusnya mempermudah air masuk saat direhidrasi (Nowak, D., & Jakubczyk, E.,

2020). Nilai tertinggi pada penelitian ini masih lebih rendah dibanding volume pengembangan 154,99% pada nasi instan dari beras amilosa rendah yang dilaporkan (Sasmitaloka et al., 2020). Perbedaan ini bisa disebabkan jenis bahan baku, kadar amilosa, cara pemasakan, dan metode pengeringan yang berbeda.

4.1.1.4 Waktu Rehidrasi

Waktu rehidrasi merupakan waktu yang dibutuhkan bahan pangan kering untuk menyerap kembali air hingga diperoleh tekstur yang homogen dan produk kembali pada kondisi siap konsumsi. Waktu rehidrasi menjadi indikator penting untuk menilai kepraktisan dan keberhasilan pembentukan karakteristik instan pada nasi sorgum.

Tabel 10. Respon Fisik Waktu Rehidrasi Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Waktu Rehidrasi (menit)
n₁	1	2,24±0,01 ^b
n₂	1,5	2,28±0,03 ^{bc}
n₃	2	2,46±0,01 ^d
n₄	2,5	2,45±0,04 ^d
n₅	3	2,52±0,04 ^d
n₆	3,5	2,50±0,02 ^d
n₇	4	2,35±0,03 ^c
n₈	4,5	2,22±0,03 ^b
n₉	5	2,26±0,01 ^b
n₁₀	5,5	2,28±0,01 ^{bc}
n₁₁	6	2,24±0,01 ^b
n₁₂	6,5	2,14±0,04 ^a
n₁₃	7	2,12±0,04 ^a

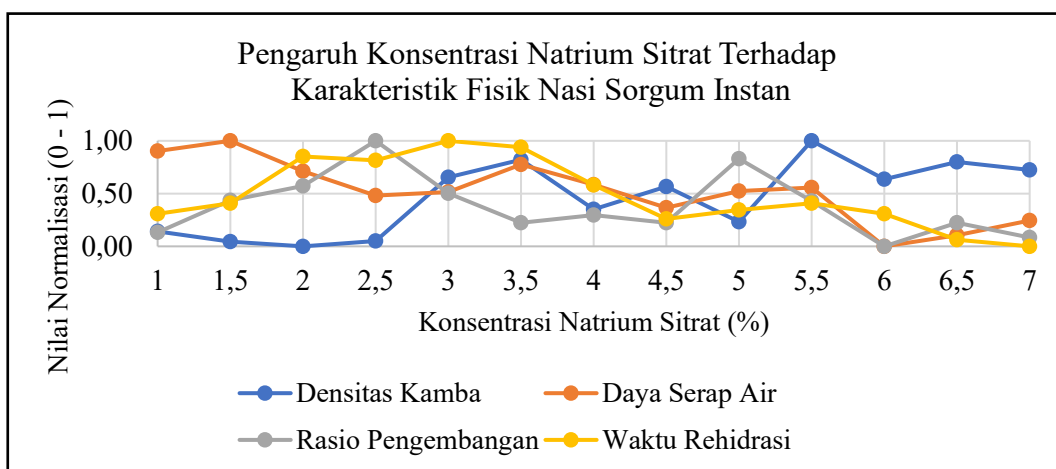
Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap waktu rehidrasi nasi sorgum instan. Hasil ANAVA menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar 45,49 > F tabel taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan F hitung kelompok sebesar 0,72 < F tabel sebesar 4,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi natrium sitrat memberikan pengaruh nyata terhadap waktu rehidrasi, sedangkan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata, sehingga pengujian dapat dilanjutkan dengan uji Duncan taraf 5%. Pada rentang konsentrasi 3–7%, semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat cenderung menghasilkan waktu rehidrasi yang semakin singkat, sedangkan pada rentang 1–3% peningkatan konsentrasi masih cenderung memperpanjang waktu rehidrasi sehingga pola keseluruhan tidak sepenuhnya linier. Waktu rehidrasi yang singkat pada konsentrasi tinggi diduga berkaitan dengan meningkatnya penetrasi larutan selama perendaman dan terbentuknya struktur yang lebih mudah ditembus air, kemudian rongga yang terbentuk selama pembekuan dipertahankan setelah sublimasi pada *freeze drying* sehingga menyediakan jalur kapiler bagi air panas saat rehidrasi (Waluyo et al., 2020). Terbentuknya jalur kapiler tersebut diduga berkaitan dengan pH larutan perendam, karena pH 5,2 dilaporkan mendukung penguraian struktur bahan sehingga beras instan menjadi lebih porous (Butt et al., 2019a dalam Widodo et al., 2022). Kondisi ini sejalan dengan semakin singkatnya waktu rehidrasi pada konsentrasi natrium sitrat yang lebih tinggi, meskipun pola tersebut tidak sepenuhnya linier pada rentang konsentrasi rendah.

Menurut penelitian (Murtini et al., 2022), proses pembekuan berperan dalam pembentukan struktur berpori pada nasi sorgum instan dan didapatkan waktu rehidrasi sekitar 4,18 menit pada perlakuan terbaik. Pada penelitian ini waktu rehidrasi 2,12 - 2,52 menit tergolong cepat dibandingkan hasil penelitian nasi instan terdahulu. Perbedaan waktu rehidrasi juga dipengaruhi bahan baku, komposisi pati, tingkat gelatinisasi, kondisi perendaman, pembekuan, serta metode pengeringan.

4.1.1.5 Normalisasi Data Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan

Densitas kamba, daya serap air, rasio pengembangan, dan waktu rehidrasi yang sudah dianalisis, diperlukan gambaran menyeluruh mengenai kecenderungan perubahan keempat parameter tersebut terhadap konsentrasi natrium sitrat. Data rata-rata karakteristik fisik memiliki satuan dan rentang nilai yang berbeda sehingga tidak dapat dibandingkan secara langsung. Oleh karena itu, dilakukan normalisasi untuk mengubah skala setiap parameter menjadi rentang 0-1, sehingga pola perubahan akibat perbedaan konsentrasi natrium sitrat dapat dibandingkan dalam satu grafik. Nilai normalisasi menunjukkan posisi relatif terhadap nilai minimum dan Maksimum masing – masing parameter yang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan

Grafik tersebut mengamati kecenderungan naik, turun, maupun fluktuatif pada setiap parameter, serta konsentrasi yang menghasilkan nilai tertinggi dan nilai terendah. Karena bersifat deskriptif, pengaruh konsentrasi tetap berdasarkan hasil ANAVA dan uji lanjut Duncan. Untuk mengetahui kekuatan hubungan linear antara konsentrasi natrium sitrat dan masing-masing parameter fisik, pola tersebut dianalisis lebih lanjut menggunakan korelasi Pearson (r) dan koefisien Determinasi (R^2) yang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Koefisien Korelasi Pearson (r) dan Koefisien Determinasi (R^2)
Terhadap Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan.

Parameter	r	R^2
Densitas Kamba	0,7240	0,5242
Daya Serap Air	-0,8358	0,6985
Rasio Pengembangan	-0,3449	0,1190
Waktu Rehidrasi	-0,5868	0,3443

Keterangan: Nilai hitung rata – rata 13 perlakuan, tanda positif dan negatif menunjukkan arah hubungan.

4.1.2 Respon Kimia

4.1.2.1 Kadar Air

Kadar air merupakan parameter penting dalam produk pangan kering karena menunjukkan jumlah air di dalam bahan yang berinteraksi dengan komponen penyusun pangan (Winarno, 2004). Kadar air tinggi dapat meningkatkan ketersediaan air bagi reaksi kimia dan aktivitas mikroorganisme sehingga berpotensi mempercepat penurunan mutu produk, sedangkan kadar air rendah dapat mempertahankan kestabilan produk kering selama penyimpanan (Fennema, 1996).

Tabel 12. Respon Kimia Kadar Air Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Kadar Air (%)
n₁	1	7,37±0,18 ^{bcd}
n₂	1,5	6,50±0,57 ^{bc}
n₃	2	3,47±0,39 ^a
n₄	2,5	3,02±0,39 ^a
n₅	3	6,82±1,03 ^{bc}
n₆	3,5	7,52±0,25 ^{bcd}
n₇	4	9,45±0,36 ^d
n₈	4,5	8,72±1,45 ^{cd}
n₉	5	5,55±1,98 ^b
n₁₀	5,5	5,92±0,88 ^b
n₁₁	6	5,97±2,30 ^b
n₁₂	6,5	6,32±0,67 ^b
n₁₃	7	6,87±0,04 ^{bc}

Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap kadar air nasi sorgum instan. Hasil ANAVA menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar 7,10 > F tabel taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan F hitung kelompok sebesar 4,01 < F tabel sebesar 4,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi natrium sitrat memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air, sedangkan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata, sehingga dilakukan uji lanjut Duncan taraf 5%. Peningkatan konsentrasi natrium sitrat dari 1% sampai 2,5% cenderung menurunkan kadar air, tetapi peningkatan lebih lanjut sampai 4% diikuti kenaikan kadar air, kemudian nilainya kembali menurun pada 5% dan berfluktuasi hingga 7%. Oleh karena itu, semakin

tinggi atau semakin rendah konsentrasi natrium sitrat tidak menunjukkan hubungan linier dengan kadar air akhir. Perbedaan kadar air tersebut diduga terjadi karena efektivitas sublimasi tidak hanya dipengaruhi oleh perlakuan perendaman, tetapi juga oleh struktur dan porositas bahan, ketebalan sampel, distribusi air dalam matriks, serta hambatan perpindahan panas dan massa selama *freeze drying* (Nowak & Jakubczyk, 2020).

Struktur dan porositas bahan memengaruhi perpindahan panas dan massa selama *freeze drying* (Nowak dan Jakubczyk, 2020). Menurut penelitian (Hartanti & Kurniawati, 2023), kadar air *multigrain rice* instan sebesar 3,47–5,03% menggunakan natrium sitrat 2% dan 5%, yang di mana konsentrasinya berpengaruh nyata terhadap kadar air. Perbedaan nilai antarperlakuan dapat disebabkan perbedaan bahan baku, kondisi perendaman, proses pemasakan, dan metode pengeringan (Fennema, 1996). Sebagai acuan mutu, kadar air penelitian ini dibandingkan dengan SNI 6128:2020 tentang Beras (maksimum 14%).

4.1.2.2 Kadar Gula Reduksi

Gula reduksi merupakan kelompok gula yang memiliki gugus karbonil bebas dalam bentuk aldehid atau keton yang dapat bertindak sebagai agen pereduksi (Winarno, 2004). Kelompok ini meliputi beberapa monosakarida, seperti glukosa, fruktosa, dan disakarida tertentu, seperti maltosa dan laktosa. Sifat pereduksi tersebut menjadi dasar analisis gula reduksi metode *Luff-Schoorl* (Sudarmadji et al., 1989). Kadar gula reduksi penting diperhatikan pada produk berbasis sereal karena berkaitan dengan karakteristik karbohidrat untuk dicerna, profil rasa, serta berlangsungnya reaksi Maillard selama pengolahan (Winarno, 2004).

Tabel 13. Respon Kimia Gula Reduksi Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Kadar Gula Reduksi (%)
n₁	1	0,70±0,00
n₂	1,5	0,52±0,25
n₃	2	0,35±0,17
n₄	2,5	0,41±0,25
n₅	3	0,35±0,17
n₆	3,5	0,29±0,25
n₇	4	0,64±0,08
n₈	4,5	0,41±0,08
n₉	5	0,41±0,25
n₁₀	5,5	0,82±0,00
n₁₁	6	0,35±0,34
n₁₂	6,5	0,23±0,17
n₁₃	7	0,58±0,16

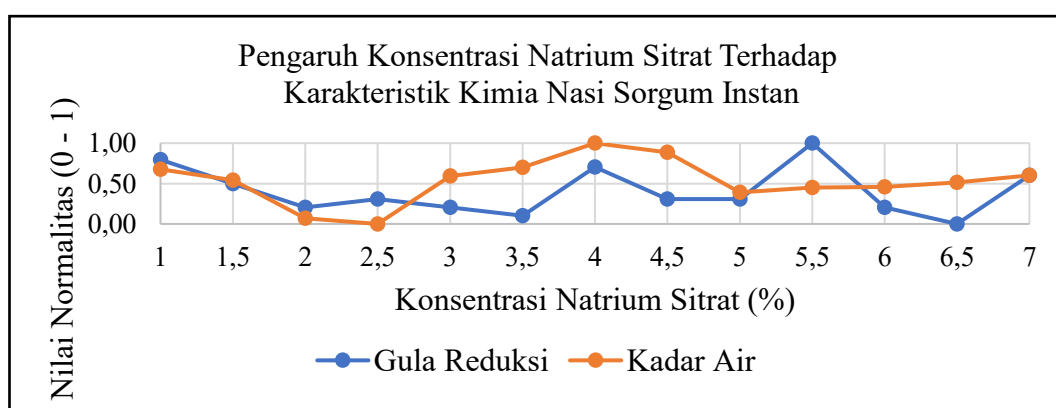
Konsentrasi natrium sitrat tidak berpengaruh nyata terhadap kadar gula reduksi nasi sorgum instan. Hasil ANAVA menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar $1,74 < F$ tabel taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan F hitung kelompok sebesar $2,26 < F$ tabel sebesar 4,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi natrium sitrat maupun faktor kelompok tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar gula reduksi dan tidak diperlukan uji lanjut Duncan. Semakin tinggi maupun rendah konsentrasi natrium sitrat tidak menunjukkan kecenderungan kenaikan atau penurunan kadar gula reduksi yang konsisten karena nilainya berfluktuasi pada seluruh taraf perlakuan. Oleh karena itu, perubahan konsentrasi natrium sitrat belum dinyatakan secara langsung meningkatkan atau menurunkan gula reduksi. Variasi tersebut diduga berkaitan dengan kandungan gula pada bahan, perubahan karbohidrat selama pemasakan, kehilangan komponen gula yang larut pada tahap

perendaman dan pencucian, sedangkan natrium sitrat pada kondisi penelitian ini tidak secara langsung memecah pati menjadi gula reduksi.

Menurut penelitian (Jasmine, 2025), pada nasi instan berbahan beras dengan variasi konsentrasi natrium sitrat dan lama *freeze drying*, menghasilkan kadar gula reduksi 4,911–6,415% yang lebih tinggi dibandingkan kisaran 0,23–0,82% pada penelitian ini.

4.1.2.3 Normalisasi Data Karakteristik Kimia Nasi Sorgum Instan

Kadar air dan kadar gula reduksi yang sudah dianalisis, diperlukan gambaran menyeluruh mengenai kecenderungan perubahan kedua parameter tersebut terhadap konsentrasi natrium sitrat. Kedua parameter dinyatakan dalam persen, namun data rata-rata karakteristik kimia memiliki rentang nilai yang berbeda sehingga tidak dapat dibandingkan langsung. Oleh karena itu, dilakukan normalisasi untuk mengubah skala setiap parameter menjadi rentang 0-1, sehingga pola perubahan akibat perbedaan konsentrasi natrium sitrat dapat dibandingkan dalam satu grafik. Nilai normalisasi menunjukkan posisi relatif terhadap nilai minimum dan maksimum masing-masing parameter disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Fisik Nasi Sorgum Instan

Grafik tersebut mengamati kecenderungan perubahan kadar air dan kadar gula reduksi, serta konsentrasi yang menghasilkan nilai puncak dan nilai terendah. Karena bersifat deskriptif, pengaruh konsentrasi tetap ditetapkan berdasarkan hasil ANAVA. Untuk mengetahui kekuatan hubungan linear antara konsentrasi natrium sitrat dan masing-masing parameter kimia, pola tersebut dianalisis lebih lanjut menggunakan korelasi Pearson (r) dan koefisien Determinasi (R^2) pada Tabel 14.

Tabel 14. Koefisien Korelasi Pearson (r) dan Koefisien Determinasi (R^2)
Terhadap Karakteristik Kimia Nasi Sorgum Instan.

Parameter	r	R^2
Kadar Gula Reduksi	-0,0849	0,0072
Kadar Air	0,1611	0,0260

Keterangan: Nilai hitung rata – rata 13 perlakuan, tanda positif dan negatif menunjukkan arah hubungan.

4.1.3 Respon Organoleptik

4.1.3.1 Atribut Warna

Warna merupakan salah satu atribut sensori pertama yang diamati konsumen dan dapat memengaruhi persepsi terhadap mutu suatu produk pangan. Pada penelitian ini, atribut warna yang dinilai adalah intensitas warna khas nasi sorgum instan. Warna nasi sorgum dapat dipengaruhi oleh warna alami endosperma dan senyawa fenolik pada biji, serta tahapan perendaman, pencucian, pemasakan, pembekuan, dan pengeringan.

Tabel 15. Respon Organoleptik Atribut Warna Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Atribut Warna
n₁	1	5,25±0,07 ^f
n₂	1,5	5,00±0,00 ^{def}
n₃	2	4,70±0,42 ^{bcd}
n₄	2,5	4,90±0,05 ^{cdef}
n₅	3	4,83±0,28 ^{cdef}
n₆	3,5	4,67±0,05 ^{bcd}
n₇	4	5,00±0,05 ^{def}
n₈	4,5	4,53±0,09 ^{abc}
n₉	5	5,12±0,16 ^{ef}
n₁₀	5,5	4,17±0,28 ^a
n₁₁	6	4,35±0,12 ^{ab}
n₁₂	6,5	4,60±0,19 ^{abcd}
n₁₃	7	4,28±0,40 ^{ab}

Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap atribut warna nasi sorgum instan. Hasil ANAVA menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar 6,63 > F tabel taraf 5% sebesar 2,69. Faktor kelompok juga berpengaruh nyata karena F hitung kelompok sebesar 5,93 > F tabel sebesar 4,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa selain perlakuan natrium sitrat, variasi ulangan turut berkontribusi terhadap respons warna. Konsentrasi natrium sitrat yang lebih rendah cenderung menghasilkan skor warna yang lebih tinggi, sedangkan pada konsentrasi di atas 5% skor warna cenderung lebih rendah, meskipun pola tersebut tidak linier karena perlakuan 5% masih menghasilkan skor relatif tinggi. Dengan demikian, semakin

tinggi konsentrasi natrium sitrat tidak selalu menghasilkan skor warna yang semakin rendah. Perbedaan warna diduga berkaitan dengan pelarutan atau perubahan komponen fenolik dan pigmen pada bagian luar biji selama perendaman dan pencucian, perubahan permukaan butiran akibat pemasakan dan pengeringan, serta variasi antarkelompok dalam proses pembuatan atau penilaian sensori (Ramdayani & Murtini, 2022).

Menurut penelitian (Ramdayani dan Murtini, 2022) proses instanisasi dapat memengaruhi karakteristik warna nasi sorgum dengan menunjukkan lama pembekuan yang dapat memberikan pengaruh nyata terhadap kecerahan nasi sorgum instan, sedangkan nilai kekuningan tidak selalu berbeda nyata. Hal tersebut menunjukkan bahwa karakteristik warna nasi sorgum merupakan hasil interaksi antara bahan awal dan kondisi proses, sehingga perbedaan nilai warna dalam penelitian ini dapat terjadi meskipun seluruh sampel mengalami metode pengeringan yang sama.

4.1.3.2 Atribut Aroma

Aroma merupakan karakteristik sensori dari senyawa volatil yang dilepaskan bahan pangan dan diterima oleh indra penciuman. Aroma berperan dalam menentukan karakter khas suatu produk dan dapat memengaruhi persepsi konsumen ketika produk dikonsumsi. Pada metode pengeringan beku berlangsung pada suhu relatif rendah dan menyebabkan perubahan struktur yang lebih kecil dibandingkan beberapa metode pengeringan termal, sehingga dapat membantu mempertahankan karakteristik mutu bahan (Nowak & Jakubczyk, 2020).

Tabel 16. Respon Organoleptik Atribut Aroma Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Atribut Aroma
n₁	1	2,50±0,00 ^e
n₂	1,5	3,15±0,26 ^{de}
n₃	2	3,13±0,05 ^{cde}
n₄	2,5	2,77±0,05 ^{de}
n₅	3	3,82±0,07 ^{de}
n₆	3,5	3,68±0,07 ^{bcd}
n₇	4	3,81±0,02 ^{de}
n₈	4,5	3,47±0,09 ^{bc}
n₉	5	3,63±0,14 ^e
n₁₀	5,5	3,58±0,02 ^a
n₁₁	6	3,75±0,21 ^b
n₁₂	6,5	3,42±0,26 ^{bcd}
n₁₃	7	3,48±0,07 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap atribut aroma nasi sorgum instan. Hasil ANAVA menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar 17,55 > F tabel taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan F hitung kelompok sebesar 0,08 < F tabel sebesar 4,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi natrium sitrat memberikan pengaruh nyata terhadap aroma, sedangkan faktor kelompok tidak memberikan pengaruh nyata. Semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat dari 1% hingga sekitar 3–4% cenderung meningkatkan skor aroma, tetapi peningkatan konsentrasi di atas 4% tidak lagi diikuti peningkatan aroma secara konsisten. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi natrium

sitrat tidak selalu menghasilkan aroma yang semakin kuat. Perbedaan skor aroma diduga berkaitan dengan perubahan jumlah senyawa volatil yang masih tertahan setelah perendaman, pencucian, dan pemasakan, sedangkan proses freeze drying pada suhu relatif rendah dapat membantu membatasi kerusakan termal terhadap komponen aroma (Nowak & Jakubczyk, 2020).

Penggunaan *freeze drying* pada suhu rendah dapat membantu mengurangi kerusakan termal terhadap komponen aroma dibandingkan pengeringan suhu tinggi (Nowak & Jakubczyk, 2020). Penelitian ini juga tidak melakukan analisis senyawa volatil, sehingga perubahan aroma lebih tepat dibahas sebagai hasil sensori dari keseluruhan proses pengolahan.

4.1.3.3 Atribut Rasa

Rasa merupakan salah satu karakteristik sensori penting pada produk berbasis sorgum karena biji sorgum merupakan sumber senyawa fenolik seperti tanin, asam fenolat, dan antosianin yang karakteristiknya berbeda antarjenis sorgum (Awika & Rooney, 2004). Keberadaan tanin dan senyawa fenolik tertentu dapat berkontribusi terhadap karakter rasa pahit dan sepat pada produk sorgum. Oleh karena itu, tahapan penyosohan, perendaman, pencucian, dan pemasakan dapat memengaruhi karakter rasa akhir nasi sorgum instan karena sebagian komponen yang larut dapat berkurang selama proses tersebut.

Tabel 17. Respon Organoleptik Atribut Rasa Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Atribut Rasa
n₁	1	5,00±0,09 ^e
n₂	1,5	4,88±0,21 ^e
n₃	2	4,78±0,02 ^{cde}
n₄	2,5	4,85±0,21 ^{de}
n₅	3	4,55±0,02 ^{bcd}
n₆	3,5	4,50±0,05 ^{bc}
n₇	4	4,80±0,28 ^{cde}
n₈	4,5	4,88±0,02 ^e
n₉	5	4,72±0,16 ^{cde}
n₁₀	5,5	4,00±0,24 ^a
n₁₁	6	4,40±0,09 ^b
n₁₂	6,5	4,33±0,14 ^b
n₁₃	7	4,95±0,07 ^e

Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap atribut rasa pahit nasi sorgum instan. Hasil ANAVA menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar 10,37 > F tabel taraf 5% sebesar 2,69. Faktor kelompok juga berpengaruh nyata karena F hitung kelompok sebesar 6,26 > F tabel sebesar 4,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi natrium sitrat dan variasi antarulangan berkontribusi terhadap perbedaan respons rasa. Pada skala mutu hedonik penelitian ini, skor yang semakin tinggi menunjukkan produk semakin tidak pahit. Semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat tidak selalu menyebabkan nasi sorgum semakin tidak pahit, karena konsentrasi rendah 1% menghasilkan skor tinggi, skor menurun pada beberapa

konsentrasi menengah hingga tinggi, tetapi kembali meningkat pada 7%. Pola yang tidak linier tersebut diduga berkaitan dengan variasi kandungan senyawa fenolik pada bahan, tingkat pelarutan komponen pembentuk rasa selama perendaman dan pencucian, serta perbedaan antarkelompok. Karena kadar tanin tidak dianalisis pada setiap perlakuan, perubahan skor rasa pahit tidak dapat digunakan sebagai bukti langsung bahwa peningkatan konsentrasi natrium sitrat menurunkan kadar tanin.

Meskipun demikian, perendaman dalam larutan natrium sitrat tetap dilaporkan dapat menurunkan kandungan tanin pada pembuatan nasi sorgum instan, dengan kondisi optimum pada konsentrasi 1% dan suhu 50°C (Amrinola, 2010). Proses perendaman sorgum secara umum juga terbukti dapat menurunkan kadar tanin melalui pelarutan komponen fenolik ke dalam larutan perendam (Asropi et al., 2019). Perendaman dan pencucian diduga memengaruhi komponen pembentuk rasa pada sorgum, sedangkan hubungan spesifiknya dengan tanin masih memerlukan analisis lebih lanjut.

4.1.3.4 Atribut Tekstur

Tekstur merupakan karakteristik penting pada nasi instan karena setelah direhidrasi produk diharapkan memiliki tekstur yang mendekati nasi matang. Pada penelitian ini, karakter tekstur yang diamati adalah tingkat kepulenan nasi sorgum. Tekstur pulen pada nasi sorgum dipengaruhi oleh kemampuan pati menyerap air dan mengalami gelatinisasi, komposisi amilosa dan amilopektin, interaksi pati dengan protein, serta kemampuan struktur butiran untuk kembali menyerap air setelah proses pengeringan.

Tabel 18. Respon Organoleptik Atribut Tekstur Pulen Nasi Sorgum Instan

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Rata – rata Atribut Tekstur
n₁	1	3,77±0,05 ^f
n₂	1,5	3,23±0,09 ^{de}
n₃	2	3,42±0,12 ^e
n₄	2,5	3,38±0,21 ^{de}
n₅	3	3,25±0,12 ^{de}
n₆	3,5	2,90±0,05 ^{bc}
n₇	4	3,32±0,07 ^{de}
n₈	4,5	3,15±0,02 ^{cd}
n₉	5	4,00±0,05 ^f
n₁₀	5,5	2,65±0,21 ^{ab}
n₁₁	6	2,65±0,02 ^{ab}
n₁₂	6,5	2,68±0,12 ^{ab}
n₁₃	7	2,62±0,16 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

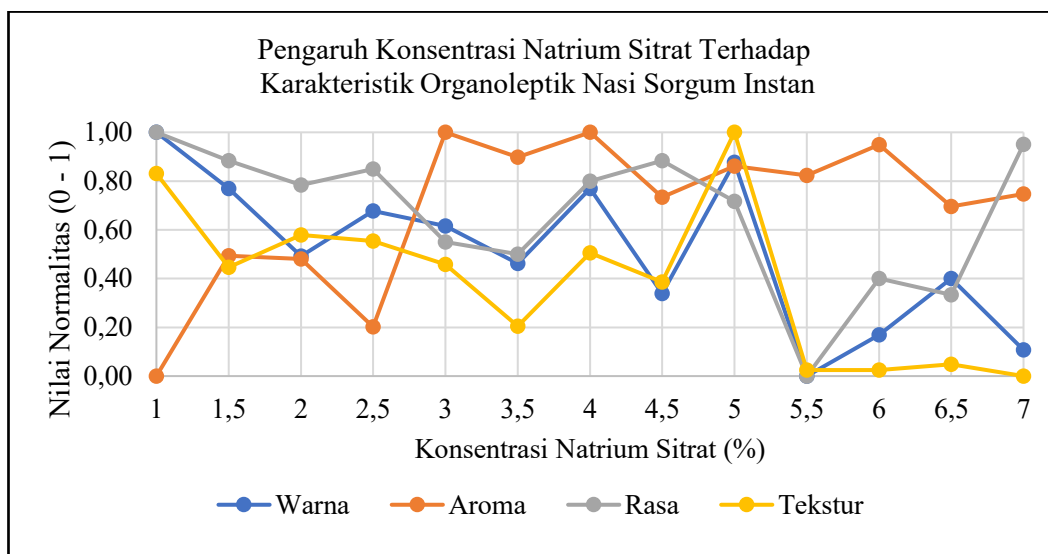
Konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap tekstur pulen nasi sorgum instan. Hasil ANAVA menunjukkan nilai F hitung perlakuan sebesar 32,33 > F tabel taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan F hitung kelompok sebesar 2,98 < F tabel sebesar 4,75. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi natrium sitrat memberikan pengaruh nyata terhadap tekstur, sedangkan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata. Peningkatan konsentrasi natrium sitrat hingga 5% dapat menghasilkan skor tekstur pulen yang relatif tinggi, tetapi setelah konsentrasi 5% semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat cenderung diikuti penurunan skor tekstur pulen hingga 7%. Hal tersebut menunjukkan adanya

konsentrasi optimum dan bahwa penambahan natrium sitrat yang terlalu tinggi tidak selalu memperbaiki tekstur. Penurunan kepulenan pada konsentrasi tinggi diduga terjadi karena keterbukaan struktur butiran yang berlebihan dapat mengurangi kemampuan matriks pati mempertahankan integritas setelah rehidrasi, sedangkan pada konsentrasi yang sesuai terjadi keseimbangan antara penetrasi air, pembengkakan pati, dan kekuatan struktur butiran.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian (Ramdayani dan Murtini, 2022), kondisi proses pembekuan dapat memengaruhi mutu organoleptik nasi sorgum instan, termasuk tekstur. Dalam penelitian tersebut, perlakuan terbaik pada pembekuan -20°C selama 24 jam dan menghasilkan nilai organoleptik tekstur yang relatif tinggi, serta menunjukkan adanya variasi nilai warna, rasa, tekstur, dan *overall liking* akibat perbedaan kondisi pembekuan.

4.1.3.5 Normalisasi Data Karakteristik Organoleptik Nasi Sorgum Instan

Atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur yang sudah dianalisis, diperlukan gambaran menyeluruh mengenai kecenderungan perubahan keempat atribut tersebut terhadap konsentrasi natrium sitrat. Keempat atribut menggunakan skala penilaian yang sama, data rata-rata karakteristik organoleptik memiliki rentang nilai yang berbeda sehingga tidak dapat dibandingkan secara langsung. Oleh karena itu, dilakukan normalisasi untuk mengubah skala setiap atribut menjadi rentang 0-1, sehingga pola perubahan akibat perbedaan konsentrasi natrium sitrat dapat dibandingkan dalam satu grafik. Nilai normalisasi menunjukkan posisi relatif terhadap nilai minimum dan maksimum masing-masing atribut, sebagaimana disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Organoleptik Nasi Sorgum Instan

Grafik ini mengamati kecenderungan perubahan setiap atribut, serta konsentrasi yang menghasilkan nilai atribut tertinggi dan terendah. Karena bersifat deskriptif, pengaruh konsentrasi ditetapkan berdasarkan hasil ANAVA. Untuk mengetahui kekuatan hubungan linear antara konsentrasi natrium sitrat dan masing-masing parameter organoleptik, pola tersebut dianalisis lebih lanjut menggunakan korelasi Pearson (r) dan koefisien Determinasi (R^2) yang disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19. Koefisien Korelasi Pearson (r) dan Koefisien Determinasi (R^2) Terhadap Karakteristik Organoleptik Nasi Sorgum Instan.

Parameter	r	R^2
Warna	-0,7058	0,4982
Aroma	0,6071	0,3686
Rasa	-0,4708	0,2216
Tekstur	-0,6384	0,4075

Keterangan: Nilai hitung rata – rata 13 perlakuan, tanda positif dan negatif menunjukkan arah hubungan.

4.2 Penentuan Perlakuan Terbaik Metode Indeks Efektivitas De Garmo

Penentuan perlakuan terbaik pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode Indeks Efektivitas De Garmo dengan mempertimbangkan seluruh parameter fisik, kimia, dan organoleptik nasi sorgum instan. Metode indeks efektivitas digunakan untuk menentukan alternatif perlakuan terbaik berdasarkan beberapa parameter yang memiliki tingkat kepentingan dan arah mutu yang berbeda. Tahapan penentuan perlakuan terbaik dilakukan dengan menentukan bobot variabel, bobot normal, arah normalitas, nilai efektivitas, dan nilai hasil masing-masing parameter, kemudian seluruh nilai produktivitas dijumlahkan untuk memperoleh nilai produktivitas total. Perlakuan dengan nilai hasil total tertinggi ditetapkan sebagai perlakuan terpilih (Kartika, 1988).

Bobot variabel ditentukan dengan skala 1 sampai 5, nilai yang lebih besar menunjukkan tingkat kepentingan parameter yang lebih tinggi terhadap mutu produk (Kartika, 1988). Skala tersebut digunakan agar tingkat kepentingan setiap parameter dapat dibedakan secara bertingkat, bukan hanya dikelompokkan menjadi penting atau tidak penting. Pada penelitian ini, bobot yang digunakan berkisar antara 3 sampai 5, karena seluruh parameter yang diamati dianggap memiliki peran dalam menentukan mutu nasi sorgum instan, sehingga tidak terdapat parameter dengan tingkat kepentingan yang sangat rendah. Bobot 5 diberikan pada parameter yang berkaitan langsung dengan kelayakan konsumsi dan penerimaan sensori utama produk, bobot 4 diberikan pada parameter yang berperan penting namun bersifat pendukung terhadap keamanan dan preferensi produk, sedangkan bobot 3 diberikan pada parameter yang bersifat pelengkap dalam menggambarkan

karakteristik fisik produk secara keseluruhan. Penerapan skala bobot tersebut pada masing-masing parameter disajikan pada Tabel 20.

Tabel 20. Arah Normalitas, Bobot Variabel, dan Bobot Normal

Parameter	Arah Normalitas	Bobot Variabel	Bobot Normal
Kadar Gula Reduksi	Rendah	4	0,10
Kadar Air	Rendah	5	0,13
Densitas Kamba	Rendah	3	0,07
Daya Serap Air	Tinggi	3	0,07
Rasio Pengembangan	Tinggi	3	0,07
Waktu Rehidrasi	Rendah	5	0,13
Warna	Tinggi	3	0,07
Aroma	Tinggi	4	0,10
Rasa	Tinggi	5	0,13
Tekstur	Tinggi	5	0,13
Total		40	1,00

Parameter kadar air, waktu rehidrasi, rasa, dan tekstur diberikan bobot tertinggi sebesar 5. Keempat parameter tersebut berkaitan dengan kestabilan produk selama penyimpanan, kepraktisan penyajian, serta karakter sensori yang menjadi penentu penerimaan konsumen. Kadar air dan waktu rehidrasi ditetapkan memiliki arah normalitas rendah, karena nilai yang semakin kecil pada kedua parameter tersebut menunjukkan mutu produk yang lebih baik, yaitu tingkat keawetan yang lebih tinggi dan waktu penyajian yang lebih singkat. Sebaliknya, rasa dan tekstur ditetapkan memiliki arah normalitas tinggi, karena berdasarkan skala mutu hedonik yang digunakan, nilai yang semakin tinggi mengindikasikan rasa yang semakin tidak pahit dan tekstur yang semakin pulen.

Parameter kadar gula reduksi dan aroma diberikan bobot sebesar 4. Kadar gula reduksi ditetapkan memiliki arah normalitas rendah karena berperan dalam reaksi pencokelatan nonenzimatis yang dapat menurunkan mutu produk (Winarno, 2004), sedangkan aroma ditetapkan memiliki arah normalitas tinggi berdasarkan intensitas aroma khas nasi yang diharapkan konsumen. Adapun densitas kamba, daya serap air, rasio pengembangan, dan warna diberikan bobot sebesar 3 sebagai parameter pendukung. Densitas kamba ditetapkan memiliki arah normalitas rendah karena nilai yang lebih kecil mengindikasikan struktur produk yang lebih renggang dan porous, sementara daya serap air, rasio pengembangan, dan warna ditetapkan memiliki arah normalitas tinggi karena ketiganya mencerminkan kemampuan rehidrasi dan karakteristik sensori produk yang diinginkan (Sasmitaloka et al., 2020).

Berdasarkan penetapan tersebut, diperoleh total bobot variabel sebesar 40 dengan bobot normal sebesar 1,00 yang akan digunakan dalam menentukan perlakuan terbaik berdasarkan keseimbangan antara karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik nasi sorgum instan. Nilai tertinggi dan nilai terendah dari setiap parameter pada seluruh perlakuan kemudian digunakan sebagai acuan dalam perhitungan nilai efektivitas pada tahap selanjutnya. Data rata-rata setiap parameter beserta nilai tertinggi dan nilai terendahnya pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 21.

Tabel 21. Data Rata - Rata Atribut Perlakuan Pada Masing - Masing Parameter

Data Rata – Rata Perlakuan										
Perlakuan	Gula Reduksi	Air	Densitas Kamba	Daya Serap Air	Rasio Pengembangan	Waktu Rehidrasi	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur
n₁	0,70	7,37	0,169	65,486	96,71	2,24	5,25	2,50	5,00	3,77
n₂	0,52	6,50	0,161	65,870	107,59	2,28	5,00	3,15	4,88	3,23
n₃	0,35	3,47	0,158	64,726	112,50	2,46	4,70	3,13	4,78	3,42
n₄	0,41	3,02	0,162	63,822	127,76	2,45	4,90	2,77	4,85	3,38
n₅	0,35	6,82	0,209	63,951	110,00	2,52	4,83	3,82	4,55	3,25
n₆	0,29	7,52	0,222	64,988	100,00	2,50	4,67	3,68	4,50	2,90
n₇	0,64	9,45	0,186	64,227	102,63	2,35	5,00	3,82	4,80	3,32
n₈	0,41	8,72	0,202	63,358	100,00	2,22	4,53	3,47	4,88	3,15
n₉	0,41	5,55	0,176	63,985	121,69	2,26	5,12	3,63	4,72	4,00
n₁₀	0,82	5,92	0,236	64,118	107,38	2,28	4,17	3,58	4,00	2,65
n₁₁	0,35	5,97	0,208	61,912	92,00	2,24	4,35	3,75	4,40	2,65
n₁₂	0,23	6,32	0,221	62,325	100,00	2,14	4,60	3,42	4,33	2,68
n₁₃	0,58	6,87	0,215	62,881	95,00	2,12	4,28	3,48	4,95	2,62
Nilai Tertinggi	0,816	9,45	0,236	65,870	127,76	2,52	5,25	3,82	5,00	4,00
Nilai Terendah	0,228	3,02	0,158	61,912	92,00	2,12	4,17	2,50	4,00	2,62

Berdasarkan data rata-rata, nilai tertinggi, dan nilai terendah dari setiap parameter yang telah disajikan pada Tabel 21, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai efektivitas (NE) untuk mengetahui posisi relatif setiap perlakuan terhadap rentang nilai tertinggi dan terendah pada masing-masing parameter yang diamati. Perhitungan nilai efektivitas dilakukan dengan pendekatan yang berbeda, disesuaikan dengan arah normalitas parameter sebagaimana telah ditetapkan pada Tabel 20. Pada parameter dengan arah normalitas rendah, yaitu kadar air, waktu rehidrasi, densitas kamba, dan kadar gula reduksi, nilai efektivitas diperoleh melalui perbandingan antara selisih nilai tertinggi dengan nilai perlakuan terhadap selisih nilai tertinggi dengan nilai terendah, sehingga perlakuan dengan nilai terkecil akan menghasilkan nilai efektivitas yang mendekati 1,00. Sebaliknya, pada parameter dengan arah normalitas tinggi, yaitu daya serap air, rasio pengembangan, warna, aroma, rasa, dan tekstur, nilai efektivitas diperoleh melalui perbandingan antara selisih nilai perlakuan dengan nilai terendah terhadap selisih nilai tertinggi dengan nilai terendah, sehingga perlakuan dengan nilai terbesar akan menghasilkan nilai efektivitas yang mendekati 1,00. Persamaan yang digunakan dalam kedua pendekatan tersebut telah diuraikan pada sub-bab 3.2.5. Dengan demikian, nilai efektivitas yang diperoleh berada pada rentang 0,00 hingga 1,00 untuk setiap parameter pada masing-masing perlakuan, dengan nilai 0,00 menunjukkan kondisi yang paling tidak diharapkan dan nilai 1,00 menunjukkan kondisi yang paling sesuai dengan kriteria mutu yang ditetapkan. Hasil perhitungan nilai efektivitas untuk setiap parameter pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 22.

Tabel 22. Nilai Efektivitas Setiap Perlakuan Pada Masing - Masing Parameter

NILAI EFEKTIVITAS (NE)										
Perlakuan	Gula Reduksi	Air	Densitas Kamba	Daya Serap Air	Rasio Pengembangan	Waktu Rehidrasi	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur
n₁	0,197	0,323	0,858	0,903	0,132	0,691	1,00	0,00	1,00	0,83
n₂	0,500	0,459	0,957	1,000	0,436	0,593	0,77	0,49	0,88	0,45
n₃	0,796	0,930	1,000	0,711	0,573	0,148	0,49	0,48	0,78	0,58
n₄	0,694	1,000	0,950	0,482	1,000	0,185	0,68	0,20	0,85	0,55
n₅	0,796	0,408	0,346	0,515	0,503	0,000	0,62	1,00	0,55	0,46
n₆	0,898	0,300	0,180	0,777	0,224	0,062	0,46	0,90	0,50	0,20
n₇	0,296	0,000	0,648	0,585	0,297	0,420	0,77	1,00	0,80	0,51
n₈	0,694	0,113	0,433	0,365	0,224	0,741	0,34	0,73	0,88	0,39
n₉	0,694	0,607	0,767	0,524	0,830	0,654	0,88	0,86	0,72	1,00
n₁₀	0,000	0,549	0,000	0,557	0,430	0,593	0,00	0,82	0,00	0,02
n₁₁	0,796	0,541	0,363	0,000	0,000	0,691	0,17	0,95	0,40	0,02
n₁₂	1,000	0,486	0,201	0,104	0,224	0,938	0,40	0,70	0,33	0,05
n₁₃	0,398	0,400	0,277	0,245	0,084	1,000	0,11	0,75	0,95	0,00

Nilai efektivitas (NE) pada Tabel 22, dikalikan dengan bobot normal (BN) masing – masing parameter yang telah ditetapkan pada Tabel 20 untuk memperoleh nilai hasil (NH) pada setiap parameter dan perlakuan, menggunakan persamaan yang telah diuraikan pada sub-bab 3.2.5. Nilai hasil menunjukkan kontribusi setiap parameter terhadap penilaian keseluruhan suatu perlakuan, sehingga parameter dengan bobot yang lebih tinggi akan memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap nilai hasil meskipun nilai efektivitasnya sama dengan parameter berbobot lebih rendah. Nilai hasil untuk setiap parameter pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 23.

Tabel 23. Nilai Hasil Pada Masing - Masing Perlakuan

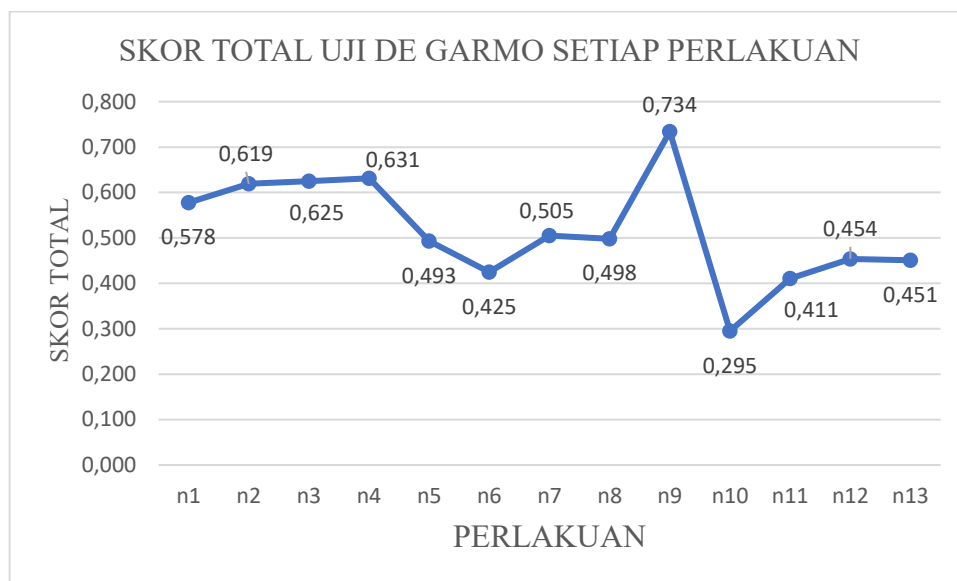
NILAI HASIL (NH)											
Perlakuan	Gula Reduksi	Air	Densitas Kamba	Daya Serap Air	Rasio Pengembangan	Waktu Rehidrasi	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur	Total
n₁	0,019	0,039	0,063	0,066	0,010	0,08	0,07	0,00	0,12	0,10	0,578
n₂	0,049	0,056	0,070	0,073	0,032	0,07	0,06	0,05	0,11	0,05	0,619
n₃	0,078	0,113	0,073	0,052	0,042	0,02	0,04	0,05	0,10	0,07	0,625
n₄	0,068	0,122	0,070	0,035	0,073	0,02	0,05	0,02	0,10	0,07	0,631
n₅	0,078	0,050	0,025	0,038	0,037	0,00	0,05	0,10	0,07	0,06	0,493
n₆	0,088	0,037	0,013	0,057	0,016	0,01	0,03	0,09	0,06	0,02	0,425
n₇	0,029	0,000	0,047	0,043	0,022	0,05	0,06	0,10	0,10	0,06	0,505
n₈	0,068	0,014	0,032	0,027	0,016	0,09	0,02	0,07	0,11	0,05	0,498
n₉	0,068	0,074	0,056	0,038	0,061	0,08	0,06	0,08	0,09	0,12	0,734
n₁₀	0,000	0,067	0,000	0,041	0,031	0,07	0,00	0,08	0,00	0,00	0,295
n₁₁	0,078	0,066	0,027	0,000	0,000	0,08	0,01	0,09	0,05	0,00	0,411
n₁₂	0,098	0,059	0,015	0,008	0,016	0,11	0,03	0,07	0,04	0,01	0,454
n₁₃	0,039	0,049	0,020	0,018	0,006	0,12	0,01	0,07	0,12	0,00	0,451

Nilai hasil (NH) dari seluruh parameter pada Tabel 23, dijumlahkan untuk memperoleh nilai produk (NP) pada masing-masing perlakuan, sesuai dengan tahapan metode Indeks Efektivitas De Garmo yang telah diuraikan pada sub-bab 3.2.5. Perlakuan kemudian disusun berdasarkan nilai produk yang diperoleh, mulai dari yang tertinggi hingga terendah, untuk menentukan peringkat setiap perlakuan. Perlakuan dengan nilai produk tertinggi ditetapkan sebagai perlakuan terbaik dan digunakan sebagai sampel terpilih untuk analisis lanjutan (Kartika, 1988). Peringkat seluruh perlakuan berdasarkan nilai produk yang diperoleh disajikan pada Tabel 24.

Tabel 24. Peringkat Perlakuan Terbaik Berdasarkan Metode Indeks Efektivitas

De Garmo

Peringkat	Perlakuan	NH Total
1	n ₉	0,734
2	n ₄	0,631
3	n ₃	0,625
4	n ₂	0,619
5	n ₁	0,578
6	n ₇	0,505
7	n ₈	0,498
8	n ₅	0,493
9	n ₁₂	0,454
10	n ₁₃	0,451
11	n ₆	0,425
12	n ₁₁	0,411
13	n ₁₀	0,295



Gambar 10. Grafik Skor Total Penentuan Perlakuan Terbaik Pada Masing - Masing Perlakuan

Berdasarkan hasil perhitungan metode Indeks Efektivitas De Garmo, perlakuan n_9 dengan konsentrasi natrium sitrat 5% memperoleh nilai produktivitas total tertinggi sebesar 0,734, sehingga ditetapkan sebagai perlakuan terbaik. Nilai produktivitas total terendah diperoleh pada perlakuan n_{10} sebesar 0,295. Nilai produktivitas total yang lebih tinggi menunjukkan bahwa perlakuan n_9 memiliki kombinasi karakteristik yang paling sesuai berdasarkan arah normalitas dan tingkat kepentingan seluruh parameter yang digunakan dalam penentuan perlakuan terbaik. Perlakuan n_9 menghasilkan kadar gula reduksi sebesar 0,41%, kadar air 5,55%, densitas kamba 0,176 g/mL, daya serap air 63,985%, rasio pengembangan 121,69%, waktu rehidrasi 2,26 menit, nilai warna 5,12, aroma 3,63, rasa 4,72, dan tekstur pulen 4,00.

Meskipun perlakuan n_9 tidak menghasilkan nilai terbaik pada seluruh parameter secara individual, perlakuan tersebut memiliki kombinasi nilai yang relatif baik pada beberapa parameter yang memiliki tingkat kepentingan tinggi.

Kontribusi nilai produktivitas pada n_9 berasal dari kadar gula reduksi sebesar 0,068, kadar air sebesar 0,074, densitas kamba sebesar 0,056, daya serap air sebesar 0,038, rasio pengembangan sebesar 0,061, waktu rehidrasi sebesar 0,08, warna sebesar 0,06, aroma sebesar 0,08, rasa sebesar 0,09, dan tekstur sebesar 0,12, sehingga diperoleh nilai produktivitas total sebesar 0,734. Nilai tekstur memberikan kontribusi relatif tinggi karena n_9 memiliki nilai tekstur pulen tertinggi sebesar 4,00, sedangkan rasio pengembangannya sebesar 121,69% juga termasuk tinggi dibandingkan sebagian besar perlakuan lainnya.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penentuan perlakuan terbaik menggunakan metode Indeks Efektivitas De Garmo tidak hanya didasarkan pada satu parameter yang memiliki nilai paling tinggi atau paling rendah, tetapi mempertimbangkan keseimbangan seluruh parameter sesuai arah normalitas dan bobot kepentingannya. Oleh karena itu, suatu perlakuan tidak harus menghasilkan nilai optimum pada seluruh parameter untuk dapat ditetapkan sebagai perlakuan terbaik. Perlakuan dengan kombinasi nilai efektivitas dan produktivitas yang paling tinggi secara keseluruhan dapat dipilih sebagai perlakuan terbaik (De Garmo et al., 1984). Dalam penelitian ini, perlakuan n_9 menunjukkan keseimbangan yang relatif baik antara karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik, sehingga konsentrasi natrium sitrat 5% ditetapkan sebagai konsentrasi terpilih pada kondisi proses yang digunakan, sehingga perlakuan n_9 dengan konsentrasi natrium sitrat 5% dengan nilai produktivitas total sebesar 0,734 ditetapkan sebagai perlakuan terbaik nasi sorgum instan dan digunakan sebagai sampel terpilih untuk dilakukan analisis kimia lanjutan yang meliputi kadar amilosa, kadar protein, dan kadar lemak

4.2.1 Respon Kimia Lanjutan Perlakuan Terbaik

4.2.1.1 Kadar Amilosa

Kadar amilosa nasi sorgum instan perlakuan terbaik sebesar 0,91%. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan hasil penelitian (Ramdayani dan Murtini, 2022) yang di mana nasi sorgum instan dengan pembekuan 24 jam memperoleh kadar amilosa sebesar 16,77%. Perbedaan kadar amilosa tersebut diduga terutama berkaitan dengan karakteristik bahan baku dan varietas sorgum yang digunakan serta perbedaan kondisi pengolahan. Menurut (Murtini dan Permatanisa, 2021) kandungan amilosa pati sorgum dapat bervariasi sangat luas, yaitu sekitar 0–55%, karena adanya keragaman genetik maupun pengaruh lingkungan terhadap karakteristik pati sorgum.

Pada penelitian ini kadar amilosa relatif rendah dan didukung penelitian (Yang et al., 2024), yang mengelompokkan sorgum dengan kadar amilosa kurang dari 10% sebagai kelompok amilosa rendah. Penelitian tersebut menemukan kadar amilosa 0,2–21,3% pada enam varietas sorgum, termasuk salah satu varietas dengan kadar amilosa 7,5%, sehingga menunjukkan bahwa kadar amilosa rendah dapat ditemukan secara alami pada varietas sorgum tertentu. Kandungan amilosa berkaitan dengan struktur dan sifat fisikokimia pati sehingga dapat berkontribusi terhadap karakter tekstur setelah pemasakan dan rehidrasi. Namun, tekstur akhir nasi sorgum instan tidak hanya dipengaruhi oleh kadar amilosa, tetapi juga oleh struktur amilopektin, tingkat gelatinisasi, interaksi pati-protein, dan kondisi pengolahan. Oleh karena kadar amilosa hanya dianalisis pada sampel terpilih dan kadar amilosa bahan baku awal tidak dianalisis, nilai 0,91% tidak dapat digunakan

untuk menyimpulkan bahwa perlakuan natrium sitrat 5% menyebabkan penurunan kadar amilosa.

4.2.1.2 Kadar Protein

Kadar protein nasi sorgum instan perlakuan terbaik pada penelitian ini sebesar 11,06%, lebih tinggi dibandingkan kadar protein nasi sorgum instan terpilih yang dilaporkan (Purwaningrum et al., 2025), yaitu sebesar 5,65% pada basis kering. Perbedaan kadar protein tersebut dapat dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku, varietas sorgum, tingkat penyosohan, serta kondisi pengolahan yang digunakan. Pada penelitian (Purwaningrum et al., 2025), nasi sorgum instan diproduksi menggunakan teknologi *fluidized bed dryer*, sedangkan penelitian ini menggunakan metode *freeze drying*, sehingga kondisi proses pengeringan kedua penelitian berbeda.

Kandungan protein pada bahan sorgum juga dapat bervariasi akibat perbedaan varietas dan bagian biji yang masih terdapat setelah proses penyosohan. Oleh karena itu, kadar protein sebesar 11,06 % pada penelitian ini menunjukkan bahwa produk masih mengandung protein dalam jumlah yang cukup tinggi dibandingkan nasi sorgum instan pada penelitian Purwaningrum et al. (2025). Meskipun demikian, karena kadar protein sorgum sebelum proses pengolahan tidak dianalisis, hasil tersebut tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan bahwa perlakuan natrium sitrat maupun *freeze drying* meningkatkan atau mempertahankan kadar protein.

4.2.1.3 Kadar Lemak

Kadar lemak nasi sorgum instan perlakuan terbaik sebesar 3,22%, lebih tinggi dibandingkan kadar lemak nasi sorgum instan terpilih yang dilaporkan Purwaningrum et al. (2025), yaitu sebesar 0,55% pada basis kering. Perbedaan tersebut dapat berkaitan dengan karakteristik dan varietas sorgum, tingkat penyosohan, serta metode pengolahan yang berbeda. Lemak pada biji sorgum tidak terdistribusi secara merata dan sebagian besar terkonsentrasi pada bagian lembaga (*germ*), sehingga tingkat penyosohan dan jumlah bagian lembaga yang masih terbawa pada bahan dapat memengaruhi kadar lemak produk akhir.

Selain perbedaan bahan baku, metode pengeringan yang digunakan juga berbeda. Purwaningrum et al. (2025) menggunakan *fluidized bed dryer*, sedangkan penelitian ini menggunakan *freeze drying*. Oleh karena itu, perbedaan kadar lemak sebesar 3,22% dan 0,55% tidak dapat langsung dinyatakan sebagai akibat satu jenis metode pengeringan tertentu karena kedua penelitian tidak menggunakan bahan baku dan kondisi proses yang identik. Kadar lemak bahan baku pada penelitian ini juga tidak dianalisis sebelum pengolahan, sehingga pengaruh natrium sitrat dan *freeze drying* terhadap perubahan kadar lemak tidak dapat ditentukan secara langsung.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh konsentrasi natrium sitrat terhadap karakteristik nasi sorgum instan dengan waktu pengeringan beku (*freeze drying*) selama 14 jam, dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap densitas kamba dan waktu rehidrasi, kadar air, serta warna, aroma, rasa dan tekstur. Sementara itu, konsentrasi natrium sitrat tidak berpengaruh nyata terhadap daya serap air, rasio pengembangan, dan kadar gula reduksi.
2. Berdasarkan metode Indeks Efektivitas De Garmo, perlakuan n₉ konsentrasi natrium sitrat 5% memperoleh nilai hasil tertinggi sebesar 0,734, sehingga ditetapkan sebagai perlakuan terpilih. Pada perlakuan tersebut diperoleh kadar gula reduksi 0,41%, kadar air 5,55%, densitas kamba 0,176 g/mL, daya serap air 63,985%, rasio pengembangan 121,69%, waktu rehidrasi 2,26 menit, nilai warna 5,12, aroma 3,63, rasa 4,72, dan tekstur 4,00.
3. Hasil analisis kimia lanjutan pada perlakuan terpilih dengan konsentrasi natrium sitrat 5% menunjukkan kadar amilosa sebesar 0,91%, protein sebesar 11,06%, dan lemak sebesar 3,22%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Perlu dilakukan analisis kadar tanin secara langsung pada masing-masing perlakuan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi natrium sitrat dengan perubahan kadar tanin dan karena karakter rasa pahit yang ada pada nasi sorgum instan. Dengan demikian, perubahan skor rasa pahit tidak hanya didasarkan pada pengujian organoleptik.
2. Perlu dilakukan pengujian struktur mikro atau porositas produk, misalnya menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), untuk mengetahui secara langsung pembentukan pori pada nasi sorgum instan akibat tahapan perendaman, pembekuan, dan *freeze drying*.
3. Perlu dilakukan pengujian lanjutan yang meliputi umur simpan, mutu mikrobiologis, uji kesukaan konsumen, dan karakteristik produk selama penyimpanan untuk mengetahui potensi penerapannya sebagai produk nasi sorgum instan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrinola, W., Widowati, S., & Hariyadi, P. (2015). Metode Pembuatan Sorgum Sosoh Rendah Tanin Pada Pembuatan Nasi Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) Instan. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 6(1), 9–19. <https://doi.org/10.21512/comtech.v6i1.2280>
- AOAC. (2003). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (17th ed.). AOAC International.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Awika, J. M. (2017). Sorghum: Its unique nutritional and health-promoting attributes. Dalam V. Kumari (Ed.), *Sorghum and Millets: Chemistry, Technology, and Nutritional Attributes* (hal. 21–72). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811527-5.00002-2>
- Awika, J. M., & Rooney, L. W. (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65(9), 1199–1221. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.04.001>
- Badan Pangan Nasional. (2024). *Data Konsumsi Pangan Nasional 2023*. Badan Pangan Nasional Republik Indonesia.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan*. Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- Badan Standardisasi Nasional. (1992). *SNI 01-2774-1992: Nasi instan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Banurea, I. R., Sasmitaloka, K. S., Sukasih, E., & Widowati, S. (2020). Karakterisasi Nasi Instan yang Diproduksi Dengan Metode *Freeze Drying*. *Warta Industri Hasil Pertanian*, 37(2), 133–143. <https://doi.org/10.32765/wartaihp.v37i2.5998>
- Bhatta, S., Stevanovic Janezic, T., & Ratti, C. (2020). Freeze-drying of plant-based foods. *Foods*, 9(2), 87. <https://doi.org/10.3390/foods9020087>
- Branen, A. L., Davidson, P. M., Salminen, S., & Thorngate, J. H. (2001). *Food Additives* (2nd ed.). Marcel Dekker, Inc.

- Butt, M. S., Anjum, F. M., Salim-ur-Rehman, Tahir-Nadeem, M., Sharif, M. K., & Anwer, M. (2008). Selected quality attributes of fine basmati rice: Effect of storage history and varieties. *International Journal of Food Properties*, 11(3), 698–711. <https://doi.org/10.1080/10942910701622706>
- Cahyadi, W. (2008). *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan* (Edisi Kedua). PT Bumi Aksara.
- Christanti, R., & Purwanti, S. (2019). Pengembangan Sorgum Sebagai Bahan Pangan Alternatif di Indonesia. *Jurnal Agro*, 6(1), 18–27.
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2008). *Fennema's Food Chemistry* (4th ed.). CRC Press.
- De Garmo, E. P., Sullivan, W. G., & Canada, J. R. (1984). *Engineering Economy* (7th ed.). Macmillan.
- Duodu, K. G., Taylor, J. R. N., Belton, P. S., & Hamaker, B. R. (2003). Factors affecting sorghum protein digestibility. *Journal of Cereal Science*, 38(2), 117–131. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(03\)00016-X](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00016-X)
- Fauzi, M., Saputra, R., & Purnomo, D. (2025). Dinamika Produksi dan Impor Beras Indonesia Pasca Kemarau Ekstrem: Analisis Kebijakan Ketahanan Pangan 2022–2024. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 9(1), 112–124.
- Fellows, P. J. (2017). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (4th ed.). Woodhead Publishing.
- Fennema, O. R. (1996). *Food Chemistry* (3rd ed.). Marcel Dekker, Inc.
- Gaspersz, V. (1995). *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Penerbit Tarsito.
- Hariyadi, P. (2013). Freeze drying technology: For better quality & flavor of dried products. *Foodreview* Indonesia. <https://www.researchgate.net/publication/259239462>
- Hartanti, D., & Kurniawati, N. (2023). Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Fisikokimia *Multigrain Rice* Instan Mengandung Sorgum. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 7(1), 45–58.
- Hassan, Z. M. (2023). Nutritional and functional properties of sorghum as a global food security crop. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1134090>

- Hawa, L. C., Nugroho, A. W., & Febrianto, K. (2022). Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Beras Instan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(2), 89–98. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2022.023.02.2>
- International Rice Research Institute (IRRI). (1996). *Standard Evaluation System for Rice*. IRRI, Manila, Philippines.
- Juliano, B. O. (1971). A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Science Today*, 16(9), 334–360.
- Juliano, B. O. (1993). *Rice in Human Nutrition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations & International Rice Research Institute.
- Karam, M. C., Petit, J., Zimmer, D., Bertrand Djantou, E., & Scher, J. (2023). Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *Journal of Food Engineering*, 188, 32–49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.024>
- Kartika, B., Hastuti, P., & Supartono, W. (1988). *Pedoman Uji Inderawi Bahan Pangan*. PAU Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada.
- Krokida, M. K., & Maroulis, Z. B. (1997). Effect of drying method on shrinkage and porosity. *Drying Technology*, 15(10), 2441–2458. <https://doi.org/10.1080/07373939708917369>
- Krokida, M. K., & Maroulis, Z. B. (2001). Structural properties of dehydrated products during rehydration. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(5), 529–538. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00483.x>
- Krokida, M. K., Zogzas, N. P., & Maroulis, Z. B. (2003). Modeling rehydration of dehydrated food products. *Journal of Food Engineering*, 57(1), 1–7. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00271-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00271-0)
- Liu, S., Zhao, Y., & Liang, J. (2023). Functional and nutritional properties of sorghum: A review of its role in managing chronic diseases and gut health. *Food & Function*, 14(3), 1128–1145. <https://doi.org/10.1039/D2FO03083G>
- Luna, P., Alamed, J., Nuñez, A., & Romero, A. (2015). Effect of sodium citrate on the structure of sorghum kafirin protein and its interaction with starch. *Journal of Cereal Science*, 61, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.10.013>
- Muchtadi, D. (2010). *Teknologi Proses Pengolahan Pangan*. Institut Pertanian Bogor Press.

- Muchtadi, T. R., Sugiyono, & Fitriyono, A. (2015). Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan (Cetakan Keempat). Alfabeta.
- Mujumdar, A. S. (2014). Handbook of Industrial Drying (4th ed.). CRC Press.
- Murtini, E. S. (2010). Teknologi Pengolahan Serealia. Universitas Brawijaya Press.
- Murtini, E. S., & Sabilla, R. A. (2021). Karakteristik Biji Sorgum dan Potensinya Sebagai Pangan Alternatif. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(3), 148–157.
- Murtini, E. S., Subagio, E., & Putri, W. D. R. (2022). Pengaruh Suhu dan Lama Pembekuan Terhadap Kualitas Nasi Sorgum Instan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(1), 61–72. <https://www.researchgate.net/publication/360813249>
- Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The freeze-drying of foods—the characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. *Foods*, 9(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>
- Nowak, D., & Zielińska, M. (2020). Effect of freeze-drying conditions on sublimation kinetics and rehydration capacity of food materials. *Drying Technology*, 38(5), 621–633. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1612048>
- Nurfitriani, A., & Widowati, S. (2023). Diversifikasi Pangan Berbasis Serealia Nonberas: Peluang dan Tantangan. *Jurnal Pangan*, 32(1), 11–22.
- Palmer, G. H. (1992). Cereal Science and Technology. Aberdeen University Press.
- Purwaningrum, B. A., Taqi, F. M., Muhandri, T., & Saraswati. (2025). Pengembangan Nasi Sorgum Instan dengan Teknologi Fluidized Bed Dryer dan Penambahan Gliserol. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 36(1), 84–94. <https://doi.org/10.6066/jtip.2025.36.1.84>
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311–319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)
- Sallam, K. I. (2007). Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control*, 18(5), 566–575. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.02.002>

- Sari, D. K., Andriani, M., & Sulistiani. (2022). Karakteristik Pengeringan dan Mutu Nasi Merah Instan Berbasis Metode *Hot Air Drying*. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 6(2), 112–124.
- Sasmitaloka, K. S., Widowati, S., & Sukasih, E. (2019). Pengaruh Variasi Suhu dan Lama Pembekuan Terhadap Karakteristik Nasi Instan. *Prosiding Seminar Nasional Pascapanen*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Sasmitaloka, K. S., Widowati, S., & Sukasih, E. (2020). Karakterisasi Sifat Fisikokimia, Sensori, dan Fungsional Nasi Instan Dari Beras Amilosa Rendah. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(1), 1–14. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v17n1.2020.1-14>
- Sharma, R., Garg, P., Kumar, P., Bhatia, S. K., & Bhatt, N. (2024). Microbial fermentation and its role as a source of bioactive compounds with special reference to human gut health: A review. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1321230. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1321230>
- Singh, N., Sodhi, N. S., Kaur, M., & Gujral, H. S. (2007). Effect of sowing time on physical, textural, morphological, thermal and rheological properties of starches separated from different wheat varieties. *Food Chemistry*, 100(3), 845–856. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.052>
- Song, X., Zhu, W., Pei, Y., Ai, Z., & Chen, J. (2014). Effects of parameters of cooking-cooling process on qualities of resistant starch, texture and microstructure of cooked rice with high resistant starch. *Food Chemistry*, 152, 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.142>
- Suarni. (2012). Prospek Pemanfaatan Tepung Jagung Untuk Kue Kering (*cookies*). *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 28(2), 63–71.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1989). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. LibertyYogyakarta.
(dikutip sebagai dasar metode Luff-Schoorl untuk gula reduksi)
- Suprpto, H. S., & Mudjisihono, R. (1987). *Budidaya dan Pengolahan Sorgum*. Penebar Swadaya.
- Taib, G., Said, G., & Wiraatmadja, S. (1988). Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian. *Mediyatama Sarana Perkasa*.
- Taylor, J. R. N., & Duodu, K. G. (2019). Sorghum and millets: Food and beverage nutritional attributes. Dalam *Sorghum and Millets: Chemistry*,

- Technology, and Nutritional Attributes (2nd ed., hal. 113–165). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811527-5.00005-8>
- United States Department of Agriculture. (2019). USDA Food Data Central: Sorghum grain, raw. Agricultural Research Service. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169716/nutrients>
- Waluyo, J., Prasetyaningsih, Y., Ariyani, F. T., & Sari, I. M. (2020). Pengaruh Konsentrasi Natrium Sitrat dan Suhu Perendaman Terhadap Karakteristik Nasi Instan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2), 145–154.
- Widodo, A., Aini, N., & Dwiyaniti, H. (2022). Sifat Gelatinisasi Beras Hitam Pratanak Varietas Sirampog pada Variasi Waktu Perendaman dan Konsentrasi Natrium Sitrat. *Agrosainstek: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, 6(2), 19–27. <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v6i2.276>
- Widowati, S. (2009). Diversifikasi Konsumsi Pangan Berbasis Sumber Daya Lokal. *IPTEK Tanaman Pangan*, 4(1), 85–95.
- Widowati, S., & Damardjati, D. S. (2001). Menggali Sumber Pangan Lokal Dalam Rangka Ketahanan Pangan Nasional. *Majalah Pangan*, 10(36), 3–11.
- Widowati, S., Amrinola, W., & Hariyadi, P. (2010). Proses Pembuatan dan Karakterisasi Nasi Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Instan. Prosiding Pekan Serealia Nasional. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Widowati, S., Asni, N., & Nuraeni, F. (2020). Formulasi, Karakterisasi, dan Optimasi Waktu Rehidrasi Produk Nasi Kuning Instan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(2), 96–107. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v17n2.2020.95-107>
- Winarno, F. G. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Wulandari, C., Kusumawaty, Y., & Pratama, F. (2022). Tekstur dan Sifat Fisikokimia Biji Sorgum Pada Berbagai Perlakuan Pengolahan. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 10(2), 87–96.
- Wulandari, C., Kusumawaty, Y., & Pratama, F. (2024). Pengaruh Metode Pengolahan Terhadap Kualitas Sensoris dan Fisikokimia Nasi Sorgum Instan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 35(1), 11–20.

- Yang, L., Li, L., Jiang, F., Zhang, Q., Yang, F., Wang, Y., Zhao, Z., Ren, Q., & Wang, L. (2024). Structural and physicochemical characteristics of starches from sorghum varieties with varying amylose content. *Food Science & Nutrition*. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4245>
- Yu, L., Turner, M. S., Fitzgerald, M., Stokes, J. R., & Witt, T. (2011). Review of the effects of different processing technologies on cooked and convenience rice qualities. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 124–138.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rancangan Percobaan Penelitian

Pada penelitian ini, penentuan jumlah ulangan menggunakan rumus yang bersumber dari Gaspersz (1995) sebagai berikut:

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

Keterangan:

t = Kombinasi perlakuan

r = Ulangan

Maka:

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

$$(r-1)(13-1) \geq 15 \qquad 12r \geq 27$$

$$12(r-1) \geq 15 \qquad r \geq 2,25 \sim 2 \text{ kali ulangan}$$

Maka, penelitian ini dilakukan dengan 13 perlakuan dan 2 kali ulangan sehingga didapatkan 26 satuan percobaan.

Lampiran 2. Analisis Densitas Kamba (Muchtadi *et al.*, 2015)

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.

$$\text{Densitas Kamba} = \frac{\text{Massa sampel(g)}}{\text{Volume(ml)}}$$

Lampiran 3. Analisis Daya Serap Air (Muchtadi *et al.*, 2015)

Penentuan daya serap air dilakukan dengan menambahkan 10 mL air ke dalam tabung reaksi, kemudian tabung ditempatkan pada penangas air bersuhu 80°C. Sampel beras sebanyak 1 gram ditimbang dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu dipanaskan selama 20 menit. Setelah proses pemanasan selesai, sampel ditiriskan dan selanjutnya ditimbang untuk memperoleh berat bahan setelah pemasakan. Kemudian dilakukan perhitungan daya serap air menggunakan rumus:

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

Keterangan :

A (Berat sampel sesudah direndam)

B (Berat sampel sebelum direndam)

Lampiran 4. Analisis Rasio Pengembangan (Muchtadi *et al.*, 2015)

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.

Perhitungan rasio pengembangan menggunakan rumus:

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

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 (Yu et al., 2011)

Sampel Nasi Sorgum Instan dimasukkan ke dalam air panas atau air mendidih dengan perbandingan 1 : 3 selama 3-5 menit dan ditutup agar matang dengan sempurna. Nasi sorgum yang sudah matang ditandai dengan bentuk yang mengembang, tidak ada bintik putih dan tekstur seperti nasi pada umumnya.

Lampiran 6. Analisis Kadar Air (AOAC, 2005)

Sampel nasi sorgum instan dihaluskan lalu dilakukan pengujian kadar air menggunakan metode gravimetri secara duplo. Sampel ditimbang sebanyak 2 gram lalu simpan di atas cawan kaca konstan. Selanjutnya dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100 – 105 °C selama 2 jam. Setelah kering, sampel ditimbang dan dihitung kadar airnya menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(\text{cawan} + \text{sampel awal}) - (\text{cawan} + \text{sampel akhir})}{(\text{cawan} + \text{sampel awal}) - \text{cawan kosong}} \times 100$$

Lampiran 7. Kadar Gula Reduksi Metode Luff-Schoorl (AOAC, 2005)

Sampel Nasi Sorgum Instan ditimbang sebanyak 2 gram. Sampel yang sudah ditimbang, dimasukkan ke dalam labu takar dan dilarutkan dengan aquadest. Sampel yang sudah larut dipipet sebanyak 10 ml ke dalam gelas erlenmayer. Lalu tambahkan 15 ml aquadest dan 10 ml larutan Luff-Schoorl. Panaskan larutan

sampel selama 15 menit, kemudian didinginkan pada suhu ruang. Larutan sampel yang sudah dingin ditambahkan 1,5 gram KI dan 15 ml asam sulfat dan 10 ml amilum sehingga menghasilkan warna kuning jerami. Titrasi dengan larutan Natrium Tiosulfat hingga TAT biru hilang. Untuk mendapatkan kadar gula reduksi perlu dihitung menggunakan rumus:

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

Lampiran 8. Analisis Kadar Amilosa (IRRI, 1996)

Analisis Kadar Amilosa ditentukan dengan menimbang sebanyak 100 mg tepung beras dengan ukuran partikel > 80 mesh. Tepung beras dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, lalu ditambahkan secara berturut-turut 1 ml etanol 95% dan 9 ml NaOH 1N dan didiamkan selama satu malam. Encerkan larutan dengan penambahan aquades sampai volume 100 ml. Sebanyak 5 ml larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml lalu ditambahkan dengan 2 ml larutan Iod dan 1 ml asam asetat 0,5 N kemudian diencerkan kembali dengan aquadest hingga 100 ml. Absorbansi larutan diukur dengan menggunakan alat Spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm. Hal yang sama dilakukan dalam pembuatan kurva standar dengan menggunakan potato amylose dengan beberapa tingkat konsentrasi yang berbeda, yaitu 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; dan 1,2 ml. Kadar amilosa beras selanjutnya ditentukan dengan menghitung pengukuran 3 absorbansi sampel dengan standar, kemudian dikalikan dengan faktor pengenceran. Kadar amilosa dapat dihitung dengan rumus:

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

Keterangan:

C = konsentrasi sampel (mg/L)

V = volume akhir sampel (mL)

W = berat sampel (mg)

FP = faktor pengenceran

Lampiran 9. Formulir Uji Organoleptik Mutu Hedonik Nasi Sorgum Instan

Tabel 25. 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 Pahit		
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 Khas Nasi	Aroma Nasi	Tekstur Pulen	Rasa Pahit (Sangat Pahit – Sangat Tidak Pahit)
654				
237				
812				
103				
928				
471				
765				
309				
542				
681				
116				
893				
274				
Komentar:				

Lampiran 10. Kebutuhan Sampel Analisis

Tabel 26. Kebutuhan Sampel Analisis

No.	Analisis	Berat Sampel (g)	Banyak	Total (g)
1.	Densitas Kamba	40	26	1.040
2.	Daya Serap Air	1	26	26
3.	Rasio Pengembangan	1	26	26
4.	Waktu Rehidrasi	25	26	650
5.	Kadar Air	2	26	52
6.	Kadar Gula Reduksi	2	26	52
7.	Kadar Amilosa	0,5	2	1
8.	Kadar Protein	5	2	10
9.	Kadar Lemak	2	2	4
10.	Organoleptik	5	26	130
Total				1.991

Lampiran 11. Rincian Anggaran Biaya Penelitian

Tabel 27. Rincian Anggaran Biaya Penelitian

No.	Nama Bahan	Harga	Jumlah	Total
1.	Sorgum	0	4 gram	0
2.	Air mineral	Rp2.000	15 liter	Rp30.000
3.	Natrium Sitrat Bubuk	Rp40	500 gram	Rp20.000
Total				Rp50.000

Lampiran 12. Kebutuhan Anggaran Biaya Analisis

Tabel 28. Kebutuhan Anggaran Biaya Analisis

No.	Nama Bahan	Harga	Jumlah	Total
1.	Uji Kadar Air	Rp3.000	26 sampel	Rp78.000
2.	Uji Kadar Gula Reduksi	Rp25.000	26 sampel	Rp650.000
3.	Uji Kadar Amilosa	Rp50.000	2 sampel	Rp100.000
4.	Uji Kadar Protein	Rp55.000	2 sampel	Rp110.000
5.	Uji Kadar Lemak	Rp35.000	2 sampel	Rp70.000
5.	Freeze Drying	0	264 jam	0
Total				Rp1.008.000

Lampiran 13. Perhitungan Pembuatan Larutan Natrium Sitrat.

$$\% \frac{b}{v} = \left(\frac{\text{gram zat terlarut}}{\text{ml larutan}} \right) \times 100$$

Diketahui :

- $n_1 = 1\%$
- $n_2 = 1,5\%$
- $n_3 = 2\%$
- $n_4 = 2,5\%$
- $n_5 = 3\%$
- $n_6 = 3,5\%$
- $n_7 = 4\%$
- $n_8 = 4,5\%$
- $n_9 = 5\%$
- $n_{10} = 5,5\%$
- $n_{11} = 6\%$
- $n_{12} = 6,5\%$
- $n_{13} = 7\%$

Ditanyakan : Berapa gram Natrium Sitrat dalam volume labu ukur 100ml?

Jawab :

- $n_1 = 1\%$

$$1\% = \left(\frac{\text{gram}}{1000 \text{ ml}} \right) \times 100$$

$$\text{gram} = \frac{1\% \times 1000 \text{ ml}}{100\%} = 10 \text{ gram}$$

Tabel 29. Kebutuhan Natrium Sitrat dalam Labu Ukur 1000 ml

Perlakuan	Konsentrasi Natrium Sitrat (%)	Natrium Sitrat (gram/1000 ml)
n_1	1	10
n_2	1,5	15
n_3	2	20
n_4	2,5	25
n_5	3	30
n_6	3,5	35
n_7	4	40
n_8	4,5	45
n_9	5	50
n_{10}	5,5	55
n_{11}	6	60
n_{12}	6,5	65
n_{13}	7	70

Lampiran 14. Perhitungan Analisis Densitas Kamba

$$\text{Densitas Kamba} = \frac{\text{Massa sampel(g)}}{\text{Volume(ml)}}$$

Diketahui :

- Massa sampel = 7,895 gram
- Volume gelas ukur = 50 ml

Ditanyakan : Densitas Kamba (g/ml) ?

Jawab :

$$\begin{aligned}\text{Densitas Kamba} &= \frac{\text{Massa sampel(g)}}{\text{Volume(ml)}} \\ &= \frac{7,895 \text{ gram}}{50 \text{ ml}} = 0,158\end{aligned}$$

Tabel 30. Data Analisis Respon Fisik Densitas Kamba

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n ₁	0,158	0,180	0,338	0,169
n ₂	0,135	0,188	0,323	0,161
n ₃	0,140	0,176	0,316	0,158
n ₄	0,142	0,182	0,324	0,162
n ₅	0,216	0,203	0,418	0,209
n ₆	0,217	0,227	0,444	0,222
n ₇	0,183	0,188	0,371	0,186
n ₈	0,220	0,185	0,405	0,202
n ₉	0,158	0,195	0,353	0,176
n ₁₀	0,240	0,232	0,472	0,236
n ₁₁	0,225	0,190	0,416	0,208
n ₁₂	0,212	0,229	0,441	0,221
n ₁₃	0,238	0,191	0,429	0,215
Jumlah	2,48	2,57	5,05	2,525

Perhitungan Densitas Kamba

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

$$= \frac{(5,05)^2}{2 \times 13}$$

$$= 0,981$$

$$JKK = \frac{(\sum U_1)^2 + (\sum U_2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(2,48)^2 + (2,57)^2}{13} - 0,981$$

$$= 0,00037$$

$$JKP = \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK$$

$$= \frac{(0,338)^2 + (0,323)^2 + \dots + (0,429)^2}{2} - 0,981$$

$$= 0,017$$

$$JKT = (\sum K_1)^2 + (\sum K_2)^2 + \dots + (\sum K_n)^2 - FK$$

$$= (0,158)^2 + (0,135)^2 + \dots + (0,191)^2 - 0,981$$

$$= 0,0234$$

$$JKG = JKT - JKK - JKP$$

$$= 0,0234 - 0,0003 - 0,017$$

$$= 0,0061$$

Tabel 31. Analisis Variasi (ANAVA) Densitas Kamba

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,0003	0,0003	0,53 tn	4,75
Perlakuan	12	0,017	0,0014	2,81 *	2,69
Galat	12	0,0061	0,0005		
Total	25	0,024			

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyata

tn  Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA analisis densitas kamba diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar $2,81 > F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar $0,53 < F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap respon fisik densitas kamba nasi sorgum instan sedangkan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata terhadap respon fisik densitas kamba nasi sorgum instan, sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

$$S_y = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,0005}{2}} = 0,0158$$

Tabel 32. Hasil Uji Lanjut Duncan Densitas Kamba

SSR 5%	LSR 5%	Rata - rata		Perlakuan													Taraf Nyata 5%
		nilai	kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
-	-	0,158	n ₃	-													a
3,08	0,049	0,161	n ₂	0,00	-												ab
3,23	0,051	0,162	n ₄	0,00	0,00	-											ab
3,33	0,053	0,169	n ₁	0,01	0,01	0,01	-										abc
3,36	0,053	0,176	n ₉	0,02	0,02	0,01	0,01	-									abc
3,40	0,054	0,186	n ₇	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	-								abcd
3,42	0,054	0,202	n ₈	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	-							abcd
3,44	0,054	0,208	n ₁₁	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	-						abcd
3,44	0,054	0,209	n ₅	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	-					abcd
3,46	0,055	0,215	n ₁₃	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	-				bcd
3,46	0,055	0,221	n ₁₂	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	-			cd
3,46	0,055	0,222	n ₆	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	-		cd
3,46	0,055	0,236	n ₁₀	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01		d

Keterangan:

* Berpengaruh Nyatatn Tidak Berpengaruh Nyata

Lampiran 15. Perhitungan Analisis Daya Serap Air

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

Diketahui :

- A (Berat sampel sesudah direndam) = 4,673
- B (Berat sampel sebelum direndam) = 1,001

Ditanyakan : Daya Serap Air (%)?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{A - B}{A + B} \times 100\% \\ &= \frac{4,673 - 1,001}{4,673 + 1,001} \times 100\% \\ &= 64,72\% \end{aligned}$$

Tabel 33. Data Analisis Respon Fisik Daya Serap Air

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n ₁	64,72	66,26	130,97	65,486
n ₂	65,68	66,06	131,74	65,870
n ₃	64,42	65,04	129,45	64,726
n ₄	65,27	62,37	127,64	63,822
n ₅	63,10	64,80	127,90	63,951
n ₆	65,26	64,71	129,98	64,988
n ₇	62,50	65,95	128,45	64,227
n ₈	64,07	62,64	126,72	63,358
n ₉	64,72	63,25	127,97	63,985
n ₁₀	63,43	64,80	128,24	64,118
n ₁₁	60,06	63,77	123,82	61,912
n ₁₂	65,08	59,57	124,65	62,325
n ₁₃	63,51	62,25	125,76	62,881
Jumlah	831,83	831,47	1663,30	831,648

Perhitungan ANAVA Daya Serap Air

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

$$= \frac{(1663,30)^2}{2 \times 13}$$

$$= 106405,99$$

$$JKK = \frac{(\sum U_1)^2 + (\sum U_2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(831,83)^2 + (831,47)^2}{13} - 1663,30$$

$$= 0,005$$

$$JKP = \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK$$

$$= \frac{(130,97)^2 + (131,74)^2 + \dots + (125,76)^2}{2} - 1663,30$$

$$= 32,26$$

$$JKT = (\sum K_1)^2 + (\sum K_2)^2 + \dots + (\sum K_n)^2 - FK$$

$$= (64,72)^2 + (65,68)^2 + \dots + (62,25)^2 - 1663,30$$

$$= 71,37$$

$$JKG = JKT - JKK - JKP$$

$$= 71,37 - 0,005 - 32,26$$

$$= 39,11$$

Tabel 34. Analisis Variasi (ANAVA) Daya Serap Air

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,005	0,005	0,001 tn	4,75
Perlakuan	12	32,26	2,69	0,82 tn	2,69
Galat	12	39,11	3,259		
Total	25	71,37			

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyata

tn  Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA analisis daya serap air diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar $0,82 < F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar $0,001 < F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat dan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata terhadap respon fisik daya serap air nasi sorgum instan, sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

Lampiran 16. Perhitungan Analisis Fisik Rasio Pengembangan

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

Diketahui :

- T_{a1} = Tinggi Air + Bahan Sebelum Pemanasan = 4,4 cm
- T_{a2} = Tinggi Air + Bahan Setelah Pemanasan = 4,3 cm
- T_{b1} = Tinggi Bahan Sebelum Pemanasan = 2,8 cm
- T_{b2} = Tinggi Bahan Setelah Pemanasan = 2,3 cm

Ditanyakan : Rasio Pengembangan (%)?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Rasio Pengembangan} &= \frac{T_{a2} - T_{b2}}{T_{a1} - T_{b1}} \times 100\% \\ &= \frac{4,3 - 2,3}{4,4 - 2,8} \times 100\% \\ &= 125\% \end{aligned}$$

Tabel 35. Data Analisis Fisik Rasio Pengembangan

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n_1	125,00	68,42	193,42	96,71
n_2	121,43	93,75	215,18	107,59
n_3	125,00	100,00	225,00	112,50
n_4	143,75	111,76	255,51	127,76
n_5	100,00	120,00	220,00	110,00
n_6	100,00	100,00	200,00	100,00
n_7	100,00	105,26	205,26	102,63
n_8	100,00	100,00	200,00	100,00
n_9	137,50	105,88	243,38	121,69
n_{10}	96,00	118,75	214,75	107,38
n_{11}	84,00	100,00	184,00	92,00
n_{12}	100,00	100,00	200,00	100,00
n_{13}	90,00	100,00	190,00	95,00
Jumlah	1422,68	1323,83	2746,51	1373,25

Perhitungan ANAVA Rasio Pengembangan

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

$$= \frac{(2746,51)^2}{2 \times 13}$$

$$= 290127,55$$

$$JKK = \frac{(\sum U_1)^2 + (\sum U_2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(1422,68)^2 + (1323,83)^2}{13} - 290127,55$$

$$= 375,80$$

$$JKP = \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK$$

$$= \frac{(193,42)^2 + (215,10)^2 + \dots + (190,00)^2}{2} - 290127,55$$

$$= 2606,34$$

$$JKT = (\sum K_1)^2 + (\sum K_2)^2 + \dots + (\sum K_n)^2 - FK$$

$$= (125,00)^2 + (121,43)^2 + \dots + (100,00)^2 - 290127,55$$

$$= 6564,48$$

$$JKG = JKT - JKK - JKP$$

$$= 6564,48 - 375,80 - 2606,34$$

$$= 3582,34$$

Tabel 36. Analisis Variasi (ANAVA) Rasio Pengembangan

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	375,80	375,80	1,26 tn	4,75
Perlakuan	12	2606,34	217,20	0,73 tn	2,69
Galat	12	3582,34	298,528		
Total	25	6564,48			

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyata

tn  Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA analisis rasio pengembangan diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar $0,73 < F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar $1,26 < F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat dan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata terhadap respon fisik rasio pengembangan nasi sorgum instan, sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

Lampiran 17. Perhitungan Analisis Fisik Waktu Rehidrasi

Diketahui :

- Sampel = 1,001 gram
- % Daya Serap Air = 64,72%

Ditanyakan : Rasio Air yang dibutuhkan untuk rehidrasi?

Jawab :

$$\begin{aligned}\text{Ratio Air} &= \frac{\text{Sampel}}{(\text{Sampel} - \text{Daya Serap Air})} \\ &= \frac{1,001}{(1,001 - 64,72\%)} \\ &= 2,83 \text{ ml}\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan rasio rehidrasi 1 : 2,83 ml (sampel : air).

Tabel 37. Data Perhitungan Rasio Rehidrasi

Perlakuan	Sampel (gram)	Rasio Rehidrasi (ml)
n ₁	1,001	2,83
n ₂	1,002	2,88
n ₃	1,001	2,78
n ₄	1,002	2,83
n ₅	1,002	2,67
n ₆	1,001	2,87
n ₇	1,002	2,64
n ₈	1,002	2,74
n ₉	1,002	2,82
n ₁₀	1,001	2,70
n ₁₁	1,000	2,46
n ₁₂	1,000	2,82
n ₁₃	1,001	2,70

Tabel 38. Data Analisis Respon Fisik Waktu Rehidrasi

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n1	2,23	2,25	4,48	2,24
n2	2,30	2,26	4,56	2,28
n3	2,45	2,47	4,92	2,46
n4	2,42	2,47	4,89	2,45
n5	2,49	2,55	5,04	2,52
n6	2,51	2,48	4,99	2,50
n7	2,37	2,33	4,70	2,35
n8	2,24	2,20	4,44	2,22
n9	2,26	2,25	4,51	2,26
n10	2,29	2,27	4,56	2,28
n11	2,23	2,25	4,48	2,24
n12	2,17	2,11	4,28	2,14
n13	2,14	2,09	4,23	2,12
Jumlah	30,10	29,98	60,08	30,040

Perhitungan ANAVA Waktu Rehidrasi

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

$$= \frac{(60,08)^2}{2 \times 13}$$

$$= 138,831$$

$$JKK = \frac{(\sum U1)^2 + (\sum U2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(30,10)^2 + (29,98)^2}{13} - 138,831$$

$$= 0,001$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\
 &= \frac{(4,48)^2 + (4,56)^2 + \dots + (4,23)^2}{2} - 138,831 \\
 &= 0,421
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + \dots + (\sum Kn)^2 - FK \\
 &= (2,23)^2 + (2,30)^2 + \dots + (2,09)^2 - 138,831 \\
 &= 0,430
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKK - JKP \\
 &= 0,430 - 0,0001 - 0,421 \\
 &= 0,009
 \end{aligned}$$

Tabel 39. Analisis Variasi (ANAVA) Waktu Rehidrasi

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,001	0,0006	0,72 tn	4,75
Perlakuan	12	0,421	0,035	45,49 *	2,69
Galat	12	0,009	0,0008		
Total	25	0,430			

Keterangan:

* Berpengaruh Nyatatn Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA analisis waktu rehidrasi diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar 45,49 > F Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar 0,72 < dari F Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap respon fisik

waktu rehidrasi nasi sorgum instan sedangkan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata terhadap respon fisik waktu rehidrasi nasi sorgum instan, sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

$$S_y = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,0008}{2}} = 0,200$$

Tabel 40. Hasil Uji Lanjut Duncan Waktu Rehidrasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata - rata		Perlakuan													Taraf Nyata 5%
		nilai	kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
-	-	2,12	n ₁₃	-													a
3,08	0,06	2,14	n ₁₂	0,02	-												a
3,23	0,06	2,22	n ₈	0,10	0,08	-											b
3,33	0,07	2,24	n ₁	0,12	0,10	0,02	-										b
3,36	0,07	2,24	n ₁₁	0,12	0,10	0,02	0,00	-									b
3,40	0,07	2,26	n ₉	0,14	0,12	0,04	0,02	0,02	-								b
3,42	0,07	2,28	n ₂	0,16	0,14	0,06	0,04	0,04	0,02	-							bc
3,44	0,07	2,28	n ₁₀	0,16	0,14	0,06	0,04	0,04	0,02	0,00	-						bc
3,44	0,07	2,35	n ₇	0,23	0,21	0,13	0,11	0,11	0,09	0,07	0,07	-					c
3,46	0,07	2,45	n ₄	0,33	0,31	0,23	0,21	0,21	0,19	0,17	0,17	0,10	-				d
3,46	0,07	2,46	n ₃	0,34	0,32	0,24	0,22	0,22	0,20	0,18	0,18	0,11	0,01	-			d
3,46	0,07	2,50	n ₆	0,38	0,36	0,28	0,26	0,26	0,24	0,22	0,22	0,15	0,05	0,04	-		d
3,46	0,07	2,52	n ₅	0,40	0,38	0,30	0,28	0,28	0,26	0,24	0,24	0,17	0,07	0,06	0,02		d

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyatatn  Tidak Berpengaruh Nyata

Lampiran 18. Perhitungan Analisis Kadar Air

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(\text{cawan + sampel awal}) - (\text{cawan + sampel akhir})}{(\text{cawan + sampel awal}) - \text{cawan kosong}} \times 100$$

Diketahui :

- Cawan + sampel awal = 33,083
- Cawan + sampel akhir = 32,938
- Cawan kosong = 31,082

Ditanyakan : Kadar Air (%)?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Kadar air (\%)} &= \frac{(\text{cawan + sampel awal}) - (\text{cawan + sampel akhir})}{(\text{cawan + sampel awal}) - \text{cawan kosong}} \times 100 \\ &= \frac{33,083 - 32,938}{33,083 - 31,082} \times 100 \\ &= 7,25\% \end{aligned}$$

Tabel 41. Data Analisis Kimia Kadar Air

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n ₁	7,25	7,50	14,75	7,37
n ₂	6,10	6,90	13,00	6,50
n ₃	3,20	3,75	6,95	3,47
n ₄	2,75	3,30	6,05	3,02
n ₅	7,55	6,10	13,65	6,82
n ₆	7,35	7,70	15,05	7,52
n ₇	9,70	9,20	18,90	9,45
n ₈	9,75	7,70	17,45	8,72
n ₉	6,95	4,15	11,10	5,55
n ₁₀	6,55	5,30	11,85	5,92
n ₁₁	7,60	4,35	11,95	5,97
n ₁₂	6,80	5,85	12,65	6,32
n ₁₃	6,85	6,90	13,75	6,87
Jumlah	88,38	78,69	167,07	83,53

Perhitungan ANAVA Kadar Air

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

$$= \frac{(167,07)^2}{2 \times 13}$$

$$= 1073,54$$

$$JKK = \frac{(\sum U_1)^2 + (\sum U_2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(88,38)^2 + (78,69)^2}{13} - 1073,54$$

$$= 3,6$$

$$JKP = \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK$$

$$= \frac{(14,75)^2 + (13,00)^2 + \dots + (13,75)^2}{2} - 1073,54$$

$$= 076,79$$

$$JKT = (\sum K_1)^2 + (\sum K_2)^2 + \dots + (\sum K_n)^2 - FK$$

$$= (7,35)^2 + (6,10)^2 + \dots + (6,90)^2 - 1073,54$$

$$= 91,22$$

$$JKG = JKT - JKK - JKP$$

$$= 91,22 - 3,61 - 76,79$$

$$= 10,81$$

Tabel 42. Analisis Variasi (ANAVA) Kadar Air

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	3,61	3,61	4,01 tn	4,75
Perlakuan	12	76,79	6,40	7,10 *	2,69
Galat	12	10,81	0,901		
Total	25	91,22			

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyata

tn  Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA analisis kadar air diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar $7,10 > F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar $4,01 <$ dari F Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata terhadap respon kimia kadar air nasi sorgum instan sedangkan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata terhadap respon kimia kadar air nasi sorgum instan, sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

$$S_y = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,901}{2}} = 0,6712$$

Tabel 43. Hasil Uji Lanjut Duncan Kadar Air

SSR 5%	LSR 5%	Rata - rata		Perlakuan													Taraf Nyata 5%
		nilai	kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
-	-	3,02	n ₄	-													a
3,08	2,07	3,47	n ₃	0,45	-												a
3,23	2,17	5,55	n ₉	2,53	2,08	-											b
3,33	2,24	5,92	n ₁₀	2,90	2,45	0,37	-										b
3,36	2,26	5,97	n ₁₁	2,95	2,50	0,42	0,05	-									b
3,40	2,28	6,32	n ₁₂	3,30	2,85	0,77	0,40	0,35	-								b
3,42	2,30	6,50	n ₂	3,48	3,03	0,95	0,58	0,53	0,18	-							bc
3,44	2,31	6,82	n ₅	3,80	3,35	1,27	0,90	0,85	0,50	0,32	-						bc
3,44	2,31	6,87	n ₁₃	3,85	3,40	1,32	0,95	0,90	0,55	0,37	0,05	-					bc
3,46	2,32	7,37	n ₁	4,35	3,90	1,82	1,45	1,40	1,05	0,87	0,55	0,50	-				bcd
3,46	2,32	7,52	n ₆	4,50	4,05	1,97	1,60	1,55	1,20	1,02	0,70	0,65	0,15	-			bcd
3,46	2,32	8,72	n ₈	5,70	5,25	3,17	2,80	2,75	2,40	2,22	1,90	1,85	1,35	1,20	-		cd
3,46	2,32	9,45	n ₇	6,43	5,98	3,90	3,53	3,48	3,13	2,95	2,63	2,58	2,08	1,93	0,73		d

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyatatn  Tidak Berpengaruh Nyata

Lampiran 19. Perhitungan Analisis Kadar Gula Reduksi

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

Diketahui :

- $W \text{ KIO}_3 = 0,043$
- $BE \text{ KIO}_3 = 35,667$
- $\text{Vol. Blanko} = 12,50$
- $FP = 100/10$
- $\text{Vol. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 12,30$
- $\text{mg Sampel} = 2,000$
- $\text{Vol. Sampel} = 11,90$

Ditanyakan : Kadar Gula Reduksi (%)?

Jawab :

- $N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{W \text{ KIO}_3 \times 1000}{BE \text{ KIO}_3 \times \text{Vol. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$

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

$$= 0,0980 \text{ N}$$
- $\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{(\text{Vol. Blanko} - \text{Vol. Sampel}) \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{0,1}$

$$= \frac{(12,50 - 11,90) \times 0,0980}{0,1}$$

$$= 0,588 \text{ ml}$$
- $\text{mg gula (tabel)} = d + \left[\frac{(b-a)}{(c-a)} \right] \times (e - d)$

$$= 0 + \left[\frac{(0,588 - 0)}{(1 - 0)} \right] \times (2,4 - 0)$$

$$= 1,392 \text{ mg}$$

- $$\begin{aligned} \text{Kadar Gula Reduksi} &= \frac{\text{mg gula reduksi}}{\text{mg sampel} \times 1000} \times FP \times 100 \\ &= \frac{1,392}{2,000 \times 1000} \times 10 \times 100 \\ &= 0,70\% \end{aligned}$$

Tabel 44. Data Analisis Respon Kimia Gula Reduksi

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n1	0,70	0,70	1,39	0,70
n2	0,35	0,70	1,04	0,52
n3	0,23	0,47	0,70	0,35
n4	0,23	0,59	0,82	0,41
n5	0,23	0,47	0,70	0,35
n6	0,11	0,47	0,58	0,29
n7	0,70	0,59	1,28	0,64
n8	0,47	0,35	0,82	0,41
n9	0,59	0,23	0,82	0,41
n10	0,82	0,82	1,63	0,82
n11	0,11	0,59	0,70	0,35
n12	0,35	0,11	0,46	0,23
n13	0,47	0,70	1,16	0,58
Jumlah	5,33	6,76	12,08	6,04

Perhitungan ANAVA Kadar Gula Reduksi

$$\begin{aligned} FK &= \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} \\ &= \frac{(12,08)^2}{2 \times 13} \\ &= 5,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKK &= \frac{(\sum U_1)^2 + (\sum U_2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK \\
 &= \frac{(5,33)^2 + (6,76)^2}{13} - 5,62 \\
 &= 0,08
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\
 &= \frac{(1,39)^2 + (1,04)^2 + \dots + (1,16)^2}{2} - 5,62 \\
 &= 0,73
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (\sum K_1)^2 + (\sum K_2)^2 + \dots + (\sum K_n)^2 - FK \\
 &= (0,70)^2 + (0,35)^2 + \dots + (0,70)^2 - 5,62 \\
 &= 1,22
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKK - JKP \\
 &= 1,22 - 0,08 - 0,73 \\
 &= 0,42
 \end{aligned}$$

Tabel 45. Analisis Variasi (ANAVA) Kadar Gula Reduksi

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,08	0,08	2,26 tn	4,75
Perlakuan	12	0,73	0,06	1,74 tn	2,69
Galat	12	0,42	0,035		
Total	25	1,22			

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyatatn  Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA analisis kadar gula reduksi diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar $3,51 < F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar $0,76 < F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat dan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata terhadap respon kimia kadar gula reduksi nasi sorgum instan, sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

Lampiran 20. Perhitungan Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Warna

Tabel 46. Data Analisis Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Warna

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n ₁	5,30	5,20	10,50	5,25
n ₂	5,00	5,00	10,00	5,00
n ₃	4,40	5,00	9,40	4,70
n ₄	4,87	4,93	9,80	4,90
n ₅	4,63	5,03	9,67	4,83
n ₆	4,63	4,70	9,33	4,67
n ₇	5,03	4,97	10,00	5,00
n ₈	4,47	4,60	9,07	4,53
n ₉	5,23	5,00	10,23	5,12
n ₁₀	3,97	4,37	8,33	4,17
n ₁₁	4,27	4,43	8,70	4,35
n ₁₂	4,47	4,73	9,20	4,60
n ₁₃	4,00	4,57	8,57	4,28
Jumlah	60,27	62,53	122,80	61,40

Perhitungan ANAVA Atribut Warna

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

$$= \frac{(122,80)^2}{2 \times 13}$$

$$= 579,99$$

$$JKK = \frac{(\sum U1)^2 + (\sum U2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(60,27)^2 + (62,53)^2}{13} - 579,99$$

$$= 0,20$$

$$JKP = \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK$$

$$= \frac{(10,50)^2 + (10,00)^2 + \dots + (8,57)^2}{2} - 579,99$$

$$= 2,65$$

$$JKT = (\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + \dots + (\sum Kn)^2 - FK$$

$$= (5,30)^2 + (5,00)^2 + \dots + (4,57)^2 - 579,99$$

$$= 3,25$$

$$JKG = JKT - JKK - JKP$$

$$= 3,25 - 0,20 - 2,65$$

$$= 0,40$$

Tabel 47. Analisis Variasi (ANAVA) Atribut Warna

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,20	0,20	5,93 *	4,75
Perlakuan	12	2,65	0,22	6,63 *	2,69
Galat	12	0,40	0,033		
Total	25	3,25			

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyata

tn  Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA uji mutu hedonik atribut warna diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar $6,63 > F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar $5,93 >$ dari F Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat dan faktor kelompok berpengaruh nyata terhadap respon organoleptik atribut warna nasi sorgum instan, sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

$$S_y = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,033}{2}} = 0,128$$

Tabel 48. Hasil Uji Lanjut Duncan Mutu Hedonik Atribut Warna

SSR 5%	LSR 5%	Rata - rata		Perlakuan													Taraf Nyata 5%
		nilai	kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
-	-	4,17	n ₁₀	-													a
3,08	0,40	4,28	n ₁₃	0,11	-												ab
3,23	0,41	4,35	n ₁₁	0,18	0,07	-											ab
3,33	0,43	4,53	n ₈	0,36	0,25	0,18	-										abc
3,36	0,43	4,60	n ₁₂	0,43	0,32	0,25	0,07	-									abcd
3,40	0,44	4,67	n ₆	0,50	0,39	0,32	0,14	0,07	-								bcd
3,42	0,44	4,70	n ₃	0,53	0,42	0,35	0,17	0,10	0,03	-							bcde
3,44	0,44	4,83	n ₅	0,66	0,55	0,48	0,30	0,23	0,16	0,13	-						cdef
3,44	0,44	4,90	n ₄	0,73	0,62	0,55	0,37	0,30	0,23	0,20	0,07	-					cdef
3,46	0,44	5,00	n ₂	0,83	0,72	0,65	0,47	0,40	0,33	0,30	0,17	0,10	-				def
3,46	0,44	5,00	n ₇	0,83	0,72	0,65	0,47	0,40	0,33	0,30	0,17	0,10	0,00	-			def
3,46	0,44	5,12	n ₉	0,95	0,84	0,77	0,59	0,52	0,45	0,42	0,29	0,22	0,12	0,12	-		ef
3,46	0,44	5,25	n ₁	1,08	0,97	0,90	0,72	0,65	0,58	0,55	0,42	0,35	0,25	0,25	0,13	-	f

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyatatn  Tidak Berpengaruh Nyata

Lampiran 21. Perhitungan Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Aroma

Tabel 49. Data Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Aroma

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n ₁	2,50	2,50	5,00	2,50
n ₂	3,33	2,97	6,30	3,15
n ₃	3,17	3,10	6,27	3,13
n ₄	2,73	2,80	5,53	2,77
n ₅	3,87	3,77	7,63	3,82
n ₆	3,63	3,73	7,37	3,68
n ₇	3,80	3,83	7,63	3,82
n ₈	3,40	3,53	6,93	3,47
n ₉	3,73	3,53	7,27	3,63
n ₁₀	3,57	3,60	7,17	3,58
n ₁₁	3,90	3,60	7,50	3,75
n ₁₂	3,23	3,60	6,83	3,42
n ₁₃	3,43	3,53	6,97	3,48
Jumlah	44,30	44,10	88,40	44,20

Perhitungan ANAVA Atribut Aroma

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

$$= \frac{(88,40)^2}{2 \times 13}$$

$$= 300,560$$

$$JKK = \frac{(\sum U1)^2 + (\sum U2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(44,30^2 + (44,10)^2)}{13} - 300,560$$

$$= 0,002$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\
 &= \frac{(5,00)^2 + (6,30)^2 + \dots + (6,97)^2}{2} - 300,560 \\
 &= 3,989
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + \dots + (\sum Kn)^2 - FK \\
 &= (2,50)^2 + (3,33)^2 + \dots + (3,53)^2 - 300,560 \\
 &= 4,218
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKK - JKP \\
 &= 4,218 - 0,002 - 3,989 \\
 &= 0,227
 \end{aligned}$$

Tabel 50. Analisis Variasi (ANAVA) Mutu Hedonik Atribut Aroma

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,002	0,002	0,08 tn	4,75
Perlakuan	12	3,989	0,332	17,55 *	2,69
Galat	12	0,227	0,019		
Total	25	4,218			

Keterangan:

* Berpengaruh Nyatatn Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA uji mutu hedonik atribut aroma diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar 17,55 > F Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar 0,08 < dari F Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata

terhadap respon organoleptik atribut aroma dan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata terhadap respon organoleptik atribut aroma nasi sorgum instan, sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

$$S_y = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,019}{2}} = 0,0975$$

Tabel 51. Hasil Uji Lanjut Duncan Mutu Hedonik Atribut Aroma

SSR 5%	LSR 5%	Rata - rata		Perlakuan													Tarf Nyata 5%
		nilai	kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
-	-	2,50	n ₁	-													a
3,08	0,30	2,77	n ₄	0,27	-												a
3,23	0,31	3,13	n ₃	0,63	0,36	-											B
3,33	0,32	3,15	n ₂	0,65	0,38	0,02	-										Bc
3,36	0,33	3,42	n ₁₂	0,92	0,65	0,29	0,27	-									bcd
3,40	0,33	3,47	n ₈	0,97	0,70	0,34	0,32	0,05	-								bcd
3,42	0,33	3,48	n ₁₃	0,98	0,71	0,35	0,33	0,06	0,01	-							cde
3,44	0,34	3,58	n ₁₀	1,08	0,81	0,45	0,43	0,16	0,11	0,10	-						cde
3,44	0,34	3,63	n ₉	1,13	0,86	0,50	0,48	0,21	0,16	0,15	0,05	-					de
3,46	0,34	3,68	n ₆	1,18	0,91	0,55	0,53	0,26	0,21	0,20	0,10	0,05	-				de
3,46	0,34	3,75	n ₁₁	1,25	0,98	0,62	0,60	0,33	0,28	0,27	0,17	0,12	0,07	-			de
3,46	0,34	3,82	n ₅	1,32	1,05	0,69	0,67	0,40	0,35	0,34	0,24	0,19	0,14	0,07	-		e
3,46	0,34	3,82	n ₇	1,32	1,05	0,69	0,67	0,40	0,35	0,34	0,24	0,19	0,14	0,07	0,00	-	e

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyatatn  Tidak Berpengaruh Nyata

Lampiran 22. Perhitungan Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Rasa

Tabel 52. Data Analisis Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Rasa

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n ₁	5,07	4,93	10,00	5,00
n ₂	5,03	4,73	9,77	4,88
n ₃	4,80	4,77	9,57	4,78
n ₄	4,70	5,00	9,70	4,85
n ₅	4,53	4,57	9,10	4,55
n ₆	4,53	4,47	9,00	4,50
n ₇	5,00	4,60	9,60	4,80
n ₈	4,90	4,87	9,77	4,88
n ₉	4,83	4,60	9,43	4,72
n ₁₀	4,17	3,83	8,00	4,00
n ₁₁	4,47	4,33	8,80	4,40
n ₁₂	4,43	4,23	8,67	4,33
n ₁₃	5,00	4,90	9,90	4,95
Jumlah	61,47	59,83	121,30	60,65

Perhitungan ANAVA Atribut Rasa

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

$$= \frac{(121,30)^2}{2 \times 13}$$

$$= 565,91$$

$$JKK = \frac{(\sum U_1)^2 + (\sum U_2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(61,47)^2 + (59,83)^2}{13} - 565,91$$

$$= 0,10$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\
 &= \frac{(10,00)^2 + (9,77)^2 + \dots + (9,90)^2}{2} - 565,91 \\
 &= 2,04
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + \dots + (\sum Kn)^2 - FK \\
 &= (5,07)^2 + (5,03)^2 + \dots + (4,90)^2 - 565,91 \\
 &= 2,34
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKK - JKP \\
 &= 2,34 - 0,10 - 2,04 \\
 &= 0,20
 \end{aligned}$$

Tabel 53. Analisis Variasi (ANAVA) Atribut Rasa

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,10	0,10	6,26 *	4,75
Perlakuan	12	2,04	0,17	10,37 *	2,69
Galat	12	0,20	0,016		
Total	25	2,34			

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyatatn  Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA uji mutu hedonik atribut rasa diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar 10,37 > F Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar 6,26 > dari F Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini

menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat dan faktor kelompok berpengaruh nyata terhadap respon organoleptik atribut rasa nasi sorgum instan, sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

$$S_y = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,016}{2}} = 0,0894$$

Tabel 54. Hasil Uji Lanjut Duncan Mutu Hedonik Atribut Rasa

SSR 5%	LSR 5%	Rata - rata		Perlakuan													Taraf Nyata 5%
		nilai	kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
-	-	4,00	n ₁₀	-													a
3,08	0,28	4,33	n ₁₂	0,33	-												b
3,23	0,29	4,40	n ₁₁	0,40	0,07	-											b
3,33	0,30	4,50	n ₆	0,50	0,17	0,10	-										bc
3,36	0,30	4,55	n ₅	0,55	0,22	0,15	0,05	-									bcd
3,40	0,30	4,72	n ₉	0,72	0,39	0,32	0,22	0,17	-								cde
3,42	0,31	4,78	n ₃	0,78	0,45	0,38	0,28	0,23	0,06	-							cde
3,44	0,31	4,80	n ₇	0,80	0,47	0,40	0,30	0,25	0,08	0,02	-						cde
3,44	0,31	4,85	n ₄	0,85	0,52	0,45	0,35	0,30	0,13	0,07	0,05	-					de
3,46	0,31	4,88	n ₂	0,88	0,55	0,48	0,38	0,33	0,16	0,10	0,08	0,03	-				e
3,46	0,31	4,88	n ₈	0,88	0,55	0,48	0,38	0,33	0,16	0,10	0,08	0,03	0,00	-			e
3,46	0,31	4,95	n ₁₃	0,95	0,62	0,55	0,45	0,40	0,23	0,17	0,15	0,10	0,07	0,07	-		e
3,46	0,31	5,00	n ₁	1,00	0,67	0,60	0,50	0,45	0,28	0,22	0,20	0,15	0,12	0,12	0,05	-	e

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyatatn  Tidak Berpengaruh Nyata

Lampiran 23. Perhitungan Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Tekstur

Tabel 55. Data Analisis Respon Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Tekstur

Perlakuan	Kelompok Ulangan		Jumlah	Rata - rata
	I	II		
n ₁	3,80	3,73	7,53	3,77
n ₂	3,17	3,30	6,47	3,23
n ₃	3,33	3,50	6,83	3,42
n ₄	3,23	3,53	6,77	3,38
n ₅	3,33	3,17	6,50	3,25
n ₆	2,87	2,93	5,80	2,90
n ₇	3,37	3,27	6,63	3,32
n ₈	3,13	3,17	6,30	3,15
n ₉	4,03	3,97	8,00	4,00
n ₁₀	2,50	2,80	5,30	2,65
n ₁₁	2,67	2,63	5,30	2,65
n ₁₂	2,60	2,77	5,37	2,68
n ₁₃	2,50	2,73	5,23	2,62
Jumlah	40,53	41,50	82,03	41,02

Perhitungan ANAVA Atribut Tekstur

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

$$= \frac{(82,03)^2}{2 \times 13}$$

$$= 258,83$$

$$JKK = \frac{(\sum U1)^2 + (\sum U2)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(40,53)^2 + (41,50)^2}{13} - 258,83$$

$$= 0,036$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \frac{(\sum n_1)^2 + (\sum n_2)^2 + \dots + (\sum n_n)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\
 &= \frac{(7,53)^2 + (6,47)^2 + \dots + (5,23)^2}{2} - 258,83 \\
 &= 4,675
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= (\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + \dots + (\sum Kn)^2 - FK \\
 &= (3,80)^2 + (3,17)^2 + \dots + (2,73)^2 - 258,83 \\
 &= 4,855
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKK - JKP \\
 &= 4,855 - 0,036 - 4,675 \\
 &= 0,144
 \end{aligned}$$

Tabel 56. Analisis Variasi (ANAVA) Atribut Tekstur

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0,036	0,036	2,98 tn	4,75
Perlakuan	12	4,675	0,390	32,33 *	2,69
Galat	12	0,145	0,012		
Total	25	4,855			

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyatatn  Tidak Berpengaruh Nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANAVA uji mutu hedonik atribut tekstur diketahui bahwa nilai F Hitung untuk faktor perlakuan (konsentrasi natrium sitrat) sebesar $32,33 > F$ Tabel pada taraf 5% sebesar 2,69, sedangkan nilai F Hitung untuk faktor kelompok sebesar $2,98 <$ dari F Tabel pada taraf 5% sebesar 4,75. Maka, hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi natrium sitrat berpengaruh nyata

terhadap respon organoleptik atribut tekstur nasi sorgum instan, sedangkan faktor kelompok tidak berpengaruh nyata terhadap respon organoleptik atribut tekstur nasi sorgum instan, sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

$$S_y = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,012}{2}} = 0,0775$$

Tabel 57. Hasil Uji Lanjut Duncan Mutu Hedonik Atribut Tekstur

SSR 5%	LSR 5%	Rata - rata		Perlakuan													Tarf Nyata 5%
		nilai	kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
-	-	2,62	n ₁₃	-													a
3,08	0,24	2,65	n ₁₀	0,03	-												ab
3,23	0,25	2,65	n ₁₁	0,03	0,00	-											ab
3,33	0,26	2,68	n ₁₂	0,06	0,03	0,03	-										ab
3,36	0,26	2,90	n ₆	0,28	0,25	0,25	0,22	-									bc
3,40	0,26	3,15	n ₈	0,53	0,50	0,50	0,47	0,25	-								cd
3,42	0,26	3,23	n ₂	0,61	0,58	0,58	0,55	0,33	0,08	-							de
3,44	0,27	3,25	n ₅	0,63	0,60	0,60	0,57	0,35	0,10	0,02	-						de
3,44	0,27	3,32	n ₇	0,70	0,67	0,67	0,64	0,42	0,17	0,09	0,07	-					de
3,46	0,27	3,38	n ₄	0,76	0,73	0,73	0,70	0,48	0,23	0,15	0,13	0,06	-				de
3,46	0,27	3,42	n ₃	0,80	0,77	0,77	0,74	0,52	0,27	0,19	0,17	0,10	0,04	-			e
3,46	0,27	3,77	n ₁	1,15	1,12	1,12	1,09	0,87	0,62	0,54	0,52	0,45	0,39	0,35	-		f
3,46	0,27	4,00	n ₉	1,38	1,35	1,35	1,32	1,10	0,85	0,77	0,75	0,68	0,62	0,58	0,23	-	f

Keterangan:

*  Berpengaruh Nyatatn  Tidak Berpengaruh Nyata

Lampiran 24. Penentuan Perlakuan Terbaik Metode Indeks Efektivitas De Garmo

Tabel 58. Nilai Tertinggi dan Terendah Dari Rata - rata Perlakuan

Data Rata – Rata Perlakuan										
Perlakuan	Gula Reduksi	Air	Densitas Kamba	Daya Serap Air	Rasio Pengembangan	Waktu Rehidrasi	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur
n ₁	0,70	7,37	0,169	65,486	96,71	2,24	2,39	1,71	2,33	2,03
n ₂	0,52	6,50	0,161	65,870	107,59	2,28	2,34	1,88	2,31	1,89
n ₃	0,35	3,47	0,158	64,726	112,50	2,46	2,27	1,88	2,29	1,93
n ₄	0,41	3,02	0,162	63,822	127,76	2,45	2,31	1,76	2,31	1,94
n ₅	0,35	6,82	0,209	63,951	110,00	2,52	2,30	2,05	2,23	1,90
n ₆	0,29	7,52	0,222	64,988	100,00	2,50	2,26	2,01	2,21	1,81
n ₇	0,64	9,45	0,186	64,227	102,63	2,35	2,34	2,05	2,29	1,92
n ₈	0,41	8,72	0,202	63,358	100,00	2,22	2,22	1,96	2,30	1,88
n ₉	0,41	5,55	0,176	63,985	121,69	2,26	2,36	1,99	2,26	2,10
n ₁₀	0,82	5,92	0,236	64,118	107,38	2,28	2,14	1,99	2,09	1,74
n ₁₁	0,35	5,97	0,208	61,912	92,00	2,24	2,18	2,02	2,20	1,73
n ₁₂	0,23	6,32	0,221	62,325	100,00	2,14	2,24	1,95	2,18	1,73
n ₁₃	0,58	6,87	0,215	62,881	95,00	2,12	2,17	1,95	2,32	1,72
Nilai Tertinggi	0,816	9,45	0,236	65,870	127,76	2,52	2,39	2,05	2,33	2,10
Nilai Terendah	0,228	3,02	0,158	61,912	92,00	2,12	2,14	1,71	2,09	1,72

Diketahui :

Bobot Variabel = 4

Ditanyakan : Bobot Normal?

Jawab :

$$\begin{aligned}\text{Bobot Normal} &= \frac{BV}{\sum BV} \\ &= \frac{4}{40} \\ &= 0,10\end{aligned}$$

Tabel 59. Bobot Variabel, Bobot Normal, Dan Arah Normalitas Masing - Masing Parameter

Parameter	Arah Normalitas	Bobot Variabel	Bobot Normal
Kadar Gula Reduksi	Rendah	4	0,10
Kadar Air	Rendah	5	0,13
Densitas Kamba	Rendah	3	0,07
Daya Serap Air	Tinggi	3	0,07
Rasio Pengembangan	Tinggi	3	0,07
Waktu Rehidrasi	Rendah	5	0,13
Warna	Tinggi	3	0,07
Aroma	Tinggi	4	0,10
Rasa	Tinggi	5	0,13
Tekstur	Tinggi	5	0,13
Total		40	1,00

Diketahui : Nilai rata - rata perlakuan n_1 pada kadar gula reduksi (arah normalitas rendah) dan parameter daya serap air (arah normalitas tinggi)

Ditanyakan : Nilai Efektivitas?

Jawab :

- **Parameter kadar gula reduksi (arah normalitas tinggi)**

$$\begin{aligned}\text{Nilai Efektivitas} &= \frac{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Perlakuan}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}} \\ &= \frac{0,816 - 0,700}{0,816 - 0,228} \\ &= 0,197\end{aligned}$$

- **Parameter daya serap air (arah normalitas rendah)**

$$\begin{aligned}\text{Nilai Efektivitas} &= \frac{\text{Nilai Perlakuan} - \text{Nilai Terendah}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}} \\ &= \frac{65,486 - 61,912}{65,870 - 61,912} \\ &= 0,903\end{aligned}$$

Tabel 60. Perhitungan Nilai Efektivitas Pada Masing - Masing Perlakuan

NILAI EFEKTIVITAS (NE)										
Perlakuan	Gula Reduksi	Air	Densitas Kamba	Daya Serap Air	Rasio Pengembangan	Waktu Rehidrasi	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur
n ₁	0,197	0,323	0,858	0,903	0,132	0,691	1,00	0,00	1,00	0,83
n ₂	0,500	0,459	0,957	1,000	0,436	0,593	0,78	0,50	0,90	0,45
n ₃	0,796	0,930	1,000	0,711	0,573	0,148	0,49	0,50	0,82	0,56
n ₄	0,694	1,000	0,950	0,482	1,000	0,185	0,68	0,14	0,90	0,59
n ₅	0,796	0,408	0,346	0,515	0,503	0,000	0,63	0,99	0,57	0,47
n ₆	0,898	0,300	0,180	0,777	0,224	0,062	0,45	0,90	0,49	0,23
n ₇	0,296	0,000	0,648	0,585	0,297	0,420	0,78	1,00	0,81	0,54
n ₈	0,694	0,113	0,433	0,365	0,224	0,741	0,33	0,74	0,89	0,42
n ₉	0,694	0,607	0,767	0,524	0,830	0,654	0,88	0,83	0,71	1,00
n ₁₀	0,000	0,549	0,000	0,557	0,430	0,593	0,00	0,81	0,00	0,05
n ₁₁	0,796	0,541	0,363	0,000	0,000	0,691	0,17	0,92	0,45	0,02
n ₁₂	1,000	0,486	0,201	0,104	0,224	0,938	0,40	0,71	0,35	0,03
n ₁₃	0,398	0,400	0,277	0,245	0,084	1,000	0,09	0,72	0,95	0,00

Tabel 61. Perhitungan Nilai Hasil Pada Masing - Masing Perlakuan

NILAI HASIL (NH)											
Perlakuan	Gula Reduksi	Air	Densitas Kamba	Daya Serap Air	Rasio Pengembangan	Waktu Rehidrasi	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur	Total
n ₁	0,019	0,039	0,063	0,066	0,010	0,08	0,07	0,00	0,12	0,10	0,578
n ₂	0,049	0,056	0,070	0,073	0,032	0,07	0,06	0,05	0,11	0,06	0,623
n ₃	0,078	0,113	0,073	0,052	0,042	0,02	0,04	0,05	0,10	0,07	0,630
n ₄	0,068	0,122	0,070	0,035	0,073	0,02	0,05	0,01	0,11	0,07	0,635
n ₅	0,078	0,050	0,025	0,038	0,037	0,00	0,05	0,10	0,07	0,06	0,497
n ₆	0,088	0,037	0,013	0,057	0,016	0,01	0,03	0,09	0,06	0,03	0,426
n ₇	0,029	0,000	0,047	0,043	0,022	0,05	0,06	0,10	0,10	0,07	0,511
n ₈	0,068	0,014	0,032	0,027	0,016	0,09	0,02	0,07	0,11	0,05	0,503
n ₉	0,068	0,074	0,056	0,038	0,061	0,08	0,06	0,08	0,09	0,12	0,734
n ₁₀	0,000	0,067	0,000	0,041	0,031	0,07	0,00	0,08	0,00	0,01	0,297
n ₁₁	0,078	0,066	0,027	0,000	0,000	0,08	0,01	0,09	0,05	0,00	0,415
n ₁₂	0,098	0,059	0,015	0,008	0,016	0,11	0,03	0,07	0,04	0,00	0,454
n ₁₃	0,039	0,049	0,020	0,018	0,006	0,12	0,01	0,07	0,12	0,00	0,446

Tabel 62. Peringkat Perlakuan Terbaik Berdasarkan Metode Indeks Efektivitas De Garmo

Peringkat	Perlakuan	NP Total
1	n_9	0,734
2	n_4	0,631
3	n_3	0,625
4	n_2	0,619
5	n_1	0,578
6	n_6	0,505
7	n_7	0,498
8	n_8	0,493
9	n_5	0,454
10	n_{13}	0,451
11	n_6	0,425
12	n_{11}	0,411
13	n_{10}	0,295

Kesimpulan:

Berdasarkan Metode Indeks Efektivitas De Garmo didapatkan peringkat pertama perlakuan n_9 dengan nilai produktivitas total 0,734, sehingga terpilih sebagai perlakuan terbaik dan akan dilakukan analisis lanjutan yaitu analisis kadar amilosa, kadar protein, dan kadar lemak.

Lampiran 25. Perhitungan Analisis Kadar Amilosa

$$Kadar\ Amilosa\ (\%) = \frac{C \times V \times FP}{Ws\ (mg)} \times 100$$

Diketahui :

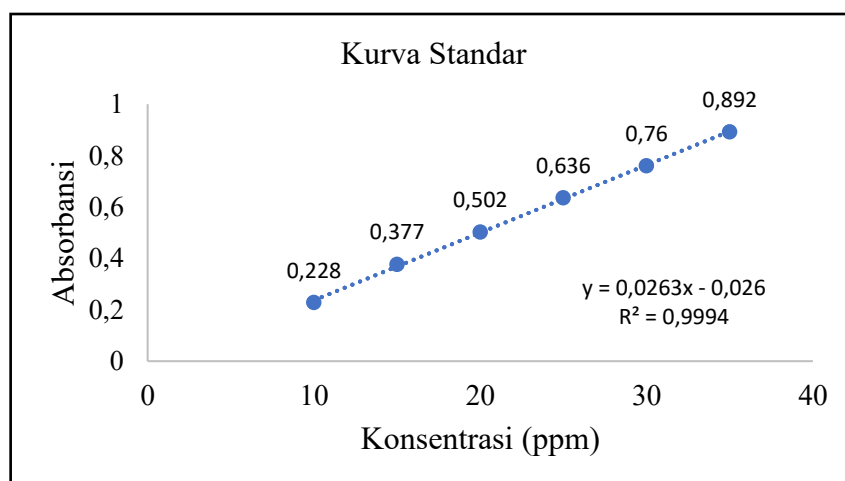
- Ws Sampel = 0,500gram
- Volume = 50ml
- FP = 50/2
- Absorbansi Sampel = 0,070

Ditanyakan : Kadar Amilosa (%)?

Jawab :

Tabel 63. Data Absorbansi Nasi Sorgum Instan

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
10	0,228
15	0,377
20	0,502
25	0,636
30	0,76
35	0,892



Gambar 11. Kurva Kalibrasi Standar Amilosa

- C (konsentrasi amilosa dari kurva standar)

$$y = a + bx$$

$$x = \frac{0,070 + 0,026}{0,0263} = 3,650$$

- Kadar Amilosa = $\frac{C \times V \times FP}{Ws \text{ (mg)}} \times 100$

$$\text{Kadar Amilosa} = \frac{3,650 \times 0,05 \times \frac{50}{2}}{500} \times 100$$

$$\text{Kadar Amilosa} = 0,91\%$$

Lampiran 26. Perhitungan Analisis Lanjut Kadar Protein

$$\text{Kadar Nitrogen (\%)} = \frac{(Vb - Vs) \times N \text{ NaOH} \times FP \times BE \text{ Nitrogen}}{\text{Bobot Sampel(g)} \times 1000} \times 100$$

$$\text{Kadar Protein} = \text{Kadar Nitrogen(\%)} \times FK$$

Diketahui :

- Vb = 25,80 ml
- N NaOH = 0,0973
- BE Nitrogen = 14,008
- FP = 100/10
- FK = 6,25 (sorgum)
- Bobot Sampel = 2,000 gram
- Vs = 23,20 ml

Ditanyakan : % Kadar Protein?

Jawab :

$$\begin{aligned}\text{Kadar Nitrogen} &= \frac{(V_b - V_s) \times N \text{ NaOH} \times FP \times BE \text{ Nitrogen}}{\text{Bobot Sampel(g)} \times 1000} \times 100 \\ &= \frac{(25,80 - 23,20) \times 0,0973 \times 10 \times 14,008}{2,000 \times 1000} \times 100 \\ &= 1,77 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Protein} &= \text{Kadar Nitrogen (\%)} \times FK \\ &= 1,77 \times 6,25 \\ &= 11,06 \%\end{aligned}$$

Lampiran 27. Perhitungan Analisis Lanjut Kadar Lemak

$$\text{Kadar lemak (\%)} = \frac{(W_1 - W_0)}{W \text{ Sampel}} \times 100$$

Diketahui :

- W_0 = 126,792 gram
- W_1 = 126,953 gram
- $W \text{ Sampel}$ = 5,005 gram

Ditanyakan : % Kadar Lemak?

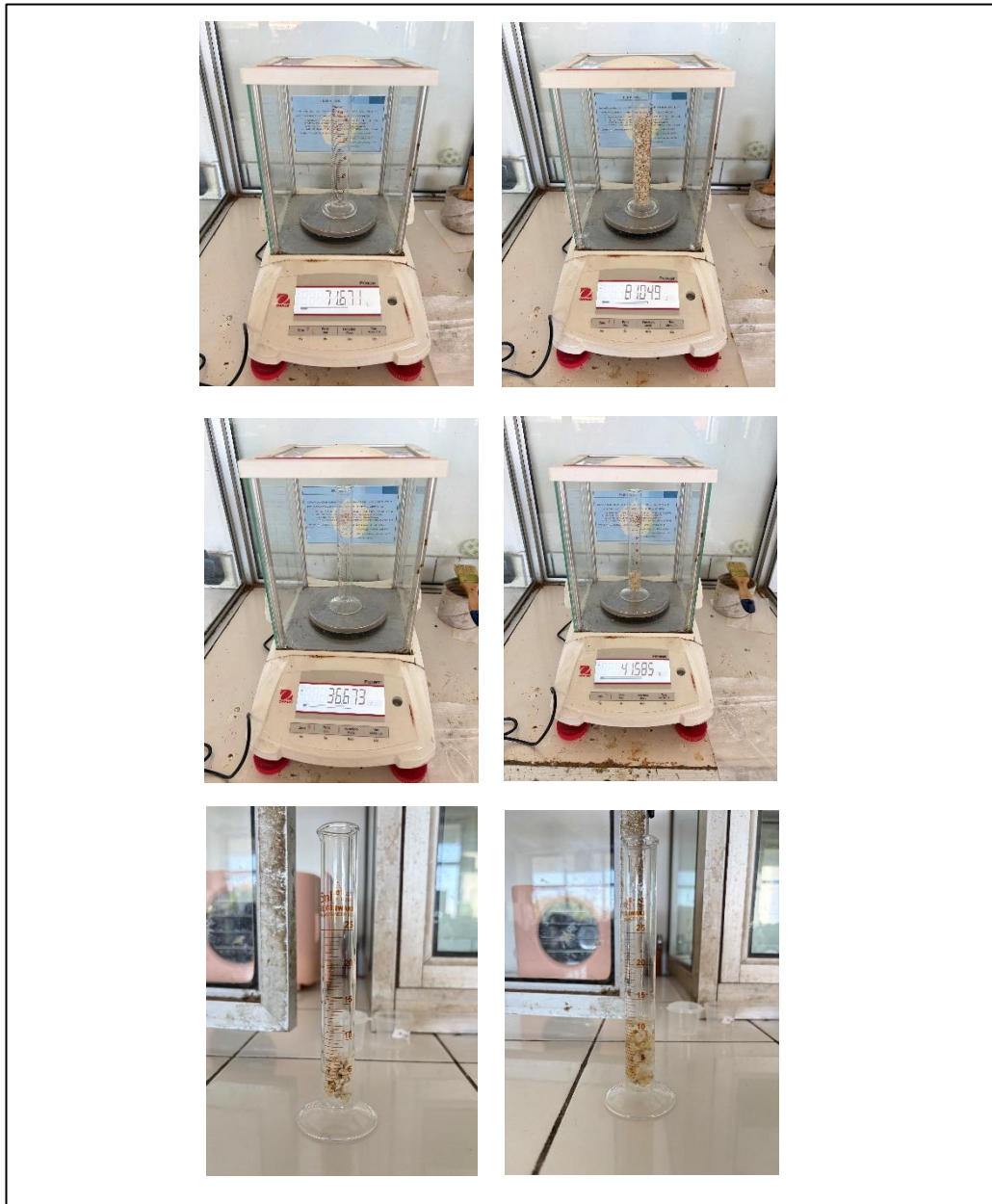
Jawab :

$$\begin{aligned}\text{Kadar lemak (\%)} &= \frac{(W_1 - W_0)}{W \text{ Sampel}} \times 100 \\ &= \frac{(126,953 - 126,792)}{5,005} \times 100 \\ &= 3,22\%\end{aligned}$$

Lampiran 28. Dokumentasi Pembuatan Larutan Natrium Sitrat dan Nasi Sorgum Instan



Lampiran 29. Hasil Pembuatan Nasi Sorgum Instan

Lampiran 30. Dokumentasi Pengujian Fisik Pada Nasi Sorgum Instan

Lampiran 31. Dokumentasi Pengujian Kimia Pada Nasi Sorgum Instan

Lampiran 32. Dokumentasi Uji Organoleptik Mutu Hedonik