

**PENGARUH PERBANDINGAN TAPIOKA DAN TEPUNG UBI
JALAR KUNING (*Ipomea batatas L.*) TERMODIFIKASI
ANNEALING TERHADAP KARAKTERISTIK BOBA**

TUGAS AKHIR

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

**Oleh
FATHIMA ZAHRA
NPM: 183020116**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH PERBANDINGAN TAPIOKA DAN TEPUNG UBI JALAR KUNING (*Ipomea batatas L.*) TERMODIFIKASI *ANNEALING* TERHADAP KARAKTERISTIK BOBA

Oleh
Fathima Zahra
NPM: 183020116
(Program Studi Teknologi Pangan)

Industri minuman kekinian di Indonesia mengalami perkembangan pesat, salah satunya minuman boba yang memiliki pasar terbesar di Asia Tenggara. Boba umumnya dibuat dari tapioka, namun karakteristiknya cenderung kasar, hambar, dan tinggi kalori. Oleh karena itu, diperlukan substitusi bahan lain yang dapat memperbaiki tekstur sekaligus memberikan nilai gizi lebih, salah satunya tepung ubi jalar kuning yang kaya pigmen alami, serat, serta memiliki indeks glikemik rendah. Keterbatasan sifat fungsional tepung ubi jalar dapat diperbaiki melalui modifikasi *annealing* yang mampu meningkatkan kestabilan pati.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* terhadap karakteristik fisik dan organoleptik boba. Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu, penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan meliputi analisis kadar air metode gravimetri dan *swelling power* metode Leach terhadap tapioka, tepung ubi jalar kuning, dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* serta pembuatan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*. Penelitian utama menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari satu faktor, yaitu perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* yang terdiri dari tujuh taraf yaitu, t_1 (0:1), t_2 (1:3), t_3 (1:2), t_4 (1:1), t_5 (2:1), t_6 (3:1), dan t_7 (1:0). Setiap perlakuan diulang empat kali sehingga diperoleh 28 satuan percobaan. Respon yang diamati dalam penelitian ini adalah analisis fisik yang meliputi volume pengembangan dan daya serap air dan analisis organoleptik yang meliputi atribut warna, aroma, dan tekstur. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap karakteristik fisik (volume pengembangan dan daya serap air) dan karakteristik organoleptik (warna, aroma, dan tekstur).

Kata kunci: Boba, Tapioka, Tepung ubi jalar kuning, Modifikasi *Annealing*, Karakteristik Fisik dan Organoleptik

ABSTRACT

Effect of Tapioca and Annealing-Modified Yellow Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Flour Ratios on Boba Characteristics

By

Fathima Zahra

NPM: 183020116

(Department of Food Technology)

The beverage industry in Indonesia has experienced rapid growth in recent years, particularly in the popularity of trendy drinks such as boba, which holds the largest market share in Southeast Asia. Traditionally, boba is made from tapioca; however, it tends to have a coarse texture, bland flavor, and high caloric content. Therefore, alternative ingredients are needed to enhance its texture and nutritional value. One such alternative is yellow sweet potato flour, which is rich in natural pigments, dietary fiber, and has a low glycemic index. The functional properties of sweet potato flour can be further improved through annealing modification, a process that enhances starch stability.

This study aimed to determine the effect of varying ratios of tapioca and annealing-modified yellow sweet potato flour on the physical and organoleptic properties of boba. The study conducted in two stages: preliminary research and the main experiment. The preliminary research included moisture content analysis using the gravimetric method and swelling power analysis using the Leach method on tapioca, yellow sweet potato flour, and annealing-modified yellow sweet potato flour, as well as the preparation of annealing-modified yellow sweet potato flour. The main experiment employed a Randomized Complete Block Design (RCBD) with one factor, namely the ratio of tapioca to annealing-modified yellow sweet potato flour, consisting of seven levels: t_1 (0:1), t_2 (1:3), t_3 (1:2), t_4 (1:1), t_5 (2:1), t_6 (3:1), and t_7 (1:0). Each treatment was repeated four times, resulting in 28 experimental units. The measured responses included physical characteristics, such as swelling volume and water absorption capacity, as well as organoleptic attributes including color, aroma, and texture. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 5% significance level. The results showed that the ratio of tapioca to annealing-modified yellow sweet potato flour significantly affected both the physical and organoleptic properties of boba.

Keywords: *Boba, Tapioca, Yellow sweet potato flour, Annealing Modification, Physical and Organoleptik Properties*

**PENGARUH PERBANDINGAN TAPIOKA DAN TEPUNG UBI
JALAR KUNING (*Ipomea batatas L.*) TERMODIFIKASI
ANNEALING TERHADAP KARAKTERISTIK BOBA**

Oleh
Fathima Zahra
NPM: 183020116
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Menyetujui,
Tim Pembimbing
24 September 2025

Ketua



(Ir. Sumartini, M.P)

**PENGARUH PERBANDINGAN TAPIOKA DAN TEPUNG UBI
JALAR KUNING (*Ipomea batatas L.*) TERMODIFIKASI
ANNEALING TERHADAP KARAKTERISTIK BOBA**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

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

Oleh
Fathima Zahra
NPM: 183020116
(Program Studi Teknologi Pangan)

Menyetujui,

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



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

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

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

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

Zahra, F., & Sumartini. (2025). *Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning (Ipomea batatas L.) Termodifikasi Annealing terhadap Karakteristik Boba*, Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

Dan dalam bahasa Inggris sebagai berikut:

Zahra, F., & Sumartini. (2025). *Effect of Tapioca and Annealing-Modified Yellow Sweet Potato (Ipomoea batatas L.) Flour Ratios on Boba Characteristics*, Undergraduate Thesis, Universitas Pasundan.

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

Dipersembahkan kepada orang tua, adik, keluarga, serta teman-temanku tercinta yang senantiasa mendukung lahir dan batin

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dimudahkan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning (*Ipomea batatas L.*) Termodifikasi *Annealing* terhadap Karakteristik Boba”**. Tidak lupa shalawat serta salam semoga tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad ﷺ.

Tujuan penyusunan laporan ini merupakan syarat dalam melaksanakan Sidang Tugas Akhir yang sedang penulis jalani di Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan Bandung. Disusun oleh penulis berdasarkan studi literatur dan saran dari pembimbing akademik.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik secara moril maupun materil. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Sumartini, M. P., selaku dosen pembimbing utama sekaligus dosen wali atas kesediaannya meluangkan waktu dan kesabaran dalam membimbing, serta memberikan motivasi, ilmu, arahan, dan masukan yang sangat berharga bagi penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Jaka Rukmana, S.T., M.T., selaku dosen penguji I yang telah meluangkan waktu, memberikan ilmu, serta saran konstruktif yang menjadi masukan berharga dalam penyempurnaan skripsi ini.
3. Ir. Yusep Ikrawan, M.Sc., Ph.D., selaku dosen penguji II yang telah memberikan waktu, arahan, ilmu, serta evaluasi yang sangat membantu dalam memperbaiki kekurangan selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Zacky Benyamin dan Ibu Yuyun Yuniarti selaku orang tua yang selalu menjadi sumber kekuatan, memberikan cinta, kasih sayang,

pengertian, serta dukungan dalam diam sehingga setiap doa dan harapan yang dipanjatkan menjadi penguat bagi penulis dalam menyelesaikan perjalanan ini.

5. Irfan Benjamin dan Aziza Az Zahra selaku adik-adik yang dengan cara yang mungkin tak selalu terlihat, telah memberikan semangat, pengertian, dan keceriaan yang menjadi penguat serta penyemangat kecil bagi penulis.
6. Salwa Anjaliana yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan doa yang tak pernah putus, serta kesabaran dan pengertian yang membuat penulis mampu bertahan dan menyelesaikan proses ini dengan sebaik-baiknya.
7. Ilma Nabila Salma, Erike Putri Latifah Rabania, Mentari Putri Irawan, Pratiwi Maulana, Zahra Yunnisa Al Habsyi, Isti Nabila Hasna, Dutari Julia Sudrajat, Salsabila Danila Putri, Isti Fifit Zarokhmah, Umi Nur Hidayah, dan Jihan Aulia Firenda yang selalu hadir dalam suka dan duka dan menjadi tempat berbagi obrolan ringan, keluh kesah, canda tawa, dan semangat sehingga menguatkan penulis di saat-saat sulit dalam proses penulisan skripsi.
8. SEVENTEEN, sebagai salah satu sumber semangat selama proses penulisan skripsi ini, turut memberikan kontribusi dalam menjaga motivasi penulis melalui karya-karya musik yang inspiratif dan penuh energi positif.
9. Semua pihak terkait yang telah membantu dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga berbagai dukungan dan bantuan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Besar harapan laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya bagi semua pihak yang membaca umumnya dalam bidang Teknologi Pangan. Terima kasih.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PERUNTUKAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Kerangka Pemikiran	3
1.6 Hipotesis Penelitian.....	6
1.7 Waktu dan Tempat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Boba.....	7
2.2 Tapioka	8
2.3 Ubi Jalar	9
2.4 Tepung Ubi Jalar	12
2.5 Modifikasi Fisik	14
2.5.1 <i>Annealing</i>	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Bahan dan Alat Penelitian	18
3.1.1 Bahan Penelitian	18
3.1.2 Alat Penelitian.....	18
3.2 Metode Penelitian.....	18
3.2.1 Penelitian Pendahuluan.....	18
3.2.2 Penelitian Utama.....	18
3.2.3 Rancangan Perlakuan.....	19
3.2.4 Rancangan Percobaan	19
3.2.5 Rancangan Analisis.....	21
3.2.6 Rancangan Respon.....	22
3.3 Prosedur Penelitian.....	22
3.3.1 Deskripsi Penelitian Pendahuluan	22
3.3.2 Deskripsi Penelitian Utama	24
3.4 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan	28
4.1.1 Analisis Bahan Baku.....	28
4.1.1.1 Kadar Air.....	28
4.1.1.2 <i>Swelling Power</i>	29
4.1.2 Pembuatan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i>	31
4.2 Hasil Penelitian Utama	35
4.2.1 Analisis Fisik	35
4.2.1.1 Volume Pengembangan	35
4.2.1.2 Daya Serap Air.....	37
4.2.2 Analisis Organoleptik	38
4.2.2.1 Warna	38
4.2.2.2 Aroma.....	41
4.2.2.3 Tekstur	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Ulangan Percobaan.....	55
Lampiran 2. Analisis Kadar Air Metode Gravimetri (AOAC, 2010)	56
Lampiran 3. Analisis Swelling Power Metode Leach <i>et al.</i> (1965).....	56
Lampiran 4. Analisis Volume Pengembangan Metode Yuwono & Susanto (1998)	57
Lampiran 5. Daya Serap Air (Mahardika <i>et al.</i> , 2021)	57
Lampiran 6. Formulir Uji Organoleptik.....	58
Lampiran 7. Perhitunngan Kebutuhan dan Anggaran Penelitian.....	59
Lampiran 8. Data Kadar Air Analisis Bahan Baku.....	62
Lampiran 9. Data <i>Swelling Power</i> Analisis Bahan Baku.....	62
Lampiran 10. Data Analisis Volume Pengembangan	63
Lampiran 11. Data Analisis Daya Serap Air.....	68
Lampiran 12. Data Organoleptik Atribut Warna	73
Lampiran 13. Data Organoleptik Atribut Aroma	81
Lampiran 14. Data Organoleptik Atribut Tekstur.....	89
Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian.....	97

DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI

Gambar 1. Boba	7
Gambar 2. Tepung Ubi Jalar Kuning	12
Gambar 3. Diagram Alir Analisis Bahan Baku.....	23
Gambar 4. Diagram Alir Pembuatan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i>	23
Gambar 5. Diagram Alir Pembuatan Boba	25
Gambar 6. Pertumbuhan Jamur pada Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> (percobaan pertama)	32
Gambar 7. Pertumbuhan Jamur pada Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> (percobaan kedua).....	34
Gambar 8. Analisis Bahan Baku	97
Gambar 9. Pembuatan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi Metode <i>Annealing</i>	98
Gambar 10. Pengeringan dan Pengayakan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i>	99
Gambar 11. Proses Pembuatan Boba	100
Gambar 12. Boba dengan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i>	101
Gambar 13. Analisis Fisik dan Organoleptik boba	102

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Kimia Boba per 100 g (bahan kering)	8
Tabel 2. Komposisi Kimia Tapioka	9
Tabel 3. Komposisi Beta Karoten Berdasarkan Warna Daging Ubi.....	10
Tabel 4. Kandungan Gizi Ubi Jalar Segar per 100 gram Bahan	11
Tabel 5. Komposisi Kimia Tepung Ubi Jalar dari Beberapa Varietas Ubi Jalar ..	12
Tabel 6. Syarat Mutu Fisik dan Kimia Tepung Ubi Jalar	13
Tabel 7. Komposisi Kimia Tepung Ubi Jalar Kuning	13
Tabel 8. Kelebihan dan Kekurangan Modifikasi Fisik, Kimia, dan Enzimatis	15
Tabel 9. Pola Rancangan Acak Kelompok (RAK)	20
Tabel 10. Layout Rancangan Acak Kelompok (RAK)	20
Tabel 11. Analisis Variansi (ANOVA).....	21
Tabel 12. Skala Penilaian Uji Hedonik	22
Tabel 13. Formulasi Boba dengan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i>	26
Tabel 14. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	27
Tabel 15. Kadar Air Bahan Baku	28
Tabel 16. <i>Swelling Power</i> Bahan Baku.....	29
Tabel 17. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Volume Pengembangan (%) Boba	35
Tabel 18. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Daya Serap Air (%) Boba	37
Tabel 19. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Uji Organoleptik Boba Atribut Warna.....	39
Tabel 20. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Uji Organoleptik Boba Atribut Aroma	41
Tabel 21. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Uji Organoleptik Boba Atribut Tekstur	43
Tabel 22. Kebutuhan Sampel Analisis Penelitian Pendahuluan	59
Tabel 23. Kebutuhan Sampel Analisis Penelitian Utama	59
Tabel 24. Kebutuhan Tapioka Pada Pembuatan Boba	59
Tabel 25. Kebutuhan Tepung Ubi Jalar pada Pembuatan Boba.....	60
Tabel 26. Kebutuhan Gula dan Air pada Pembuatan Boba	60
Tabel 27. Total Biaya Analisis Penelitian Pendahuluan	60
Tabel 28. Total Biaya Analisis Penelitian Utama	60
Tabel 29. Rincian Anggaran Biaya Penelitian	61
Tabel 30. Rata-rata Data Kadar Air Analisis Bahan Baku.....	62
Tabel 31. Rata-rata Data <i>Swelling Power</i> Analisis Bahan Baku	62
Tabel 32. Data Analisis Volume Pengembangan Ulangan 1	63
Tabel 33. Data Analisis Volume Pengembangan Ulangan 2	63

Tabel 34. Data Analisis Volume Pengembangan Ulangan 3	63
Tabel 35. Data Analisis Volume Pengembangan Ulangan 4	64
Tabel 36. Rata-rata Data Volume Pengembangan Boba.....	64
Tabel 37. Analisis Variansi (ANOVA) Volume Pengembangan Boba	65
Tabel 38. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Volume Pengembangan Boba	66
Tabel 39. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Volume Pengembangan Boba	67
Tabel 40. Data Analisis Daya Serap Air Ulangan 1.....	68
Tabel 41. Data Analisis Daya Serap Air Ulangan 2.....	68
Tabel 42. Data Analisis Daya Serap Air Ulangan 3.....	68
Tabel 43. Data Analisis Daya Serap Air Ulangan 4.....	69
Tabel 44. Rata-rata Data Daya Serap Air Boba	69
Tabel 45. Analisis Variansi (ANOVA) Daya Serap Air Boba.....	70
Tabel 46. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Daya Serap Air Boba.....	71
Tabel 47. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Daya Serap Air Boba.....	72
Tabel 48. Data Organoleptik Atribut Warna Ulangan 1	73
Tabel 49. Data Organoleptik Atribut Warna Ulangan 2	74
Tabel 50. Data Organoleptik Atribut Warna Ulangan 3	75
Tabel 51. Data Organoleptik Atribut Warna Ulangan 4	76
Tabel 52. Data Asli & Data Transformasi Organoleptik Atribut Warna Boba.....	77
Tabel 53. Analisis Variansi (ANOVA) Organoleptik Atribut Warna Boba	78
Tabel 54. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Organoleptik Atribut Warna Boba	79
Tabel 55. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Organoleptik Atribut Warna Boba	80
Tabel 56. Data Organoleptik Atribut Aroma Ulangan 1.....	81
Tabel 57. Data Organoleptik Atribut Aroma Ulangan 2.....	82
Tabel 58. Data Organoleptik Atribut Aroma Ulangan 3.....	83
Tabel 59. Data Organoleptik Atribut Aroma Ulangan 4.....	84
Tabel 60. Data Asli & Data Transformasi Organoleptik Atribut Aroma Boba	85
Tabel 61. Analisis Variansi (ANOVA) Organoleptik Atribut Aroma Boba.....	86
Tabel 62. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Organoleptik Atribut Aroma Boba	87
Tabel 63. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Organoleptik Atribut Aroma Boba	88
Tabel 64. Data Organoleptik Atribut Tekstur Ulangan 1.....	89
Tabel 65. Data Organoleptik Atribut Tekstur Ulangan 2.....	90
Tabel 66. Data Organoleptik Atribut Tekstur Ulangan 3.....	91
Tabel 67. Data Organoleptik Atribut Tekstur Ulangan 4.....	92
Tabel 68. Data Asli & Data Transformasi Organoleptik Atribut Tekstur Boba ...	93
Tabel 69. Analisis Variansi (ANOVA) Organoleptik Atribut Tekstur Boba	94

Tabel 70. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Organoleptik Atribut Tekstur Boba	95
Tabel 71. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> terhadap Organoleptik Atribut Tekstur Boba	96

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
ANN	<i>Annealing</i>	14
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>	37
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>	69
DMRT	<i>Duncan Multiple Range Test</i>	2
HMT	<i>Heat Moisture Treatment</i>	20
IG	Indeks Glikemik	24
IU	<i>International Unit</i>	26
LSR	<i>Least Square Regression</i>	81
pH	<i>potential of hydrogen</i>	46
PUSDATIN	Pusat Data dan Teknologi Informasi	17
RAK	Rancangan Acak Kelompok	2
RDS	<i>Resistent Digestible Starch</i>	17
RS	<i>Resistent Starch</i>	17
SDS	<i>Slowly Digestible Starch</i>	17
SNI	Standar Nasional Indonesia	43
SSR	<i>Sum of Squares for Regression</i>	81
SY	<i>Standard deviation of Y</i>	65
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>	23
WIB	Waktu Indonesia Barat	45
LAMBANG		
r	Jari-jari lingkaran	56
tn	Tidak berpengaruh nyata	64
μm	Mikrometer	24
>	Lebih besari dari	36
$\approx$	Kira-kira/hampir sama	68
μm	Mikrometer	24
π	Konstanta pi ($\approx 3,14$ atau $22/7$)	56
2	Pangkat dua (kuadrat)	64
3	Pangkat tiga (kubik)	56
$\sqrt{\quad}$	Akar kuadrat	65
Σ	Jumlah total (sigma notasi)	64
$\leq$	Kurang dari atau sama dengan	36
>	Lebih besari dari	36
$\approx$	Kira-kira/hampir sama	68
*	Berpengaruh nyata	64
$^{\circ}\text{C}$	Derajat Celsius	24

BAB I PENDAHULUAN

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

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, industri minuman di Indonesia mengalami perkembangan pesat yang didominasi oleh minuman kekinian. Minuman boba merupakan salah satu minuman kekinian yang memiliki peningkatan popularitas yang begitu cepat. Indonesia menjadi negara dengan pasar minuman boba terbesar di Asia Tenggara dengan nilai pasar mencapai dua puluh empat triliun rupiah. Nilai pasar tersebut mencakup 43,7% dari total pasar boba di Asia Tenggara (Pahlevi, 2021).

Minuman boba asalnya dibuat dengan dengan teh hitam, boba, susu kental manis, dan madu (Bulathgama *et al.*, 2020). Komponen utama minuman ini adalah boba yang terbuat dari tapioka dan bertekstur kenyal setelah dimasak (Kaur *et al.*, 2022). Tapioka sebagai bahan dasar boba tidak memiliki rasa atau netral, sedangkan rasa manis boba berasal dari gula. Cita rasanya yang khas dan teksturnya yang kenyal menjadi daya tarik boba sebagai pугasan yang paling diminati (Juliana *et al.*, 2022).

Namun, boba berbahan dasar tapioka cenderung bertekstur agak kasar akibat karakteristik pati penyusunnya, yaitu amilosa dan amilopektin, yang membentuk struktur produk yang kompak, keras, dan padat serta memiliki warna yang kurang menarik dan rasa yang hambar (Diniyah *et al.*, 2025). Selain itu, data nutrisi menunjukkan bahwa minuman dengan pугasan boba mengandung kalori paling tinggi diantara pугasan lainnya seperti *jelly*, *egg pudding*, atau kombinasinya. Minuman boba dengan pугasan boba mengandung gula 38 g dan kalori 299 kcal (Min *et al.*, 2016). Oleh karena itu, dibutuhkan upaya untuk memperbaiki karakteristik boba dengan mengganti sebagian bahan dasarnya dengan bahan yang dapat memperbaiki tekstur dan memiliki rasa dan pigmen alami. Salah satu bahan yang berpotensi adalah tepung ubi jalar (Diniyah *et al.*, 2025).

Data PUSDATIN (2023b), mencatat produksi ubi jalar pada tahun 2022 mencapai 1,5 juta ton dari luas panen 69,974 ha dengan rata-rata konsumsi 3,4 kg per kapita. Hal tersebut didukung dengan pertumbuhan konsumsi ubi jalar pada tahun 2022 hingga 2023 mengalami peningkatan sebesar 3,27% (PUSDATIN, 2023a). Ubi jalar mengandung makronutrien seperti pati, serat pangan, dan protein, dan berbagai macam mikronutrien, termasuk mineral (mangan, tembaga, kalium, dan zat besi), vitamin (terutama B kompleks, C, dan E), dan provitamin A (sebagai karotenoid), antosianin dan flavonoid (Laveriano-santos *et al.*, 2022). Ubi jalar juga dilaporkan memiliki indeks glikemik yang rendah (<55) (Giri & Sakhale, 2019).

Ubi jalar memiliki kadar air yang cukup tinggi, sekitar 60-70% sehingga berisiko cepat rusak jika tidak segera diolah. Salah satu cara untuk memperpanjang umur simpannya adalah dengan mengolahnya menjadi tepung. Namun, tepung ubi jalar memiliki beberapa keterbatasan pada sifat fungsionalnya, seperti pembentukan gel yang tidak merata, kelarutan rendah, daya serap air yang rendah, mudah mengalami retrogradasi, dan pengembangan yang terbatas selama proses pemanasan. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi untuk memperoleh tepung dengan karakteristik yang baik (Putri *et al.*, 2025).

Untuk mendapatkan sifat fisik, kimia, dan fungsional yang lebih baik maka perlu dilakukan modifikasi. Modifikasi dapat menghasilkan sifat fungsional yang dihendaki sehingga memiliki aplikasi khusus dalam berbagai industri terutama pangan. Beberapa karakteristik dapat diubah melalui modifikasi, seperti gelatinisasi, *swelling*, kelarutan, profil pasta, dan retrogradasi. Modifikasi dilakukan dengan berbagai metode diantaranya kimia, fisik, dan enzimatis (Maniglia *et al.*, 2020).

Modifikasi fisik telah diterima secara luas dimana salah satu metode yang paling umum digunakan adalah *annealing* (Fonseca *et al.*, 2021). *Annealing* adalah perlakuan hidrotermal pada pati dengan air berlebih dalam jangka waktu yang lama pada suhu diatas suhu transisi gelas tetapi dibawah suhu gelatinisasi pati. *Annealing* mengubah sifat fisik dan kimia pati dengan meningkatkan kesempurnaan kristalin dan mendorong interaksi antar rantai molekul. Proses ini menyebabkan terjadinya

penataan ulang struktur molekul, termasuk heliks ganda amilopektin sehingga menghasilkan struktur pati yang lebih teratur dan stabil (Zavareze & Dias, 2011).

Tepung termodifikasi *annealing* memiliki keunggulan berupa peningkatan suhu gelatinisasi dan kestabilan terhadap panas, sehingga sifat kimia dan fisik pati dalam tepung ubi jalar menjadi lebih optimal dan dimaksimalkan sebagai bahan baku untuk berbagai produk olahan pangan (Sunyoto *et al.*, 2017).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, masalah yang dapat diidentifikasi adalah apakah tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap karakteristik boba?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengamati sejauh mana perubahan perbandingan antara tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* terhadap karakteristik fisik dan sensori boba yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* terhadap karakteristik boba.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan penulis dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Mendorong pemanfaatan tepung ubi jalar kuning sebagai bahan pangan fungsional dan meningkatkan nilai ekonominya.
2. Memberikan kontribusi dalam pengembangan modifikasi pati (*annealing*) untuk meningkatkan kualitas pangan berbasis lokal.
3. Menjadi referensi dalam pengembangan formulasi campuran tapioka dan tepung ubi jalar kuning untuk pembuatan boba.

1.5 Kerangka Pemikiran

Bubble pearl pada umumnya terbuat dari tapioka sebagai bahan baku utama karena tapioka memberikan tekstur yang kenyal dan lengket. Bahan dasar umum

pembuatannya terdiri dari air, tapioka, pewarna makanan, dan gula. *Bubble pearl* dengan bahan dasar tapioka mengandung kadar air 8,79%, protein 0,55%, lemak 0,345%, kadar abu 0,32%, serat kasar 0,10%, dan karbohidrat 89,62%. Komposisi tersebut menunjukkan bahwa *bubble pearl* dalam minuman boba rendah gizi sehingga perlu dilakukan peningkatan karakteristik fungsional dengan memanfaatkan komoditas lokal (Rusdianto *et al.*, 2024).

Kaur *et al.* (2022), menyatakan boba tapioka tidak hanya meningkatkan kalori dalam *bubble tea*, tetapi pati tapioka juga diduga memiliki indeks glikemik yang tinggi.

Tekstur boba merupakan salah satu aspek penting dalam minuman bubble tea karena menjadi karakteristik utamanya. Tekstur yang ideal ditandai dengan sifat kenyal dan elastis saat dikunyah, namun tetap lembut dan tidak sulit dikunyah. Tekstur yang terlalu keras atau terlalu lembek dapat memengaruhi kualitas produk (Ode *et al.*, 2023).

Perpaduan jenis pati dan interaksi antar bahan berperan besar dalam menentukan tekstur dan sifat pemasakan makanan. Oleh sebab itu, pengetahuan mengenai interaksi bahan diperlukan untuk mengembangkan proses yang sesuai atau memprediksi perubahan tekstur akibat perbedaan komposisi (Imanningsih, 2012).

Perbaikan karakteristik boba dapat dilakukan melalui formulasi campuran tepung ubi jalar madu dan tapioka, yang berpotensi menghasilkan boba dengan tingkat kesukaan konsumen yang tinggi dan bermanfaat bagi kesehatan (Diniyah *et al.*, 2025).

Ubi jalar kuning memiliki potensi yang inovatif sebagai bahan utama dalam pembuatan minuman kekinian seperti boba (Pujiastuti *et al.*, 2024).

Pengolahan ubi jalar menjadi tepung ubi jalar dalam produk pangan dapat menambah warna, rasa manis, dan berfungsi sebagai sumber zat gizi. Pati ubi jalar memiliki sifat fisik dan kimia yang kurang baik sehingga perlu dilakukan modifikasi (Histifarina *et al.*, 2023).

Modifikasi dilakukan agar memudahkan aplikasinya dalam industri pangan seperti, proses yang lebih stabil, tekstur yang lebih baik, mempunyai sifat-sifat fungsional

yang tidak dimiliki oleh pati yang tidak dimodifikasi dan sifatnya konsisten sehingga prosesnya dapat diatur (Patria *et al.*, 2013).

Sifat fungsional menggambarkan bagaimana suatu bahan berperilaku selama proses pengolahan dan pemasakan, serta pengaruhnya terhadap tampilan, rasa, dan aroma dari produk akhir. Sifat fungsional umumnya dipengaruhi oleh karakteristik organoleptik, fisik, dan kimia (Awuchi *et al.*, 2019).

Swelling power merupakan kemampuan tepung untuk mengembang. Faktor-faktor yang memengaruhi diantaranya adalah perbandingan amilosa-amilopektin, panjang rantai, dan distribusi berat molekul. Amilosa yang terkandung berpengaruh terhadap daya pengembangan, dan sifat gelatinisasi (Hidayati, 2013).

Modifikasi *annealing* pada tepung ubi jalar oranye varietas Beta 2 memperoleh perlakuan terbaik dengan kombinasi suhu 50°C dan lama perendaman 16 jam menghasilkan kadar air 6,89% dan *swelling power* 3,52 g/g (Kautsary, 2014).

Pati ubi jalar hasil modifikasi *annealing* memiliki *swelling power* yang tidak berbeda secara signifikan dengan pati asli, sedangkan *swelling power* pada pati ubi jalar hasil modifikasi HMT lebih rendah secara signifikan (Trung *et al.*, 2017)

Annealing menyebabkan reorganisasi molekul pati sehingga mengakibatkan berkurangnya *swelling power* dan kelarutan. Pengurangan volume gel ini mendorong peningkatan kekerasan gel (Chung *et al.*, 2000 dalam Zavareze *et al.*, 2011)

Modifikasi *annealing* pada mocaf pada suhu 27°C, 40°C, dan 50°C selama 0 jam, 8 jam, dan 16 jam menunjukkan penurunan nilai daya serap air seiring dengan peningkatan suhu dan waktu *annealing*. Penurunan nilai daya serap air dikarenakan selama *annealing*, ikatan hidrogen terputus sehingga daya serap air menurun (Kusweni *et al.*, 2024).

Pembuatan pure kering ubi jalar sebagai sediaan pangan darurat dengan perlakuan *annealing* 50°C selama 4 jam, meningkatkan kesukaan panelis terhadap warna. Kesukaan panelis terhadap warna dapat dipengaruhi oleh kecerahan pure kering ubi jalar setelah rehidrasi (Sunyoto *et al.*, 2017).

Minuman susu berfermentasi dengan penambahan pati ubi jalar 7 % dan 10,5% yang termodifikasi *annealing* in situ pada suhu 56°C selama 72 jam menghasilkan analisis sensori warna dengan nilai rata-rata yang menunjukkan bahwa panelis secara umum menyukai kedua formulasi tersebut, sedangkan untuk atribut aroma, nilai rata-rata yang diperoleh mendekati 6, yang menunjukkan bahwa panelis agak menyukai kedua formulasi minuman susu fermentasi (Oliveira *et al.*, 2024).

Rasio tepung ubi jalar madu dan tapioka memengaruhi sifat fisik yaitu diameter pada boba mentah dan matang serta sensoris boba yang meliputi warna dan aroma. Formulasi tepung ubi jalar madu dan tapioka dengan perbandingan 90:10 menghasilkan karakteristik boba terbaik, dengan diameter boba mentah 0,92 cm, diameter boba matang 1,15 cm, *hardness* sebesar 60,94 gf, serta uji sensoris menunjukkan tingkat kesukaan terhadap warna (4,10) dan aroma (4,05) (Diniyah *et al.*, 2025).

Volume pengembangan merujuk pada peningkatan volume boba selama proses perendaman, yang ditunjukkan melalui perubahan ukuran dan bentuk dibandingkan dengan kondisi sebelum dicampurkan ke dalam minuman (Adhiwono *et al.*, 2024).

Pembuatan boba dengan substitusi tepung ubi ungu dan sari kacang merah menunjukkan volume pengembangan pada boba kontrol dan boba dengan penambahan tepung 15 dan 20 gram tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, namun terjadi peningkatan yang signifikan pada penambahan 25 gram (Purnomo, 2021).

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang didukung oleh kerangka pemikiran, diduga bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap karakteristik boba.

1.7 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2025 hingga Agustus 2025 di Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jalan Dr. Setiabudi No. 193, Bandung.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai: (2.1) Boba, (2.2) Tapioka, dan (2.3) Ubi Jalar, (2.4) Tepung Ubi Jalar, (2.5) Modifikasi Fisik, dan (2.5.1) *Annealing*

2.1 Boba

Boba *milk tea* berasal dari Taiwan pada tahun 1980-an, menjadi populer di Asia pada tahun 1990-an, dan semakin populer di seluruh dunia sejak tahun 2000. Bahan utamanya biasa disebut boba atau *pearl*. Boba terbuat dari tapioka yang direbus hingga menjadi bola yang kenyal kemudian ditambahkan pada minuman panas atau dingin seperti teh, kopi, *smoothie*, *slushies* (Min *et al.*, 2016).



Gambar 1. Boba
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)

Boba yang dimasak memiliki konsistensi seperti permen lunak (lunak dan kenyal) dengan tekstur yang sangat elastis dan tampilan yang bening dan mengilap. Boba yang dimasak memiliki diameter 6–8 mm berukuran seperti mutiara atau kelereng kecil (Fu *et al.*, 2005). Prinsip pembentukan boba adalah gelatinisasi dengan mekanisme tingginya suhu pada air menyebabkan granula pati membengkak. Proses gelatinisasi yang efisien akan meningkatkan viskositas dan kemampuan pembentukan gel (Yang *et al.*, 2025).

Gelatinisasi terjadi saat pati bercampur dengan air panas maka energi kinetik dari air akan melemah dan memutuskan ikatan hidrogen antar molekul amilosa atau amilopektin sehingga kekompakan kristal granula terganggu. Air menggantikan posisi ikatan hidrogen dengan membentuk ikatan hidrogen air-amilosa atau air-amilopektin. Ikatan hidrogen ini mengakibatkan air akan berpenetrasi kedalam. Masuknya air merusak kristalinitas amilosa dan helix sehingga granula membengkak. Dengan adanya peningkatan suhu terus menerus dan masuknya air,

maka granula pati akan pecah akibat dari pembengkakan tinggi dan amilosa berdifusi keluar granula. Granula yang mengandung amilopektin akan rusak dan terperangkap matriks amilosa membentuk gel. Faktor-faktor yang memengaruhi gelatinisasi diantaranya, sumber pati, ukuran granula pati, asam, gula, lemak, protein, enzim, suhu, dan pengadukan (Kusnandar, 2021).

Boba dapat berwarna bening atau hitam tergantung pada bahan yang digunakan (Ratasrisomboon, 2016). Boba meningkatkan visual dan memberikan perbedaan tekstur pada minuman dengan memiliki sesuatu untuk dikunyah alih-alih hanya mengonsumsi minuman. Umur simpan boba basah sekitar 10 hari pada suhu dingin, sedangkan boba kering dapat mempertahankan umur simpan hingga 2 tahun (Fu *et al.*, 2005).

Tabel 1. Komposisi Kimia Boba per 100 g (bahan kering)

Komponen	Nilai (g)
Air	10,99
Abu	0,11
Karbohidrat	88,69
Protein	0,19
Lemak	0,02

(Sumber: USDA, 2018)

2.2 Tapioka

Tapioka merupakan ekstrak pati dari singkong. Produksi tepung dan pati singkong menggunakan metode pengolahan yang berbeda. Tepung singkong dihasilkan melalui proses yang sederhana dengan melibatkan pengupasan akar singkong untuk menghilangkan kulit, pencucian, pamarutan, pengeringan, dan penggilingan menjadi bubuk halus yang mempertahankan sebagian besar komponennya seperti serat dan protein, sedangkan pati tapioka melalui proses yang cukup panjang. Setelah dikupas, umbi singkong dicuci lalu diparut untuk mendapatkan patinya. Bubur yang dihasilkan kemudian disaring beberapa kali untuk memisahkan pati dari serat dan kotoran lainnya. Pati yang dimurnikan kemudian diendapkan, dicuci, dan dikeringkan untuk mendapatkan produk akhir yang sangat halus dengan komponen non pati yang minimal (Ronie *et al.*, 2025).

Tabel 2. Komposisi Kimia Tapioka

Komponen	Kadar (%)
Air	13,71
Abu	0,18
Protein	6,98
Lemak	1,00
Karbohidrat	78,13
Pati	65,26
Amilosa % dari pati	8,06
Amilopektin % dari pati	91,94

(Sumber: Imanningsih, 2012)

Granula tapioka berbentuk oval, berukuran 5–35 μm (Kusnandar, 2021). Selain itu, tapioka mempunyai suhu gelatinisasi 52,86–71,97°C dengan suhu puncak 62,8°C dan energi entalpi 10,45 J/g (Zhao & Saldaña, 2019 dalam Chisenga *et al.*, 2019).

Indeks glikemik tapioka yang cukup tinggi yaitu sebesar 78,67 (Ogbuji & David-Chukwu, 2016). Indeks glikemik (IG) menunjukkan respon glukosa darah terhadap jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi. Nilai indeks glikemik digolongkan menjadi tiga yaitu indeks glikemik rendah dengan rentang nilai <55, sedang 55–70, dan tinggi >70 (Nurdjannah *et al.*, 2018).

Tapioka banyak digunakan sebagai bahan baku utama atau campuran pada berbagai macam produk. Selain itu, juga berfungsi sebagai bahan pengental dan pengikat. Tapioka juga meningkatkan daya tarik visual produk karena tampilan yang mengilap dan kejernihannya saat dimasak. Rasanya yang netral menjadikan bahan yang sesuai untuk dimasukkan ke dalam berbagai macam produk tanpa mengubah profil rasa secara signifikan (Ronie *et al.*, 2025).

2.3 Ubi Jalar

Ipomoea batatas (L.) Lam, yang umumnya dikenal sebagai ubi jalar yang termasuk dalam famili *Convolvulaceae*, merupakan tanaman merambat yang kaya akan pati dan memiliki rasa yang manis. Masa pertumbuhan tanaman ini pendek, yaitu 90 hingga 120 hari. Tanaman ubi jalar memiliki batang berbentuk silindris dan lunak, daun berbentuk menjari, akar sebagai tempat cadangan makanan yang panjang meruncing dan berkulit halus. Warna kulitnya berkisar antara kuning, jingga, merah, coklat, ungu, dan krem, sedangkan dagingnya bervariasi dari warna krem,

putih, merah, merah muda, ungu, kuning hingga jingga. Varietas ubi jalar dengan daging berwarna putih atau kuning pucat cenderung kurang manis dan lebih lembab dibandingkan dengan varietas yang memiliki daging berwarna merah, pink, atau oranye (Mohanraj & Sivasankar, 2013).

Kelebihan ubi jalar dibandingkan dengan umbi lainnya adalah bervariasinya warna daging umbi, yang menampakkan rasa serta kandungan senyawa bioaktifnya. Beta karoten merupakan komponen utama karotenoid pada ubi jalar, yaitu senyawa yang mengakibatkan daging umbi berwarna kuning hingga jingga. Kandungan beta karoten berpengaruh terhadap intensitas warna kuning dan jingga pada umbi. Beta karoten mempunyai aktivitas vitamin A (provitamin A) tertinggi diantara karotenoid lainnya. Manfaat beta karoten bagi kesehatan tubuh diantaranya untuk mencegah rabun senja, selaput lendir dan kornea mata kering (*xerophthalmia*), serta membantu pertumbuhan dan perkembangan (Ginting *et al.*, 2014).

Tabel 3. Komposisi Beta Karoten Berdasarkan Warna Daging Ubi

Warna daging	β -karoten ($\mu\text{g/g}$)
Kuning	117
Ungu	113
Putih	90,95

(Sumber: Kammona *et al.*, 2015)

Menurut tabel diatas, berdasarkan warna dagingnya, ubi jalar kuning mempunyai kandungan beta karoten paling tinggi dibandingkan ubi jalar ungu dan putih. Ubi jalar kuning merupakan salah satu jenis ubi jalar yang daging umbinya berwarna kuning, kuning muda atau putih kekuning-kuningan (Juanda & Cahyono, 2000). Karakteristik ubi jalar kuning yaitu memiliki bentuk yang cenderung lonjong, permukaan kulit yang tidak rata, warna daging jingga atau kuning, dan rasanya yang kurang manis (Rosidah, 2014).

Pada umumnya, ubi jalar memiliki komposisi kimia yang kaya akan karbohidrat, mineral, dan vitamin. Berdasarkan Ginting *et al* (2006), ubi jalar kuning mengandung energi, karbohidrat, kalium, fosfor, vitamin B1, dan vitamin C paling

tinggi diantara ubi jalar putih dan ubi jalar merah/oranye. Selain itu, ubi jalar juga mengandung gula yang berkisar antara 2,0–6,7%.

Tabel 4. Kandungan Gizi Ubi Jalar Segar per 100 gram Bahan

Komponen	Ubi jalar putih	Ubi jalar merah/oranye	Ubi jalar kuning
Energi (kal)	123,0	123,0	136,0
Protein (g)	1,8	1,8	1,1
Lemak (g)	0,7	0,7	0,4
Karbohidrat/pati (g)	27,9	27,9	32,3
Serat (g)	-	-	0,7
Abu (g)	-	-	1,2
Air (g)	68,5	68,5	68,5
Kalium (mg)	30,0	30,0	57,0
Fosfor (mg)	49,0	49,0	52,0
Natrium (mg)	-	-	5,0
Kalsium (g)	-	-	393,0
Niacin (mg)	-	-	0,6
Vitamin A (IU)	60,0	7.700,00	900,0
Vitamin B1 (mg)	0,9	0,9	0,1
Vitamin B2 (mg)	-	-	0,04
Vitamin C (mg)	22,0	22,0	35,0

(Sumber: Ginting *et al.*, 2006)

Salah satu faktor yang menentukan mutu ubi jalar adalah kadar bahan keringnya. Pada umumnya, ubi jalar segar memiliki kandungan bahan kering sekitar 20–30% (Lestari & Julianto, 2020). Ubi jalar varietas Jago yang berkulit putih dan berdaging kuning muda memiliki bahan kering 33,3%, varietas Kidal yang berkulit merah dan berdaging kuning tua memiliki bahan kering 31%, dan varietas Sari yang berkulit merah dan berdaging kuning tua memiliki bahan kering 28% (Widowati, 2010). Varietas Jago cocok sebagai bahan baku tepung dan pati karena kadar bahan keringnya yang tinggi, sedangkan varietas Kidal dan Sari cocok untuk konsumsi langsung karena rasanya yang enak, manis, dan bertekstur remah (Ginting *et al.*, 2014).

Tabel 5. Komposisi Kimia Tepung Ubi Jalar dari Beberapa Varietas Ubi Jalar

Komponen	Varietas Ubi Jalar		
	Kidal	Sari	Jago
Air (%)	8,00	6,47	7,55
Abu (%)	1,99	1,96	1,99
Lemak (%)	0,64	0,60	0,78
Protein (%)	0,18	0,18	0,21
Serat (%)	3,36	4,26	3,34
Pati (%)	76,68	78,55	80,15
Amilosa (%)	19,76	24,21	24,88
Amilopektin (%)	80,24	75,79	75,12

(Sumber: Richana & Widaningrum, 2009)

2.4 Tepung Ubi Jalar

Tepung ubi jalar berperan penting sebagai bahan pangan yang dapat meningkatkan status gizi dan kesehatan. Selain itu, tepung ubi jalar dapat menambah rasa manis, warna, dan aroma alami pada makanan olahan (Dereje *et al.*, 2020). Keunikan tepung ubi jalar adalah warna olahan yang beragam mengikuti warna daging umbi yang digunakan. Antosianin menyebabkan ubi jalar berwarna merah atau ungu, sedangkan senyawa karotenoid menyebabkan ubi jalar berwarna kuning atau oranye (kuning kemerahan). Semakin pekat warnanya pada ubi jalar maka semakin tinggi kadar betakarotennya (Ambarsari *et al.*, 2009).



Gambar 2. Tepung Ubi Jalar Kuning
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2023)

Tepung ubi jalar kuning merupakan tepung yang dihasilkan dari ubi jalar kuning yang telah mengalami proses pengupasan, penyawutan atau diris tipis, dan blansir

kemudian dilakukan pengeringan, penggilingan dan pengayakkan dengan mesh 80 untuk mendapatkan butiran yang halus (Putri, 2015).

Tabel 6. Syarat Mutu Fisik dan Kimia Tepung Ubi Jalar

Parameter	Persyaratan
Bentuk	Serbuk
Warna	Normal
Bau	Normal (sesuai warna umbi)
Benda asing	Tidak ada
Kehalusan (lolos ayakan 80 mesh)	Min. 90%
Kadar air (maks)	10%
Kadar abu (maks)	3%
Kadar lemak (maks)	1%
Kadar protein (min)	3%
Kadar serat kasar (min)	2%
Kadar karbohidrat (min)	85%

(Sumber: Ambarsari *et al.*, 2009)

Tepung ubi jalar merupakan sumber energi yang baik. Tepung yang terbuat dari kultivar berdaging kuning memiliki kandungan beta karoten yang tinggi dan kadar vitamin C serta kalsium, fosfor, zat besi, dan kalium yang cukup tinggi. Kandungan beta karoten yang dimiliki tepung ubi jalar sebesar 6,03 $\mu\text{g/g}$ (Nogueira *et al.*, 2018).

Tabel 7. Komposisi Kimia Tepung Ubi Jalar Kuning

Komponen	Kadar (%)
Air	7,87
Abu	1,17
Lemak	0,91
Protein	4,67
Karbohidrat	85,38
Pati	61,96
Amilosa	18,06
Amilopektin	81,94

(Sumber: Sutanto, 2018)

Komponen utama tepung ubi jalar adalah karbohidrat yang mana sebagian besar penyusunnya adalah pati. Pati terdiri dari dua polisakarida utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa adalah polimer linier dari α -D-glukosa yang terhubung melalui ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow4)$, sedangkan amilopektin merupakan polimer dari α -D-glukosa yang memiliki struktur percabangan, dimana terdapat dua jenis ikatan

glikosidik yaitu, ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow4)$ dan $\alpha(1\rightarrow6)$. Ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow4)$ membentuk struktur linier amilopektin, sedangkan ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow6)$ membentuk titik percabangan. Struktur amilopektin yang bercabang-cabang memiliki daerah amorf dan daerah kristalin. Daerah amorf tersusun oleh percabangan dari amilopektin, sedangkan daerah kristalin tersusun dari rantai-rantai linier dari amilopektin (Kusnandar, 2021).

Granula tepung ubi jalar berbentuk bulat dan heksagonal, berukuran 4–26 μ , dan mempunyai suhu gelatinisasi 68–78,5°C dengan suhu puncak 71,8°C serta energi entalpi sebesar 10,6 J/g (Dereje *et al.*, 2020).

2.5 Modifikasi Fisik

Pati alami memiliki keterbatasan penggunaan karena tidak stabil saat terkena perubahan suhu, tekanan, dan pH. Selain itu, granula pati cenderung tidak aktif, sulit larut pada suhu ruang, dan tahan terhadap penguraian oleh enzim, sehingga kurang memiliki fungsi khusus. Oleh karena itu, pati sering dimodifikasi untuk meningkatkan sifat-sifat seperti kelarutan, tekstur, daya rekat, dan ketahanan panas. Sifat fungsional pati dapat diubah dengan menggunakan metode fisik, kimia, enzimatik, bioteknologi, ataupun gabungan dari metode-metode tersebut.

Klasifikasi pati berdasarkan modifikasi fisik ditentukan oleh rusak atau tidaknya struktur molekul setelah perlakuan. Modifikasi yang menyebabkan kerusakan struktur, *drum drying*, *spray drying*, dan ekstrusi, termasuk dalam pra-gelatinisasi. Sebaliknya, metode seperti *annealing* (ANN) dan *heat-moisture treatment* (HMT) mempertahankan struktur molekul, sehingga tergolong dalam modifikasi hidrotermal (Ashogbon & Akintayo, 2014).

HMT dan *annealing* merupakan teknik yang paling umum digunakan untuk memodifikasi pati tanpa merusak struktur granula pati (Zavareze & Dias, 2011). Namun, terdapat beberapa perbedaan pada pati yang dihasilkan HMT dan *annealing*. HMT menyebabkan penurunan *swelling power* yang lebih besar dari *annealing* karena penataan ulang molekul granula, pembentukan kompleks amilosa-lipid, degradasi molekul amilopektin, dan peningkatan interaksi antara rantai amilosa, dan perubahan interaksi antara daerah amorf dan kristal. Selain itu,

pati hasil modifikasi *annealing* cenderung menghasilkan perubahan warna yang minimal, sebaliknya penggunaan suhu tinggi pada HMT menyebabkan perubahan warna yang signifikan (Dutta & Sit, 2022).

Tabel 8. Kelebihan dan Kekurangan Modifikasi Fisik, Kimia, dan Enzimatis

Modifikasi	Kelebihan	Kekurangan
Fisik	• Prosesnya sederhana • Aman • Biayanya rendah	• Konsumsi energi tinggi • Prosesnya lama • tidak memiliki spesifisitas yang memungkinkan modifikasi sifat pati tertentu.
Kimia	• Biaya rendah • Prosesnya mudah	• Tidak aman untuk konsumen karena masalah keamanan • Limbahnya dapat merusak lingkungan dan membutuhkan daur ulang
Enzimatis	• Lebih aman dan sehat bagi konsumen dan lingkungan • Menghasilkan lebih sedikit produk sampingan	• Tingginya harga enzim • Kurang stabil • Ketersediaan enzim dalam jumlah kecil • Menghancurkan granula pati yang rapuh dan menyebabkan munculnya banyak lubang pada permukaannya, sehingga mengurangi kemampuan menahan air dan menurunkan viskositas

(Sumber: Choton *et al.*, 2024; Cornejo-ramírez *et al.*, 2018; Maniglia *et al.*, 2020; Sarrouh *et al.*, 2012)

2.5.1 *Annealing*

Annealing adalah proses hidrotermal yang melibatkan pati dengan kadar air berlebih (~70%, v/v) atau sedang (~40%, v/v) pada suhu di atas suhu transisi gelas (T_g) dan di bawah suhu gelatinisasi pati (T_o), dalam jangka waktu yang bervariasi dari menit hingga hari (Fonseca *et al.*, 2021). Suhu transisi gelas mengacu pada

suhu saat amorf dari granula pati berubah dari keadaan kaku seperti kaca menjadi karet yang mudah bergerak ketika dipanaskan dengan pelarut seperti air (Tester & Debon, 2000).

Proses *annealing* pada polimer semikristalin melibatkan dua mekanisme utama. Mekanisme pertama adalah *sliding diffusion*, yaitu perpindahan menyeluruh dari urutan molekul dalam kisi kristal, yang dimungkinkan oleh tingginya mobilitas rantai pati di bagian kristalin. Mekanisme kedua adalah peleburan sebagian atau seluruh bagian kristalin, yang kemudian mengalami rekristalisasi, membentuk kembali struktur kristal yang lebih teratur.

Selama proses *annealing*, keberadaan kadar air yang cukup tinggi serta suhu yang meningkat menyebabkan granula pati mengalami pembengkakan, namun pembengkakan ini terbatas dan dapat kembali normal (reversibel), berbeda dengan pembengkakan pada proses gelatinisasi yang bersifat permanen. Granula yang terhidrasi, ditambah dengan peningkatan suhu selama *annealing*, mendukung terjadinya pemadatan struktur amorf dan juga pembentukan struktur heliks ganda pada molekul amilopektin (Ardhiyanti *et al.*, 2017).

Proses *annealing* dapat memodifikasi karakteristik pati dengan meningkatkan stabilitas granula, memperbaiki struktur kristal, serta memperkuat interaksi rantai pati pada bagian amorf dan kristalin. Selain itu, *annealing* juga mendorong pembentukan struktur heliks ganda, menaikkan dan mempersempit suhu gelatinisasi, menurunkan kemampuan mengembang, serta mengurangi kandungan amilosa terlarut (Chung *et al.*, 2009 dalam Ardhiyanti *et al.*, 2017). Perubahan ini terjadi karena *annealing* memicu reorganisasi struktur heliks ganda amilopektin dan menyusun ulang rantai pati menjadi struktur kristalin yang lebih teratur.

Dari segi viskositas, *annealing* cenderung meningkatkan viskositas pasta akibat susunan molekul yang lebih kompak dan teratur. Selain itu, dibandingkan dengan HMT, *annealing* menghasilkan nilai indeks glikemik (IG) yang lebih rendah, kemungkinan karena struktur kristalnya lebih padat dan tersusun rapi (Jayakody & Hoover, 2008 dalam Ardhiyanti *et al.*, 2017).

Proses *annealing* merupakan salah satu metode modifikasi fisik pati yang hasilnya sangat dipengaruhi oleh jenis dan sumber pati yang digunakan. Perbedaan karakteristik seperti asal botani, kandungan amilosa, serta kondisi perlakuan seperti suhu, waktu, dan kadar air dapat memengaruhi efektivitas *annealing* dalam mengubah struktur dan sifat pati.

Penelitian terhadap pati ubi jalar menunjukkan bahwa perlakuan *annealing* dapat meningkatkan kadar pati resisten (RS) hingga 28,8–32,0%. Peningkatan ini berkaitan dengan terjadinya reorganisasi struktur kristalin serta terbentuknya interaksi antara rantai amilosa dan amilopektin selama proses perlakuan. Selain meningkatkan RS, *annealing* juga menyebabkan penurunan *Rapidly Digestible Starch* (RDS) dan peningkatan *Slowly Digestible Starch* (SDS). Meskipun demikian, peningkatan RS melalui metode ini masih lebih rendah dibandingkan dengan HMT. Selain itu, respon terhadap perlakuan *annealing* juga dipengaruhi oleh varietas ubi jalar, di mana pati dari ubi jalar kuning menunjukkan peningkatan RS yang lebih rendah dibandingkan varietas lainnya (Trung *et al.*, 2017).

Pati yang telah dimodifikasi melalui proses *annealing* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri pangan. Misalnya, sebagai bahan dasar *biodegradable film* yang ramah lingkungan dan dapat dikonsumsi, atau diolah menjadi nanokristal pati. Selain itu, pati termodifikasi juga diaplikasikan dalam berbagai produk olahan seperti pasta, kue kering, dan produk panggang lainnya (Fonseca *et al.*, 2021).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat boba adalah tepung ubi jalar kuning merk “Hasil Bumiku” yang diperoleh dari *online shop*, tapioka merk “Gunung Agung”, gula merk “Gulaku”, dan air.

Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis tepung ubi jalar adalah akuades.

3.1.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk membuat boba adalah timbangan digital, alat pencetak boba, spatula, *mixing bowl*, panci, saringan, dan kompor.

Alat-alat yang digunakan untuk analisis tepung ubi jalar dan boba adalah cawan, spatula lab, desikator, tangkrus, tabung sentrifus, tabung reaksi, *water bath*, sentrifugator, gelas kimia, spatula, *aluminium foil*, plastik anti panas, *cabinet dryer*, *chopper*, *powder grinder*, *sieve shaker*, ayakan mesh 80, dan jangka sorong.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan dilakukan analisis bahan baku yang meliputi kadar air dan *swelling power* pada tepung tapioka dan tepung ubi jalar kuning. Selanjutnya, tepung ubi jalar dimodifikasi secara *annealing*, dan hasilnya dilakukan analisis kadar air dan *swelling power* kemudian tepung termodifikasi digunakan dalam penelitian utama.

3.2.2 Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan pembuatan boba dengan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) untuk mengetahui pengaruh perbandingan tapioka dan tepung

ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* terhadap karakteristik boba yang divariasikan menjadi 7 taraf percobaan.

3.2.3 Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan dalam penelitian utama terdiri dari satu faktor yaitu, perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* (T) yang terdiri dari 7 taraf, yaitu:

$$t_1 = 0 : 1$$

$$t_2 = 1 : 3$$

$$t_3 = 1 : 2$$

$$t_4 = 1 : 1$$

$$t_5 = 2 : 1$$

$$t_6 = 3 : 1$$

$$t_7 = 1 : 0$$

3.2.4 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 1 faktor yaitu perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* yang terdiri dari 7 taraf kemudian diperoleh hasil setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga didapatkan percobaan yang terdiri dari $7 \times 4 = 28$ satuan percobaan.

Menurut Gasperz (1995), model matematika yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

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

Keterangan :

Y_{ij} = hasil pengamatan dari perlakuan ke-i dalam kelompok ke-j

μ = nilai tengah umum

A_i = pengaruh faktor A dari perlakuan ke-i (perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*)

A_j = pengaruh faktor K dari kelompok ke-j (perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*)

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

Tabel 9. Pola Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi <i>annealing</i> (T)	Kelompok ulangan			
	1	2	3	4
$t_1 (0:1)$	$t_{1.1}$	$t_{1.2}$	$t_{1.3}$	$t_{1.4}$
$t_2 (1:3)$	$t_{2.1}$	$t_{2.2}$	$t_{2.3}$	$t_{2.4}$
$t_3 (1:2)$	$t_{3.1}$	$t_{3.2}$	$t_{3.3}$	$t_{3.4}$
$t_4 (1:1)$	$t_{4.1}$	$t_{4.2}$	$t_{4.3}$	$t_{4.4}$
$t_5 (2:1)$	$t_{5.1}$	$t_{5.2}$	$t_{5.3}$	$t_{5.4}$
$t_6 (3:1)$	$t_{6.1}$	$t_{6.2}$	$t_{6.3}$	$t_{6.4}$
$t_7 (1:0)$	$t_{7.1}$	$t_{7.2}$	$t_{7.3}$	$t_{7.4}$

Berdasarkan pola rancangan diatas didapatkan *layout* percobaan sebagai berikut:

Tabel 10. Layout Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Kelompok 1

$t_{4.1}$	$t_{6.1}$	$t_{2.1}$	$t_{7.1}$	$t_{1.1}$	$t_{3.1}$	$t_{5.1}$
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Kelompok 2

$t_{7.2}$	$t_{5.2}$	$t_{4.2}$	$t_{2.2}$	$t_{6.2}$	$t_{3.2}$	$t_{1.2}$
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Kelompok 3

$t_{5.3}$	$t_{3.3}$	$t_{1.3}$	$t_{7.3}$	$t_{2.3}$	$t_{6.3}$	$t_{4.3}$
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Kelompok 4

$t_{3.4}$	$t_{6.4}$	$t_{7.4}$	$t_{2.4}$	$t_{5.4}$	$t_{1.4}$	$t_{4.4}$
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

3.2.5 Rancangan Analisis

Berdasarkan rancangan percobaan diatas dapat dibuat analisis variasi (ANOVA) untuk memperoleh kesimpulan mengenai perlakuan.

Tabel 11. Analisis Variansi (ANOVA)

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %
Kelompok	r-1	JKK	KTG		
Perlakuan (A)	a-1	JKA	KTA	KTA/KTG	
Galat	(r-1)(a-1)	JKG	KTG		
Total	ra-1	JKT			

(Sumber: Gasperz, 1995)

Keterangan:

r = replikasi (ulangan)

t = perlakuan

DB = derajat bebas

JK = jumlah kuadrat

KT = kuadrat tengah

Dari tabel diatas, dapat dibuat dasar pengambilan keputusan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Hipotesa ditolak, jika $F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$ pada taraf 5% apabila perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* tidak berpengaruh terhadap karakteristik boba sehingga tidak dilakukan uji lanjut.
- Hipotesa diterima, jika $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$ pada taraf 5% apabila perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap karakteristik boba, maka perlu dilakukan uji lanjut untuk mengukur sejauh mana perbedaan antar perlakuan dari masing-masing perlakuan menggunakan uji Duncan pada taraf 5%.

3.2.6 Rancangan Respon

Respon yang diamati pada penelitian ini meliputi respon fisik dan organoleptik.

1. Respon fisik

Respon fisik yang dilakukan terhadap boba adalah volume pengembangan (Yuwono & Susanto, 1998) dan daya serap air (Setiavani *et al.*, 2023).

2. Respon organoleptik

Uji hedonik dilakukan untuk menentukan tingkat kesukaan panelis terhadap sifat organoleptik boba. Uji hedonik atau uji kesukaan merupakan metode pengujian dimana panelis diminta memberikan penilaian terhadap suatu produk berdasarkan tingkat kesukaannya (Garnida, 2020). Uji organoleptik terhadap sampel boba dilakukan oleh 30 orang panelis tidak terlatih dan diminta untuk memberikan nilai terhadap warna, aroma, dan tekstur boba. Skala penilaian uji hedonik dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 12. Skala Penilaian Uji Hedonik

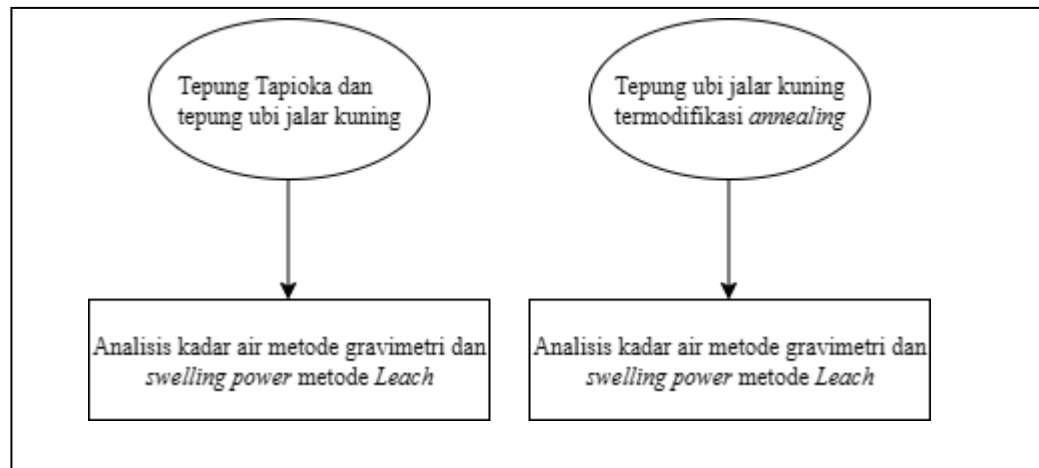
Skala Hedonik	Skala Numerik
Sangat Suka	6
Suka	5
Agak Suka	4
Agak Tidak Suka	3
Tidak Suka	2
Sangat Tidak Suka	1

(Sumber: Darmansyah *et al.*, 2016)

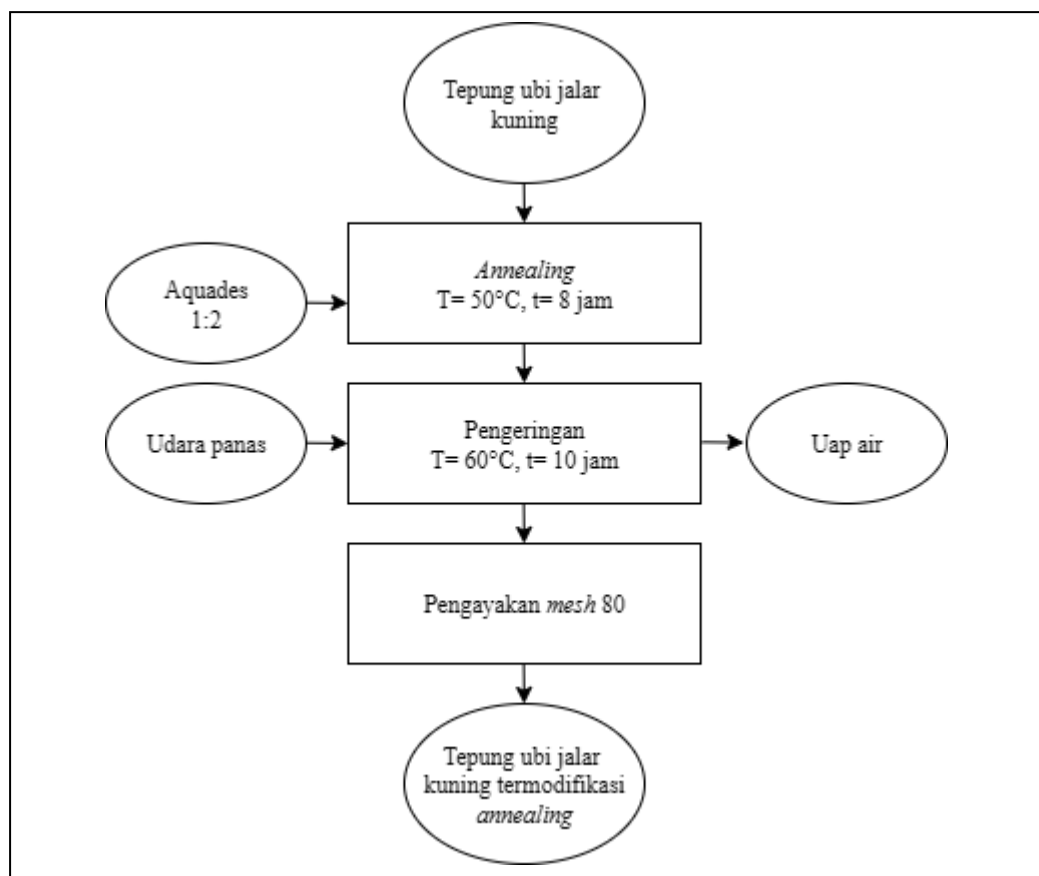
3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Deskripsi Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah analisis terhadap bahan baku, yaitu tepung tapioka dan tepung ubi jalar kuning dilakukan analisis kadar air dengan metode gravimetri dan analisis *swelling power* dengan metode *Leach*. Selanjutnya, tepung ubi jalar kuning akan dimodifikasi secara *annealing* kemudian hasilnya dilakukan analisis kadar air dan *swelling power* kembali lalu tepung termodifikasi akan digunakan dalam penelitian utama.



Gambar 3. Diagram Alir Analisis Bahan Baku



Gambar 4. Diagram Alir Pembuatan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing*

(Sumber: Taufani, 2020 yang telah dimodifikasi)

3.3.2 Deskripsi Penelitian Utama

Penelitian utama yang dilakukan adalah pembuatan boba dengan perbandingan tepung tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*.

1. Pencampuran

Tapioka, tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*, gula, dan air panas dicampur secara manual dengan menggunakan tangan hingga kalis dan homogen.

2. Pencetakan

Adonan yang telah tercampur rata kemudian dicetak menggunakan alat pencetak boba berbentuk bulat dengan diameter 8 mm.

3. Perebusan

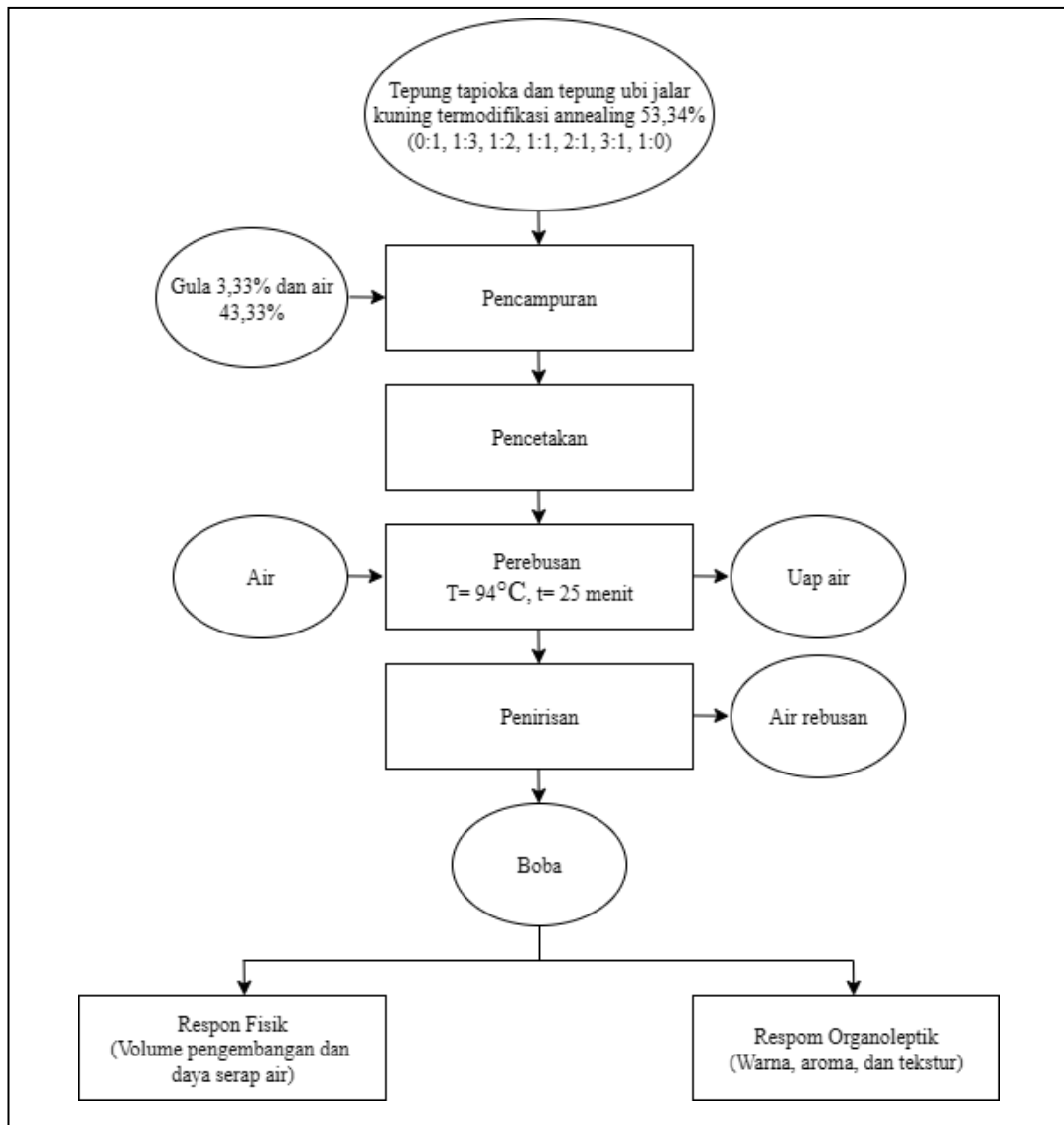
Adonan yang telah dicetak bulat kemudian dilakukan proses perebusan pada suhu 94°C selama 25 menit hingga permukaan boba terbentuk lapisan bening.

4. Penirisan

Boba yang telah direbus kemudian ditiriskan yang bertujuan untuk menghilangkan air sisa rebusan.

5. Analisis Fisik dan Organoleptik

Boba dilakukan analisis fisik yang meliputi volume pengembangan dan daya serap air serta dilakukan analisis organoleptik meliputi atribut warna, aroma, dan tekstur.



Gambar 5. Diagram Alir Pembuatan Boba
(Sumber: Diningrum, 2022 yang telah dimodifikasi)

Tabel 13. Formulasi Boba dengan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing*

Bahan	Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i>													
	t ₁ (0:1)		t ₂ (1:3)		t ₃ (1:2)		t ₄ (1:1)		t ₅ (2:1)		t ₆ (3:1)		t ₇ (1:0)	
	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g
Tapioka	0	0	13,33	20	17,78	26,67	26,67	40	35,56	53,33	40	60	53,33	80
Tepung ubi jalar kuning termodifikasi <i>annealing</i>	53,33	80	40	60	35,56	53,33	26,67	40	17,78	26,67	13,33	20	0,00	0
Gula	3,33	5	3,33	5	3,33	5	3,33	5	3,33	5	3,33	5	3,33	5
Air	43,33	65	43,33	65	43,33	65	43,33	65	43,33	65	43,33	65	43,33	65
Total	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150

(Sumber:Diningrum, 2022 yang dimodifikasi)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan mengenai (4.1) Hasil Penelitian Pendahuluan dan (4.2) Hasil Penelitian Utama.

4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

4.1.1 Analisis Bahan Baku

Analisis bahan baku dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal tapioka, tepung ubi jalar kuning, dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*. Data dari analisis ini digunakan sebagai dasar dalam penelitian utama.

4.1.1.1 Kadar Air

Air adalah salah satu komponen penting dalam bahan pangan karena berperan dalam menentukan tingkat kesegaran dan memengaruhi daya simpan. Kandungan air dapat memicu perubahan fisik maupun reaksi kimia pada makanan (Winarno, 2004). Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 15 dibawah ini.

Tabel 15. Kadar Air Bahan Baku

Sampel	Kadar air (%)
Tapioka	10,67
Tepung ubi jalar kuning	6,16
Tepung ubi jalar kuning termodifikasi <i>annealing</i>	8,25

Hasil analisis kadar air pada tapioka sebesar 10,67% dimana nilai tersebut berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan SNI 3451:2011, yaitu 14%, sehingga memenuhi standar mutu yang disyaratkan.

Hasil analisis kadar air pada tepung ubi jalar kuning sebesar 6,16%. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Susilawati & Medikasari (2008) dalam Ambarsari *et al.* (2009), yaitu sebesar 6,77%. Perbedaan hasil analisis disebabkan karena varietas dan umur panen yang memengaruhi komposisi kimia tepung ubi jalar. Ubi jalar biasanya dipanen pada umur 95 hari hingga 5 bulan, berdasarkan varietas yang digunakan. Varietas Sari panen pada 3,5–4 bulan, Sukeh 4–4,5 bulan dan Jago pada 4–4,5 bulan (Figo, 2024). Seiring bertambahnya umur panen, kadar air dalam tepung menurun (Ginting *et al.*, 2006). Hal ini sejalan

dengan Susilawati *et al.* (2008) yang menyatakan penurunan kadar air pada ubi kayu disebabkan oleh semakin lamanya umur panen, yang mengakibatkan peningkatan jumlah granula pati serta komponen non-pati lain dalam umbi, sehingga kandungan airnya menurun. Produk dalam bentuk tepung disarankan memiliki kadar air yang rendah, sebab kadar air yang tinggi meningkatkan risiko kontaminasi jamur pada saat penyimpanan (Ambarsari *et al.*, 2009).

Hasil analisis kadar air pada tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* pada suhu 50°C selama 8 jam diperoleh sebesar 8,25%. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan tepung ubi jalar oranye termodifikasi *annealing* pada suhu 50°C selama 8 jam yang dilaporkan oleh Kautsary (2014), yaitu sebesar 6,23%. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan suhu dan lamanya perendaman selama proses *annealing*, yang mempercepat penetrasi air ke dalam granula serta meningkatkan jumlah air yang terserap. Oktavianti (2015) melaporkan bahwa kenaikan suhu mempercepat laju penetrasi air ke dalam sel, sedangkan perendaman yang lebih lama memungkinkan lebih banyak air terserap (Kusweni *et al.*, 2024).

4.1.1.2 Swelling Power

Swelling power merupakan kemampuan pengembangan granula pati selama proses pemanasan atau pemasakan karena penyerapan air (Al Bukhori *et al.*, 2019). Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 16 dibawah ini.

Tabel 16. *Swelling Power* Bahan Baku

Sampel	<i>Swelling power</i> (g/g)
Tapioka	7,43
Tepung ubi jalar kuning	5,92
Tepung ubi jalar kuning termodifikasi <i>annealing</i>	3,92

Hasil analisis tapioka memiliki *swelling power* sebesar 7,43 g/g, sedangkan dalam penelitian Imam *et al.* (2014) rata-rata sebesar 5,32 g/g. Hasil analisis *swelling power* tepung ubi jalar kuning sebesar 5,92 g/g, sedangkan menurut penelitian Kusumayanti *et al.* (2015) sebesar 3,57 g/g. Nilai *swelling power* tapioka dan tepung ubi jalar kuning yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin. Kandungan amilopektin

yang tinggi berkontribusi pada peningkatan *swelling power*. Percabangan amilopektin berada di area amorf granula, yaitu bagian yang lebih mudah mengikat air. Semakin banyak amilopektin, semakin luas area amorf, sehingga granula pati mampu menyerap lebih banyak air dan mengalami pembengkakan lebih besar. Sebaliknya, kadar amilosa menurun karena keluar dari granula saat pemanasan dengan air berlebih (Pratiwi *et al.*, 2020). Hal ini sejalan dengan penelitian Sutanto (2018) yang melaporkan bahwa tapioka memiliki kandungan amilosa dan amilopektin sebesar 21% dan 78,88%, serta penelitian Azima *et al.* (2020) dalam Histifarina *et al.* (2023) yang menunjukkan tepung ubi jalar kuning dengan kadar amilosa 16,15% dan amilopektin 71,05%. Tingginya kandungan amilopektin kedua bahan tersebut berkontribusi terhadap meningkatnya nilai *swelling power* yang tinggi.

Hasil analisis *swelling power* pada tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* pada suhu 50°C selama 8 jam memiliki nilai sebesar 3,92 g/g. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan *swelling power* tepung ubi jalar kuning tanpa modifikasi *annealing*, serta lebih rendah daripada tepung ubi jalar oranye termodifikasi *annealing* dengan perlakuan yang sama, sebagaimana dilaporkan oleh Kautsary (2014) dengan nilai sebesar 7,37 g/g. Perlakuan *annealing* umumnya mengurangi *swelling power*. Penurunan ini dipengaruhi oleh interaksi rantai amilosa-amilosa dengan amilosa-amilopektin yang terjadi selama proses modifikasi, sehingga ikatan molekul menjadi lebih rapat dan lebih sulit untuk berpenetrasi ke dalam granula. Hal tersebut membatasi hidrasi air di daerah amorf dan menyebabkan menurunnya pembengkakan granula (Zavareze & Dias, 2011).

Menurut penelitian Asdianto *et al.* (2025) pada ubi banggai ungu yang dimodifikasi dengan metode *autoclaving-cooling* menunjukkan hasil semakin tinggi proporsi ubi banggai ungu yang dimodifikasi, semakin rendah nilai *swelling power* yang dihasilkan. Penurunan ini terjadi karena proses pemanasan dan pendinginan memicu pembentukan kristal granula yang lebih padat dan kuat, sehingga kemampuan granula untuk menyerap air menjadi terbatas dan mengurangi kemampuan pembengkakannya. Ketika proses pemanasan dihentikan dan dilanjutkan dengan pendinginan, viskositas pasta pati secara bertahap akan

meningkat. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya kembali ikatan hidrogen yang sebelumnya terputus antara molekul amilosa dan amilopektin. Pendinginan atau pembekuan akan memperkuat ikatan hidrogen tersebut, sehingga molekul amilosa dan amilopektin cenderung berikatan satu sama lain dan membentuk struktur gel yang lebih padat. Proses terbentuknya kembali ikatan hidrogen antara molekul amilosa dan amilopektin dalam gel pati disebut retrogradasi. Proses retrogradasi ini lebih mudah terjadi pada pati dengan kandungan amilosa tinggi, karena struktur linier amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen berlangsung lebih efisien (Kusnandar, 2021).

4.1.2 Pembuatan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing*

Proses pembuatan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* dilakukan melalui beberapa percobaan. Berikut kronologi setiap percobaan beserta kondisi tepung, kendala yang ditemui selama proses, dan perbaikan yang dilakukan untuk menghasilkan tepung termodifikasi *annealing* yang berhasil.

Percobaan pertama dilakukan pada 28 Juli 2025 pukul 11.15 WIB dilakukan *annealing* pada suhu 50°C dan dipanaskan menggunakan *water bath*. Tepung bertekstur lembek menyerupai pasir basah dan menggupal dengan halus. *Annealing* dihentikan pukul 16.30 dengan lama proses *annealing* 5 jam 15 menit dan dilanjutkan keesokan harinya sesuai jam operasional laboratorium. 29 Juli 2025 pukul 08.14 WIB *annealing* dilanjutkan pada suhu 50°C dengan kenampakan tepung lebih kering pada permukaan atas, sedangkan bagian bawah tetap lembab. *Annealing* dilakukan hingga 16.30 WIB dengan lama proses *annealing* 8 jam 16 menit. Pada 30 Juli 2025, *annealing* dilanjutkan pukul 08.34 WIB dan dihentikan pada pukul 11.03 WIB dengan total proses *annealing* 16 jam karena adanya pertumbuhan jamur pada permukaan tepung yang ditandai dengan terbentuknya miselium berwarna putih menyerupai kapas halus disertai aroma asam. Tepung dinyatakan terkontaminasi sehingga proses pengeringan tidak dapat dilakukan.



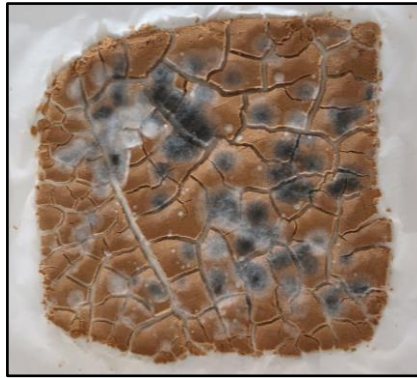
Gambar 6. Pertumbuhan Jamur pada Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* (percobaan pertama)

Pertumbuhan jamur pada tepung dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik. Faktor intrinsik meliputi aktivitas air (a_w), pH, dan kandungan zat gizi. Pada tepung ubi jalar kuning yang dimodifikasi dengan metode *annealing* menggunakan air berlebih ($>65\%$ w/w), sehingga kadar air dan a_w relatif tinggi sehingga kondisi ini dapat meningkatkan ketersediaan air bebas yang dibutuhkan mikroorganisme untuk tumbuh. Bahan pangan dengan aktivitas air tinggi (0,95–0,99) dapat ditumbuhi berbagai mikroorganisme, sedangkan jamur masih mampu berkembang pada a_w minimal 0,8 (Indraswati, 2016). Selain itu, kandungan karbohidrat yang tinggi pada tepung ubi jalar menjadi sumber nutrisi yang mendukung pertumbuhan jamur. Hal ini sejalan dengan penelitian Rohmi *et al.* (2019) yang melaporkan bahwa media berbasis tepung ubi jalar putih mampu menunjang pertumbuhan jamur karena kandungan karbohidratnya. Pada media kaya karbohidrat, jamur akan menghasilkan enzim α -amilase untuk menghidrolisis amilum menjadi glukosa, yang kemudian diserap sebagai sumber energi. Nutrien tersebut baru dapat dimanfaatkan setelah jamur mensekresikan enzim ekstraseluler yang memecah senyawa kompleks menjadi bentuk lebih sederhana (Ganjar *et al.*, 2006). Tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* yang ditumbuhi jamur tercium bau asam. Umumnya bahan pangan memiliki pH 3,0–8,0, di mana kisaran pH tertentu akan menentukan mikroorganisme yang tumbuh. Kapang tumbuh optimum pada pH 5–7, sedangkan khamir dan bakteri asam laktat dapat berkembang baik pada pH 3,0–6,0 (Indraswati, 2016).

Faktor ekstrinsik seperti suhu dan kelembapan penyimpanan juga memengaruhi pertumbuhan jamur. *Annealing* dilakukan dengan menutup gelas beaker dengan *aluminium foil* dan dipanaskan pada suhu 50°C menggunakan *water bath*. *Annealing* dilakukan secara terbatas karena jam operasional laboratorium, sehingga tepung yang sedang dimodifikasi dibiarkan pada suhu kamar. Penurunan suhu ini dapat meningkatkan risiko pertumbuhan mikroorganisme, dimana kapang dan khamir tumbuh optimal pada suhu 25–30°C. Selain itu, penyimpanan pada kondisi lembap akan meningkatkan aktivitas air bahan pangan, sehingga mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan menimbulkan kerusakan (Indraswati, 2016).

Sebelum dilakukan *annealing* percobaan kedua, alat dan bahan disterilisasi untuk mencegah pertumbuhan jamur, yang meliputi sterilisasi akuades di *autoclave*, gelas beaker yang diusap dengan alkohol 96% dan dibiarkan selama 1 jam hingga alkohol menguap, serta *aluminium foil* yang dipanaskan sebelum digunakan untuk menutup permukaan gelas beaker.

Percobaan kedua *annealing* dengan suhu 50°C dilakukan pada 31 Juli 2025 pukul 08.30 WIB. Tepung tampak bertekstur menyerupai pasir basah dan menggumpal halus. *Annealing* dilakukann hingga batas jam operasional laboratorium dengan total proses *annealing* 8 jam. 1 Agustus 2025, *annealing* dilanjutkan pukul 07.57 WIB dan dihentikan lebih awal pada pukul 13.17 WIB untuk mencegah potensi pertumbuhan jamur. Lama proses *annealing* 5 jam 20 menit dengan total proses *annealing* 13 jam 20 menit. Kenampakan tepung terlihat lembab, menggumpal halus, seragam, serta tidak ada pertumbuhan jamur. Tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* dilakukan pengeringan pada suhu 60°C menggunakan *cabinet dryer*. Proses pengeringan dilakukan pukul 14.00 WIB hingga 16.30 WIB batas jam operasional laboratorium. Tepung menunjukkan mengalami proses pengeringan di beberapa bagian, namun secara keseluruhan terlihat lembab. Pengeringan tepung dilanjutkan pada 4 Agustus 2025 pukul 07.37 WIB, namun dihentikan karena ditemukan pertumbuhan jamur yang cukup banyak pada permukaan tepung hingga menutupi sebagian sampel dengan kenampakan menyerupai kapas halus berwarna putih serta terdapat beberapa yang berwarna hitam.



Gambar 7. Pertumbuhan Jamur pada Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* (percobaan kedua)

Sebelum melakukan percobaan ketiga, alat dan bahan yang akan digunakan disterilisasi terlebih dahulu untuk mencegah pertumbuhan jamur. Percobaan ketiga *annealing* pada tepung ubi jalar kuning dilakukan pada 5 Agustus 2025 pukul 08.55 WIB dengan kenampakan tepung yang lembab dan menggumpal halus menyerupai pasir basah. Proses *annealing* dilakukan hingga pukul 16.30 batas operasional laboratorium dan tepung disimpan di kulkas untuk mencegah kontaminasi jamur. Pada 6 Agustus 2025, setelah sampel disimpan di kulkas dilakukan *annealing* lanjutan dengan suhu 50°C selama 48 menit pada pukul 07.12 WIB hingga 08.00 WIB. Setelah perlakuan *annealing* lanjutan, tepung yang semula padat dan lembab menjadi lebih longgar dan homogen di seluruh permukaan. Total proses *annealing* 8 jam 23 menit. Selanjutnya, pada pukul 08.15 WIB tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* dilakukan pengeringan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 60°C. Tepung yang dikeringkan memiliki tekstur kering, kasar, dan pecah-pecah menyerupai tanah kering, namun tingkat kekeringannya tidak merata. Pengeringan dilakukan hingga pukul 16.30 WIB. Pada 7 Agustus 2025, sebelum pengeringan dilanjutkan, tepung dihaluskan terlebih dahulu dengan *chopper* dan *powder grinder* untuk memudahkan pengeringan sehingga meratakan tingkat kekeringan tepung. Kemudian, pengeringan dilanjutkan pukul 08.00 hingga 10.30 WIB dengan suhu 60°C menggunakan *cabinet dryer*. Total proses pengeringan 10 jam 45 menit. Keberhasilan proses *annealing* pada tepung ubi jalar kuning dapat diindikasikan melalui beberapa parameter, salah satunya adalah tercapainya kadar air akhir pada rentang 9–10% (Trung *et al.*, 2017). Tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* yang telah dikeringkan selanjutnya diseragamkan

ukurannya menggunakan *chopper* dan *powder grinder* kemudian diayak dengan *sieve shaker* dan ayakan *mesh* 80 serta dianalisis untuk mengukur kadar air dan *swelling power*.

4.2 Hasil Penelitian Utama

4.2.1 Analisis Fisik

Analisis fisik dilakukan untuk mengetahui karakteristik boba dari berbagai perlakuan. Respon yang diamati meliputi volume pengembangan dan daya serap air.

4.2.1.1 Volume Pengembangan

Volume pengembangan menunjukkan besarnya pengembangan boba selama perendaman yang meliputi bentuk dan ukuran. Pengukuran dilakukan dengan menghitung volume boba sebelum dan sesudah proses pemasakan dengan rumus volume pengembangan.

Berdasarkan perhitungan analisis variansi (ANOVA) pada volume pengembangan diperoleh bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap volume pengembangan boba. Oleh karena itu, dilakukan uji lanjut dengan metode Duncan, yang hasilnya disajikan pada tabel 17 berikut ini.

Tabel 17. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Volume Pengembangan (%) Boba

Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Volume Pengembangan Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	8,22	a
t ₂ (1:3)	9,50	a
t ₃ (1:2)	12,20	b
t ₄ (1:1)	15,02	c
t ₅ (2:1)	15,54	cd
t ₆ (3:1)	17,85	de
t ₇ (1:0)	19,33	e

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

Berdasarkan tabel 17, perlakuan t_1 tidak berbeda nyata dengan t_2 , tetapi berbeda nyata dengan t_3 , t_4 , t_5 , t_6 , dan t_7 . Sementara itu, t_7 berbeda nyata dengan t_1 , t_2 , t_3 , dan t_4 , tetapi tidak berbeda nyata dengan t_5 dan t_6 .

Hasil penelitian menunjukkan semakin banyak penambahan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*, maka semakin menurun volume pengembangan boba. Penurunan volume pengembangan terjadi akibat adanya pengaturan ulang molekul di dalam granula pati, di mana pengaruhnya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar air, suhu, dan lama waktu modifikasi. Menurut Hormdok & Noomhorm (2007), interaksi antara amilosa–amilosa serta amilosa–amilopektin yang terbentuk selama proses *annealing* dapat menghambat masuknya air ke dalam granula pati, sehingga kemampuan pengembangannya menurun. Kondisi ini menyebabkan tepung tidak mampu mengembang secara maksimal (Wahyuni *et al.*, 2024).

Sebaliknya, semakin banyak penambahan tapioka, maka semakin besar nilai volume pengembangan boba. Hal ini disebabkan oleh karakteristik tapioka yang kaya akan amilopektin. Amilopektin memiliki struktur bercabang yang memungkinkan kemampuan dalam mempertahankan air di dalam granula, sehingga berpengaruh terhadap proses gelatinisasi. Gelatinisasi sendiri merupakan proses pembengkakan granula pati yang bersifat *irreversible* atau tidak dapat kembali ke bentuk asalnya. Dalam proses ini, molekul-molekul air masuk ke dalam struktur pati dan membentuk ikatan yang menghasilkan gel pati (Ningsih *et al.*, 2024). Hal ini sesuai dengan penelitian Hapsari *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa peningkatan jumlah tapioka pada kerupuk karak juga meningkatkan volume pengembangan. Hal tersebut berkaitan dengan tingginya kandungan amilopektin dalam tapioka, yang mengalami proses gelatinisasi saat pemanasan. Pada tahap ini, granula pati menyerap air dan membentuk struktur yang elastis, sehingga memungkinkan terjadinya pengembangan.

Volume pengembangan dipengaruhi oleh porositas dan kapasitas bahan untuk menyerap air; semakin tinggi porositas dan daya serap air suatu bahan, semakin besar pula volume yang dihasilkan (Sasmitaloka *et al.*, 2020).

4.2.1.2 Daya Serap Air

Daya serap air menunjukkan kemampuan tepung untuk menyerap dan mengikat air saat jumlah air terbatas. Sifat ini bermanfaat untuk menilai kemampuan tepung menyerap air dan mengembang sehingga dapat meningkatkan keseragaman produk pangan (Dereje *et al.*, 2020). Daya serap pada tepung menunjukkan persentase air yang dapat diserap oleh tepung setelah adonan menjadi kalis (Prameswari *et al.*, 2018).

Berdasarkan perhitungan analisis variansi (ANOVA) pada daya serap air diperoleh bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap daya serap air boba. Oleh karena itu, dilakukan uji lanjut dengan metode Duncan, yang hasilnya disajikan pada tabel 18.

Tabel 18. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Daya Serap Air (%) Boba

Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Daya Serap Air Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	15,46	a
t ₂ (1:3)	23,94	b
t ₃ (1:2)	24,63	b
t ₄ (1:1)	25,01	b
t ₅ (2:1)	26,07	b
t ₆ (3:1)	26,33	b
t ₇ (1:0)	31,67	c

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

Berdasarkan tabel 18, perlakuan t₁ menunjukkan nilai daya serap air paling rendah dan berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Perlakuan t₂ hingga t₆ tidak berbeda nyata satu sama lain tetapi berbeda nyata dengan t₁ dan t₇. Sementara itu, t₇ menunjukkan nilai daya serap air tertinggi dan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya.

Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi penambahan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*, maka semakin kecil daya serap air boba. Sebaliknya, semakin tinggi penambahan tapioka, maka semakin besar daya serap air boba. Hal

ini karena perlakuan *annealing* menurunkan daya serap air secara signifikan (Adebowale *et al.*, 2005). Penurunan ini menunjukkan bahwa ikatan antar molekul di dalam granula menjadi lebih kuat, sehingga struktur molekul semakin rapat (Akubor & Igba, 2019).

Selain itu, pendinginan juga berpengaruh terhadap rendahnya kemampuan bahan dalam menyerap air. Hal ini sejalan Asdianto *et al.* (2025) pada ubi banggai ungu yang dimodifikasi dengan metode *autoclaving-cooling* yang menunjukkan bahwa penurunan daya serap air terjadi akibat tingginya retrogradasi yang menunjukkan terbentuknya stuktur ikatan antar molekul yang padat dan stabil.

Daya serap air sendiri dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain ukuran dan bentuk partikel, susunan molekul, kondisi fisikokimia, serta kandungan protein, lemak, dan karbohidrat yang ada di dalamnya (Dereje *et al.*, 2020). Granula pati ubi jalar yang mengalami perlakuan *annealing* tetap mempertahankan bentuk dan permukaan aslinya, sehingga *annealing* tidak memberikan perubahan signifikan terhadap morfologi granula pati (Trung *et al.*, 2017). Ukuran granula ubi jalar 4–26 μm (Dereje *et al.*, 2020), sedangkan tapioka 5–35 μm (Kusnandar, 2021). Granula berukuran kecil cenderung menyerap air lebih cepat, mengalami hidrasi lebih awal, dan membengkak lebih besar dibanding granula berukuran besar karena memiliki susunan rantai polisakarida yang kurang teratur sehingga zona amorfnya lebih luas dan mudah ditembus air (Kunle, 2019).

4.2.2 Analisis Organoleptik

Analisis organoleptik dilakukan untuk mengetahui penerimaan panelis terhadap boba yang dihasilkan. Respon yang diamati meliputi warna, aroma, dan tekstur.

4.2.2.1 Warna

Warna merupakan salah satu indikator penting dalam menilai mutu pangan karena menjadi aspek pertama yang diamati secara visual dengan indera penglihatan. Warna produk dapat berasal dari pigmen alami bahan baku maupun terbentuk akibat reaksi kimia selama proses pengolahan dan pemasakan. Sebagai atribut penampakan luar, warna sangat berperan dalam meningkatkan daya tarik dan penerimaan konsumen (Nurainy *et al.*, 2015). Warna dapat berfungsi sebagai

penanda tingkat kesegaran maupun kematangan, serta menunjukkan kualitas proses pencampuran dan pengolahannya (Winarno, 2002).

Berdasarkan perhitungan analisis variansi (ANOVA) uji organoleptik pada atribut warna diperoleh bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap warna boba. Oleh karena itu, dilakukan uji lanjut dengan metode Duncan, yang hasilnya disajikan pada tabel 19.

Tabel 19. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Uji Organoleptik Boba Atribut Warna

Perbandingan Tapioka dan Tepung ubi jalar kuning termodifikasi <i>annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Atribut Warna Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	3,82	a
t ₂ (1:3)	4,08	ab
t ₃ (1:2)	4,21	b
t ₄ (1:1)	4,32	b
t ₅ (2:1)	4,18	b
t ₆ (3:1)	4,25	b
t ₇ (1:0)	4,73	c

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

Berdasarkan tabel 19, perlakuan t₁ menunjukkan nilai warna paling rendah dan tidak berbeda nyata dengan t₂, tetapi berbeda nyata dengan t₃ hingga t₇. Perlakuan t₂ tidak berbeda nyata dengan t₁, t₃, t₄, t₅, dan t₆, namun berbeda nyata dengan t₇. Perlakuan t₃, t₄, t₅, dan t₆ tidak berbeda nyata satu sama lain, namun berbeda nyata dengan t₁ dan t₇. Sementara itu, t₇ memiliki nilai warna tertinggi dan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya.

Semakin banyak tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* yang digunakan, maka tingkat kesukaan panelis terhadap boba terhadap atribut warna semakin menurun. Penambahan tepung ubi jalar kuning termodifikasia *annealing* dalam jumlah yang besar menyebabkan warna boba lebih gelap, sehingga menurunkan tingkat kesukaan panelis. Hal ini sejalan dengan penelitian Fida (2022) terhadap *hard biscuit* tepung pisang termodifikasi *annealing* dan retrogradasi dimana panelis

kurang menyukai warna *hard biscuit* yang semakin coklat dan gelap serta lebih menyukai *hard biscuit* yang berwarna lebih cerah.

Menurut Jannah *et al.* (2017), perlakuan awal dan suhu pengeringan berpengaruh terhadap nilai organoleptik warna. Perlakuan tanpa pengupasan kulit ubi jalar dapat mengurangi terjadinya reaksi pencoklatan enzimatik, namun warna coklat pada kulit ubi jalar menurunkan tingkat kecerahan tepung yang dihasilkan. Hal ini didukung penelitian Ponelo *et al.* (2022) terhadap roti *baguette* tepung kacang hijau termodifikasi *annealing* yang menunjukkan semakin banyak penambahan tepung kacang hijau termodifikasi *annealing* maka semakin rendah tingkat kesukaan panelis terhadap roti *baguette* karena pada proses pembuatan tepung, kulit ari kacang hijau yang memiliki pigmen klorofil dan memberikan warna hijau tidak dihilangkan. Selain itu, tepung yang tidak direndam dalam larutan sodium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) juga cenderung berwarna lebih gelap. Perendaman dalam larutan tersebut dapat mempertahankan kecerahan tepung dengan menghambat pemecahan betakaroten, mencegah oksidasi lemak, serta mengurangi perubahan warna (Jannah *et al.*, 2017).

Proses pemanasan juga menurunkan komposisi kimia bahan sehingga memengaruhi mutu warna tepung ubi. Karoten sebagai pigmen utama ubi jalar bersifat sangat rentan terhadap oksigen, panas, cahaya, serta kondisi asam. Selama proses pengeringan, panas dapat mendegradasi karoten melalui pemutusan rantai karoten, yang menyebabkan kerusakan struktur karoten dan menurunkan intensitas warnanya. Selain itu, pengeringan pada suhu tinggi juga memicu terjadinya reaksi Maillard, yaitu reaksi antara karbohidrat dan protein yang menghasilkan pigmen melanoidin berwarna gelap (Ruwanti, 2010).

Selain itu, semakin banyak tapioka yang ditambahkan ke dalam formulasi, semakin tinggi pula tingkat penerimaan panelis. Hal ini sejalan dengan penelitian Umanahu *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa penambahan tapioka hingga 100% menghasilkan nilai hedonik tertinggi sebesar 3,51. Warna cerah seiring meningkatnya konsentrasi tapioka disebabkan oleh karakteristik fisik tapioka yang berwarna putih serta kaya amilopektin dengan sifat transparan sehingga

peningkatan konsentrasi tapioka membuat tampilan kerupuk lebih menarik dan meningkatkan penerimaan panelis.

4.2.2.2 Aroma

Aroma atau bau didefinisikan sebagai sifat yang dapat dikenali melalui indera pencium. Senyawa penyebab bau harus memiliki sifat mudah menguap, sedikit larut dalam air, serta sedikit larut dalam lemak. Dalam industri pangan, uji aroma dipandang penting karena mampu memberikan penilaian cepat mengenai diterima atau tidaknya suatu produk. Selain itu, bau juga berperan sebagai indikator awal adanya kerusakan pada bahan pangan (Kartika *et al.*, 1988).

Aroma muncul akibat adanya senyawa kimia alami maupun sintetis yang bereaksi dengan reseptor saraf hidung. Bau pada makanan berperan penting dalam menentukan tingkat kelezatan bahan pangan, dan dalam hal ini, peranan utama terdapat pada indera pencium (Winarno, 2002).

Berdasarkan perhitungan analisis variansi (ANOVA) uji organoleptik pada atribut aroma diperoleh bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap aroma boba. Oleh karena itu, dilakukan uji lanjut dengan metode Duncan, yang hasilnya disajikan pada tabel 20.

Tabel 20. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Uji Organoleptik Boba Atribut Aroma

Perbandingan Tapioka dan Tepung ubi jalar kuning termodifikasi <i>annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Atribut Aroma Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	3,78	ab
t ₂ (1:3)	3,98	bc
t ₃ (1:2)	4,28	d
t ₄ (1:1)	4,09	cd
t ₅ (2:1)	3,87	abc
t ₆ (3:1)	4,08	cd
t ₇ (1:0)	3,59	a

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

Berdasarkan tabel 20, perlakuan t_3 menunjukkan nilai aroma tertinggi dan tidak berbeda nyata dengan t_4 dan t_6 , tetapi berbeda nyata dengan t_1 , t_2 , t_5 , dan t_7 . Perlakuan t_4 dan t_6 memiliki nilai aroma yang serupa dan tidak berbeda nyata satu sama lain maupun dengan t_2 dan t_3 , tetapi berbeda nyata dengan t_1 dan t_7 . Sementara itu, t_7 menunjukkan nilai aroma terendah dan tidak berbeda nyata dengan t_1 dan t_5 , namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Diniyah *et al.* (2025) melaporkan bahwa peningkatan penambahan tepung ubi jalar madu dapat memperkuat aroma khas boba yang manis, karena kandungan gula pada ubi jalar madu lebih tinggi dibandingkan dengan tapioka. Aroma khas ubi jalar muncul akibat proses perebusan, karena sebagian pati terurai menjadi gula sederhana seperti glukosa dan maltosa. Senyawa tersebut memberikan kontribusi terhadap timbulnya aroma manis alami khas ubi (Hervelly *et al.*, 2019).

Menurut Saragih (2014), aroma juga dapat mengalami penurunan selama pengolahan. Aroma suatu bahan pangan dipengaruhi oleh jenis bahan, tingkat kematangan, cara pengolahan, serta kondisi penyimpanan. Perubahan aroma tersebut terjadi karena adanya penguapan senyawa volatil, karamelisasi karbohidrat, dekomposisi protein dan lemak, serta koagulasi protein akibat pemanasan. Aroma erat kaitannya dengan indera penciuman panelis terhadap produk (Garnida *et al.*, 2018).

4.2.2.3 Tekstur

Tekstur adalah sensasi mekanis yang dirasakan melalui mulut saat makanan digigit, dikunyah, atau ditelan, maupun melalui sentuhan dengan jari (Kartika *et al.*, 1988). Tekstur dan konsistensi bahan pangan berpengaruh terhadap cita rasa yang dihasilkan (Winarno, 1997).

Tekstur mengacu pada sifat fisik makanan yang dirasakan melalui indera, seperti sentuhan, rasa, dan penglihatan. Ciri-ciri yang dinilai meliputi kelembapan, kekerasan, kelembutan, kekasaran, dan kadar minyak. Penilaian tekstur biasanya dilakukan dengan tangan atau melalui mulut, seperti menggunakan gigi dan langit-langit. Faktor yang memengaruhi tekstur antara lain adalah sensasi saat disentuh, tingkat keempukan, dan kemudahan dalam mengunyah.

Berdasarkan perhitungan analisis variansi (ANOVA) uji organoleptik pada atribut tekstur diperoleh bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap tekstur boba. Oleh karena itu, dilakukan uji lanjut dengan metode Duncan, yang hasilnya disajikan pada tabel 21.

Tabel 21. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Uji Organoleptik Boba Atribut Tekstur

Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>Annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Atribut Tekstur Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	3,58	a
t ₂ (1:3)	3,65	ab
t ₃ (1:2)	4,11	cd
t ₄ (1:1)	4,28	d
t ₅ (2:1)	3,92	bc
t ₆ (3:1)	4,06	c
t ₇ (1:0)	4,07	cd

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

Berdasarkan tabel 21, perlakuan t₁ menunjukkan nilai tekstur terendah dan hanya tidak berbeda nyata dengan t₂. Perlakuan t₃ tidak berbeda nyata dengan t₄, t₆, dan t₇, namun berbeda nyata dengan t₁, t₂, dan t₅. Perlakuan t₄ menunjukkan nilai tekstur tertinggi dan berbeda nyata dengan semua perlakuan kecuali t₃, t₆, dan t₇.

Penambahan tapioka dalam formulasi boba dapat menghasilkan tekstur yang lebih seimbang. Menurut Kusnandar (2021), tapioka mengandung amilosa sekitar 17% dan amilopektin 83%. Kandungan amilopektin yang tinggi inilah yang membuat tapioka memiliki sifat kenyal. Pada proses gelatinisasi, granula pati tapioka akan mengembang sehingga meningkatkan kekenyalan produk (Fitriyani *et al.*, 2017). Semakin besar proporsi tapioka yang digunakan, maka tingkat kekenyalan boba juga semakin tinggi. Selain itu, (Rosyidah, 2017) menjelaskan bahwa tingginya kadar amilopektin pada tapioka tidak hanya meningkatkan kekenyalan, tetapi juga menambah kelengketan produk. Hal ini sejalan dengan penelitian Utami *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa perlakuan dengan 50% tapioka dan 50% tepung kacang hijau menghasilkan skor kesukaan tekstur tertinggi pada produk nugget

ikan. Kombinasi tersebut mampu menciptakan tekstur yang padat dan kompak, sehingga lebih disukai panelis. Hasil tersebut mendukung bahwa penggunaan perbandingan seimbang antara tapioka dan tepung lain dapat menghasilkan karakteristik tekstur yang optimal serta meningkatkan tingkat penerimaan konsumen.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menguraikan mengenai (5.1) Kesimpulan dan (5.2) Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis bahan baku menunjukkan bahwa kadar air tapioka sebesar, 10,67%, kadar air tepung ubi jalar kuning sebesar 6,16%, dan kadar air tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* sebesar 8,25%, serta *swelling power* tapioka sebesar 7,43 g/g, tepung ubi jalar sebesar 5,92 g/g, dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* sebesar 3,92 g/g.
2. Perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar termodifikasi *annealing* berpengaruh nyata terhadap volume pengembangan, daya serap air, dan organoleptik atribut warna, aroma, serta tekstur.

5.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan terhadap penelitian yang telah dilakukan, yaitu:

1. Perlu dilakukan sterilisasi alat dan bahan sebelum melakukan *annealing* agar hasil modifikasi tetap terjaga dan terhindar dari kontaminasi mikroba saat proses *annealing*.
2. Pada pembuatan boba, tapioka sebaiknya digelatinisasi terlebih dahulu dengan air panas hingga membentuk gel, agar lebih mudah tercampur saat membuat boba.
3. Uji karoten total pada sampel terpilih berdasarkan uji organoleptik terhadap atribut tekstur, yaitu t_4 , sebagai upaya memberikan nilai tambah pada produk boba.
4. Melakukan uji serat pangan dan daya cerna untuk mengetahui nilai gizi dan serta pengaruh serat terhadap penyerapan zat gizi pada boba berbahan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, K. O., Olu-owolabi, B. I., Olayinka, O. O., & Olayide, S. (2005). *Effect of heat moisture treatment and annealing on physicochemical properties of red sorghum starch*. 4(9), 928–933.
- Adhiwono, E. V. H., Fitriyana, V., Laila, E. N., Muflihati, If., & Suhendriani, S. (2024). Karakteristik Boba Okra Merah dan Okra Hijau dengan Penambahan Perbedaan Tepung Sagu dan Tepung Maizena. *Jurnal Agritechno*, 17(02), 174–184.
- Akubor, P. I., & Igba, T. (2019). Effect of pre gelatinization and annealing on the chemical composition , functional and pasting properties of starch prepared from unripe banana fruits. *South Asian J. Food Technol. Env*, 5(1), 807–816.
- Al Bukhori, J., Karim, A., & Hariyadi, P. (2019). Pengaruh Teknik Pengolahan Terhadap Karakteristik Kimia Dan Swelling Power Pada Tapioka Yang Dihasilkan. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 2(2), 142–148.
- Ambarsari, I., Sarjana, & Choliq, A. (2009). Rekomendasi dalam Penetapan Standar Mutu Tepung Ubi Jalar. *Jurnal Standarisasi*, 11(3), 212–219.
- Ardhiyanti, S. D., Kusbiantoro, B., Ahza, A. B., & Faridah, D. N. (2017). Peluang Peningkatan Pati Resisten Tipe III pada Bahan Pangan dengan Metode Hidrotermal. *Iptek Tanaman Pangan*, 12(1), 45–56.
- Asdianto, Limonu, M., & Une, S. (2025). Karakteristik Fisik dan Kimia Mie Kering Ubi Banggai Ungu (*Dioscorea alata*) Termodifikasi Dengan Metode Autoclaving-Cooling. *Jambura Journal of Food Technology (JJFT)*, 7(2), 7–8.
- Ashogbon, A. O., & Akintayo, E. T. (2014). Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources : A review. *Starch/Stärke*, 66(1–2), 41–57. <https://doi.org/10.1002/star.201300106>
- Awuchi, G. C., Igwe, V. S., & Echeta, C. K. (2019). The functional properties of foods and flours. . . *International Journal of Advanced Academic Research*, 5(11), 139–160.
- Azima, F., Nazir, N., & Efendi, H. C. (2020). Characteristics of physico-chemical and functional properties of starch extracts from tubers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1469(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1469/1/012002>
- Bulathgama, B. E. A. U., Gunasekara, G. D. M., Wickramasinghe, I., & Somendrika, M. A. D. (2020). *Development of Commercial Tapioca Pearls used in Bubble Tea by Microwave Heat – Moisture Treatment in Cassava Starch Modification*. 5(1), 103–106.
- Chisenga, S. M., Workneh, T. S., Bultosa, G., & Alimi, B. A. (2019). Progress in

- research and applications of cassava flour and starch : a review. *Journal of Food Science and Technology*, 56(6), 2799–2813. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03814-6>
- Choton, S., Bandral, J. D., Singh, J., Bhat, A., Sood, M., Gupta, N., Reshi, M., & Kaur, D. (2024). Enzymatic Modification of Starch : A Review. *Saudi Journal of Medical and Pharmaceutical Sciences*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.36348/sjmps.2024.v10i01.001>
- Chung, H. J., Liu, Q., & Hoover, R. (2009). Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Carbohydrate Polymers*, 75(3), 436–447.
- Chung, K. M., Moon, T. W., & Chun, J. K. (2000). Influence of annealing on gel properties of mung bean starch. *Cereal Chemistry*, 77(5), 567–571.
- Cornejo-ramírez, Y. I., Martínez-cruz, O., Toro-Sánchez, C. L. Del, Wong-Corral, F. J., Borboa-Flores, J., & Cinco-Moroyoqui, F. J. C.-M. (2018). The structural characteristics of starches and their functional properties The structural characteristics of starches and their functional properties. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 1003–1017. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
- Darmansyah, Utami, E., & Muslih, K. (2016). Analisis Penerimaan Konsumen terhadap Olahan Makanan Presto Tangkapan Sampingan Ikan Pepetek. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 10(2), 39–45.
- Dereje, B., Girma, A., Mamo, D., & Chalchisa, T. (2020). Functional properties of sweet potato flour and its role in product development : a review. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1639–1662. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1818776>
- Diningrum, G. A. A. (2022). *Pengaruh Penambahan Boba dengan berbagai Konsentrasi Tepung Ubi Ungu (Ipomoea batatas L.) Terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik dari Produk YOGUBIU (Yoghurt Boba Ubi Ungu)*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Diniyah, N., Yekti, A. F. M., Afriliana, A., Giyarto, & Subagio, A. (2025). Karakteristik Fisik, Kimia, dan Sensori Boba dari Tepung Ubi Jalar Madu (*Ipomea batatas L. var. Madu*) dan Tapioka. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 18(1), 65–80.
- Dutta, D., & Sit, N. (2022). Annealing and Heat - Moisture Treatment Comparison of Properties of Films Prepared from Potato Starch Modified by Annealing and Heat – Moisture Treatment. *Starch-Stärke*, 74(11–12), 2200110. <https://doi.org/10.1002/star.202200110>
- Fida, R. (2022). Uji hedonik Produk Hard Biscuit Pada Tepung Pisang Dengan Metode Annealing dan Retrogradasi. *Jurnal KaliAgri*, 3(2), 43–50.
- Figo, R. (2024). *Pengaruh Kandungan Kimia Beberapa Genotipe Ubi Jalar Putih (Ipomea batatas L.) Terhadap Daya Simpan Umbi Sebagai Bahan Tanam*. Politeknik Negeri Lampung.

- Fitriyani, E., Nuraenah, N., & Nofreena, A. (2017). Tepung Ubi Jalar sebagai Bahan Filler Pembentuk Tekstur Baso Ikan. *Jurnal Galung Tropika*, 6(1), 19–32.
- Fonseca, L. M., El Halal, S. L. M., Dias, A. Re. G., & Zavareze, E. da R. (2021). Physical modification of starch by heat-moisture treatment and annealing and their applications : A review. *Carbohydrate Polymers*, 274, 118665. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118665>
- Fu, Y., Dai, L., & Yang, B. B. (2005). Original article Microwave finish drying of (tapioca) starch pearls. *International Journal of Food Science and Technology*, 40(2), 119–132. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00898.x>
- Ganjar, I. R., Sjamsuridzal, W., & Oetari, A. (2006). *Mikrobiologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Garnida, Y. (2020). *Uji Inderawi & Sensori Pada Industri Pangan* (A. S. Hamidin (ed.)). Manggu Makmur Tanjung Lestari.
- Garnida, Y., Suliasih, N., & Ismaya, P. L. (2018). Pengaruh Suhu Pengeringan dan Jenis Jagung terhadap Karakteristik Teh Herbal Rambut Jagung (Corn Silk Tea). *Pasundan Food Technology Journal*, 5(1), 63–71.
- Gasperz, V. (1995). *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*.
- Ginting, E., Antarlina, S. S., & Utomo, J. S. (2006). *Teknologi pasca panen ubi jalar mendukung diversifikasi pangan dan pengembangan agroindustri*. 28(11), 15–28.
- Ginting, E., Yulifianti, R., & Jusuf, M. (2014). Ubijalar Sebagai Bahan Diversifikasi Pangan Lokal Sweet Potatoes as Ingredients of Local Food Diversification. *Jurnal Pangan*, 23(2), 194–206.
- Giri, N. A., & Sakhale, B. K. (2019). *Sweet potato (Ipomoea batatas L .): A valuable tropical tuber crop : A review*. 8(6), 182–191.
- Hapsari, R. B., Supriyanto, & Triwitono, P. (2024). Karakteristik fisik, kimia, dan daya terima kerupuk karak dengan penambahan tepung beras dan tepung tapioka serta perbedaan metode pemasakan. *Pro Food (Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan)*, 10(2), 96–105.
- Hervelly, Rohima, I. E., & Fauziah, S. (2019). Karakteristik Tepung Ubi Jalar (Ipomoea batatas L) Termodifikasi secara Fermentasi Menggunakan Koji Bacillus subtilis dan Aplikasinya pada Pengolahan Pangan. *Pasundan Food Technology Journal*, 6(1).
- Hidayati, F. U. N. (2013). *Daya Pembengkakan (Swelling Power) Campuran Tepung Kimpul (Xanthosoma sagittifolium) dan Tepung Terigu Terhadap Tingkat Pengembangan dan Kesukaan Sensorik Roti Tawar*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Histifarina, D., Purnamasari, N, R., & Rahmat, R. (2023). Potential development and utilization of sweet potato flour as a raw material for the food industry Potential development and utilization of sweet potato flour as a raw material for the food industry. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental*

- Science*, 1230(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1230/1/012006>
- Hormdok, R., & Noomhorm, A. (2007). Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. *LWT - Food Science and Technology*, 40(10), 1723–1731.
- Imam, R. H., Primaniyarta, M., & Palupi, N. S. (2014). Konsistensi Mutu Pilus Tepung Tapioka : Identifikasi Parameter Utama Penentu Kerenyahan. *Jurnal Mutu Pangan*, 1(2), 91–99.
- Imanningsih, N. (2012). Profil gelatinisasi beberapa formulasi tepung-tepungan untuk pendugaan sifat pemasakan. *Penel Gizi Makan*, 35(1), 13–22.
- Indraswati, D. (2016). *Kontaminasi Makanan (food Contamination) oleh Jamur*. Forum Ilmiah Kesehatan (FORIKES).
- Jannah, A. N., Julianti, E., & Lubis, L. M. (2017). Pengaruh metode perlakuan awal (pre-treatment) dan suhu pengeringan terhadap mutu fisik tepung ubi jalar oranye. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 5(2), 245–250.
- Jayakody, L., & Hoover, R. (2008). Effect of annealing on the molecular structure and physicochemical properties of starches from different botanical origins—A review. *Carbohydrate Polymers*, 74(3), 691–703.
- Juanda, D., & Cahyono, B. (2000). *Ubi Jalar Budi Daya dan Analisis Usaha Tani*. Kanisius.
- Juliana, Pramono, R., Yudistira, I. G. A., Josephine, G. K., & Wijaya, J. S. (2022). Experimental Design Sensory Quality Boba Developed From Pumpkin. *International Journal of Applied Business and International Management (IJABIM)*, 7(1), 17–29.
- Kammona, S., Othman, R., Jaswir, I., & Jamal, P. (2015). Characterisation of Carotenoid Content in Diverse Local Sweet Potato (*Ipomea batatas*) Flesh Tubers. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7(2), 347–351.
- Kartika, B. P., Hastuti, & Supartono, W. (1988). *Pedoman Uji Indrawi Bahan Pangan*. Universitas Gadjah Mada.
- Kaur, B., Chin, Q. R. Y., Fang, N. G. C., Ponnlagu, S., & Henry, C. J. (2022). Comparison of boba pearls made from tapioca starch and other unconventional flours and starches: Their glycaemic response (GR). *Malaysian Journal of Nutrition*, 28(3), 357–368. <https://doi.org/10.31246/mjn-2021-0091>
- Kautsary, K. A. (2014). *Pengaruh Modifikasi Fisik Annealing Terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Ubi Jalar Oranye (Ipomea batatas L.) Varietas Beta 2 (Kajian Suhu dan Lama Perendaman Chips)*. Universitas Brawijaya.
- Kunle, O. O. (2019). Starch Source and Its Impact on Pharmaceutical Applications. *Chemical Properties of Starch*, 35, 1–14.
- Kusnandar, F. (2021). *Kimia Pangan Komponen Makro* (L. I. Darojah (ed.); 1st ed.). Bumi Aksara. <https://ipusnas2.perpusnas.go.id/read-book>

- Kusumayanti, H., Handayani, N. A., & Santosa, H. (2015). Swelling power and water solubility of cassava and sweet potatoes flour. *Procedia Environmental Sciences*, 23(Ictcred 2014), 164–167. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.025>
- Kusweni, N. A., Subagio, A., & Diniyah, N. (2024). Perbedaan Suhu dan Lama Perendaman Mocaf Dengan Modifikasi Annealing Terhadap Sifat Fungsional Teknis dan Kandungan Pati. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 25(2), 151–160.
- Laveriano-santos, E. P., Anallely, L.-Y., Jaime-Rodriguez, C., González-Coria, J., Lamuela-Raventós, R. M., Vallverdú-Queralt, A., Romanyà, J., & Pérez, M. (2022). Sweet Potato Is Not Simply an Abundant Food Crop: A Comprehensive Review of Its Phytochemical Constituents, Biological Activities, and the Effects of Processing †. *Antioxidants*, 11(9), 1648.
- Leach, H. W., Cowen, L. D. M., & Schoch, T. J. (1965). Structure of The Starch Granules, in Swelling and Solubility Patterns of Various Starches. *Cereal Chemistry*, 36, 534–544.
- Lestari, S. U., & Julianto, R. P. D. (2020). Analisis Keragaman Genetik dan Kekerabatan Genotipe Ubi Jalar Berdasarkan Karakter Morfologi Analisis Keragaman Genetik dan Kekerabatan Genotipe Ubi Jalar Berdasarkan Karakter Morfologi. *Buletin Palawija*, 18(2), 113–122. <https://doi.org/10.21082/bulpa.v18n2.2020.p113-122>
- Mahardika, A., Dewi, L., Puspita, D., & Rondonuwu, F. F. (2021). Pemanfaatan Tepung Agar Sebagai Pembungkus Protein Ikan pada Tempe. *Science Technology and Management Journal*, 1(2), 80–88.
- Maniglia, B. C., Castanha, N., Le-bail, P., Le-bail, A., & Pedro, E. D. A. (2020). Starch modification through environmentally friendly alternatives: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(15), 2482–2505. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1778633>
- Min, J. E., Green, D. B., & Kim, L. (2016). Calories and sugars in boba milk tea: implications for obesity risk in Asian Pacific Islanders. *Food Science & Nutrition*, 5(1), 38–45. <https://doi.org/10.1002/fsn3.362>
- Mohanraj, R., & Sivasankar, S. (2013). REVIEW Sweet Potato (Ipomoea batatas [L.] Lam) - A Valuable Medicinal Food: A Review. *Journal of Medicinal Food*, 17(7), 1–9. <https://doi.org/10.1089/jmf.2013.2818>
- Nogueira, A. C., Sehn, G. A. R., Rebellato, A. P., Coutinho, J. P., Godoy, H. T., Chang, Y. K., Steel, C. J., & Clerici, M. T. P. S. (2018). Yellow sweet potato flour: use in sweet bread processing to increase β -carotene content and improve quality. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 90(1), 283–293.
- Nurainy, F., Sugiharto, R., & Sari, D. W. (2015). Pengaruh Perbandingan Tepung Tapioka dan Tepung Jamur Tiram Putih (Pleurotus Oestreatus) terhadap Volume Pengembangan, Kadar Protein, dan Organoleptik Kerupuk. *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian*, 20(1), 11–24.
- Nurdjannah, R., Apriliani, S. A., & Widowati, S. (2018). Penurunan Indeks

- Glikemik Beras Pratanak dengan Bahan Baku Gabah Kering Panen (GBK). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 15(2), 106–114.
- Ode, A. J., Savitri, I. K. E., & Lewerissa, S. (2023). Karakteristik Boba Dengan Penambahan Tepung Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 3(1), 34–42.
- Ogbuji, C. A., & David-Chukwu, N. P. (2016). Glycemic indices of different cassava food products. *European Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3), 1–7.
- Oliveira, L. S. De, David, A., Cardona, C., Henrique, P., Cardines, F., Barros, M. De, Aparecida, A., Tomal, B., & Rocha, T. D. S. (2024). Physicochemical Characterization of In Situ Annealed Starch and Its Application in a Fermented Dairy Beverage. *Fermentation*, 10(6), 321.
- Pahlevi, R. (2021). *Nilai Pasar Bubble Tea di Negara-negara Asia Tenggara*. <https://databoks.katadata.co.id/food-beverage-tobacco/statistik/97796977c33125b/pasar-boba-indonesia-terbesar-di-asia-tenggara>. Diakses 15 September 2024
- Patria, A., Husna, N. El, Lubis, Y. M., & Novita, M. (2013). *Physically modified of sweet potato flour (Ipomea batatas) by variation of steaming time and drying method*. 78–82.
- Ponelo, S. S., Bait, Y., & Ahmad, L. (2022). Pengaruh Penambahan Tepung Kacang Hijau Termodifikasi Annealing terhadap Karakteristik Fisik, Kimia, dan Organoleptik Roti French Baquette. *Jambura of Journal of Food Technology*, 4(2), 185–197.
- Prameswari, I. K., Manuhara, G. J., Amanto, B. S., & W, A. (2018). Effect of water volume based on water absorption and mixing time on physical properties of tapioca starch – wheat composite bread. *Journal of Physics: Conference Series*, 1022(1), 012029.
- Pratiwi, A. D. P., Nurdjanah, S., & Utomo, T. P. (2020). Pengaruh Suhu dan Lama Pemanasan Saat Proses Blansing Terhadap Sifat Kimia, Fisikokimia, dan Fisik Tepung Ubi Kayu. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(2), 117–125.
- Pujiastuti, C., Amalya, R., Lumbraja, T. M. M. V. J. B., Suprihatin, Sari, N. K., Dewati, R., & Susilowati. (2024). Potensi Ubi Jalar Kuning dan Pemanfaatannya Sebagai Bahan Minuman Kekinian Boba. *Jurnal Abdimas Teknik Kimia (JATEKK)*, 04(2), 11–15.
- Purnomo, C. P. (2021). *Inovasi Pembuatan Boba (Bubble Pearls) dengan Substitusi Tepung Ubi Ungu (Ipomea batatas L. Poir) dan Sari Kacang Merah (Phaseolus vulgaris L.)*. Universitas Katolik Seogiprajanata.
- PUSDATIN. (2023a). *Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2023* (Mas'ud & S. Wahyuningsih (eds.)). Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- PUSDATIN. (2023b). *Statistik Penunjang Data Ekonomi Pertanian Tahun 2023*

- (Mas'ud & S. Wahyuningsih (eds.); Vol. 3, Issue 1). Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Putri, A., Arpi, N., & Noviasari, S. (2025). The impact of modifications (preheating and heatmoisture treatment) on the characteristics of sweet potato flour (*Ipomea batatas* L.). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1510(1012029). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1510/1/012029>
- Putri, E. P. (2015). *Pembuatan Nastar Komposit Tepung Ubi Jalar Kuning (Ipomoea Batatas L) Varietas Jago*. Universitas Negeri Semarang.
- Ratasrisomboon, N. (2016). *The Effect of Modified Starch onto the Quality of Tapioca Pearl under Low Temperature Storage in Sucrose Syrup*. Assumption University of Thailand.
- Richana, N., & Widaningrum. (2009). Penggunaan Tepung dan Pasta Dari Beberapa Varietas Ubi Jalar Sebagai Bahan Baku Mi. *Jurnal Pascapanen*, 6(1), 43–53.
- Rohmi, Fikri, Z., & Pujasari, N. K. R. (2019). Ubi Jalar Putih (*Ipomoea Batatas* L.) Media Alternatif Pertumbuhan *Aspergillus Niger*. *Jurnal Kesehatan Prima*, 13(2), 143–150.
- Ronie, M. E., Mamat, H., Hazim, A., Aziz, A., Mohammad, N., Kobun, R., Pindi, W., Zainol, M. K., & Putra, N. R. (2025). The Potential and Current Applications of Tapioca (*Manihot esculenta* Crantz) Flour and Starch as Functional Ingredients in Food Products – a Review. *International Journal of Food*, 2(1), 34–64.
- Rosidah. (2014). Potensi Ubi Jalar Sebagai Bahan Baku Industri Pangan. *TEKNOBUGA*, 1(1), 44–52.
- Rosyidah, A. (2017). *Karakteristik Fisikokimia Keju Cedar Olahan dengan Penambahan Filler Berbasis Singkong*. Institut Pertanian Bogor.
- Rusdianto, A. S., Purnamasari, D. A., & Herlina. (2024). Characterization of Bubble Pearls from a Mixture of Tapioca and Glucomannan. *International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources*, 05(02), 44–53.
- Ruwanti, S. (2010). *Optimasi Kadar β -KAROTEN Pada Proses Pembuatan Tepung Ubi Jalar Oranye (Ipomoea batatas L) dengan Menggunakan Response Surface Methodology (RSM)*. Universitas Sebelas Maret.
- Saragih, R. (2014). Uji Kesukaan Panelis pada Teh Daun Torbangun (*Coleus amboinicus*). *E-Journal WIDYA Kesehatan Dan Lingkungan*, 1(1), 46–52.
- Sarrouh, B., Santos, T. M., Miyoshi, A., Dias, R., & Azevedo, V. (2012). Up-To-Date Insight on Industrial Enzymes Applications and Global Market. *Bioprocessing & Biotechniques*, 4(002), 320. <https://doi.org/10.4172/2155-9821.S4-002>
- 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.

- Setiavani, G., Moulia, M. N., Suarti, B., Harahap, N., & Astuti, L. T. W. (2023). Pengaruh Penambahan Tepung Porang (*Amorphophallus mulleri*) Termomodifikasi terhadap Daya Serap Air, Kadar Protein dan Organoleptik Mi Kering. *PANGAN*, 32(3), 207–218.
- Sunyoto, M., Andoyo, R., Radiani, H. A., & Rista, N. (2017). Kajian Karakteristik Pure Kering Ubi Jalar Dengan Perlakuan Suhu dan Lama Annealing Sebagai Sediaan Pangan Darurat. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(1), 1–10.
- Susilawati, & Medikasari. (2008). Kajian Formulasi Tepung Terigu dan Tepung dari Berbagai Jenis Ubi Jalar Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Biskuit Non-Flaky Crackers. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi II 2008*.
- Susilawati, Nurdjanah, S., & Putri, S. (2008). Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Ubi Kayu (*Manihot esculenta*) Berdasarkan Lokasi Penanaman dan Umur Panen Berbeda. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 13(2), 59–72.
- Sutanto, T. K. (2018). *Pengaruh Penambahan Tepung Ubi Jalar Kuning (Ipomea batatas L.) Sebagai Pengganti Boraks Pada Bakso Daging Sapi*. Universitas Katolik Seogijapranata.
- Taufani, R. (2020). *Korelasi Waktu Perendaman Terhadap Karakteristik Tepung Ubi Jalar Kuning (Ipomea batatas L.) yang telah Dimodifikasi secara Annealing*. Universitas Pasundan.
- Tester, R. F., & Debon, J. J. (2000). Annealing of starch — a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 27(1), 1–12.
- Trung, P. T. B., Ngoc, L. B. B., Hoa, P. N., Tien, N. N. T., & Hung, P. Van. (2017). Impact of Heat-moisture and Annealing Treatments on Physicochemical Properties and Digestibility of Starches from Different Colored Sweet Potato Varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1071–1078. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.131>
- Umanahu, I., Polnaya, F. J., & Breemer, R. (2023). Pengaruh Konsentrasi Tapioka terhadap Karakteristik Kimia dan Organoleptik Kerupuk Sawi (*Brassica chinensis* var *Parachinensis*). *Jurnal Agrosilvopasture-Tech*, 2(2), 240–247.
- USDA. (2018). *USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Legacy*. <https://www.nal.usda.gov/human-nutrition-and-food-safety/nutrient-lists-standard-reference-legacy-2018>
- Utami, S. P., Astuti, S., Herdiana, N., & Sartika, D. (2023). Formulasi Tepung Kacang Hijau dan Tepung Tapioka terhadap Sifat Sensori Nugget Ikan Swanggi (*Priacanthus tayenus*). *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 2(2), 284–297.
- Wahyuni, S., Khaeruni, A., Dahlan, A., Rahayu, A., & Salim, E. (2024). Modifikasi tepung gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.) dengan fermentasi ragi tape dan annealing serta aplikasinya pada pembuatan cookies. *Agrointek*, 18(3), 693–704. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v18i3.22107>
- Widowati, S. (2010). Diversifikasi Konsumsi Pangan Berbasis Ubi Jalar. *Pangan*,

20(1), 49–61.

Winarno, F. G. (1997). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama.

Winarno, F. G. (2002). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama.

Winarno, F. G. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama.

Yang, S., Hu, W., Qiao, S., Song, W., & Tan, W. (2025). Advances in Processing Techniques and Determinants of Sweet Potato Starch Gelatinization. *Foods*, 14(4), 545.

Yuwono, S. S., & Susanto, T. (1998). *Pengujian Fisik Pangan*. Universitas Brawijaya.

Zavareze, E. da R., & Dias, A. R. G. (2011). Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches : A review. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 317–328. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.064>

Zhao, Y., & Saldaña, M. D. (2019). Hydrolysis of cassava starch, chitosan and their mixtures in pressurized hot water media. *The Journal of Supercritical Fluids*, 147, 293–301.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Ulangan Percobaan

Perhitungan Ulangan Percobaan

Penentuan jumlah ulangan pada penelitian menggunakan rumus (Gomez, 1995) sebagai berikut ini:

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

Keterangan :

r = ulangan

t = perlakuan

Perhitungan :

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

$$(7-1)(r-1) \geq 15$$

$$6(r-1) \geq 15$$

$$6r-6 \geq 15$$

$$6r \geq 21$$

$$r \geq 3,5 \approx 4$$

Oleh karena itu diperoleh 4 kali ulangan untuk masing-masing perlakuan hingga didapatkan 28 percobaan.

Lampiran 2. Analisis Kadar Air Metode Gravimetri (AOAC, 2010)

Cawan yang akan digunakan dioven terlebih dahulu selama 30 menit pada suhu 100-105°C. Selanjutnya cawan didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang. Sebanyak 2 gram sampel ditimbang dalam cawan yang telah diketahui bobot keringnya. Setelah itu sampel tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit dan didinginkan selama 5 menit. Sesudah itu sampel dimasukkan eksikator untuk kemudian ditimbang bobot akhirnya. Proses ini dilakukan hingga diperoleh bobot akhir yang konstan.

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

W_0 = berat cawan konstan

W_1 = berat cawan konstan + sampel

W_2 = berat cawan + sampel konstan

Lampiran 3. Analisis *Swelling Power* Metode Leach *et al.* (1965)

Daya pengembangan (*swelling power*) ditentukan dengan menggunakan metode Leach. Sampel ditimbang sebanyak 0,1 g kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi dan dilarutkan dengan 10 ml air suling. Tabung berisi sampel dipanaskan dalam *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit dengan pengadukan konstan. Sampel disentrifugasi pada kecepatan 1600 rpm selama 15 menit. Endapan yang terbentuk kemudian ditimbang dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Swelling\ power\ (g/g) = \frac{berat\ pasta\ yang\ diendapkan}{berat\ sampel\ kering}$$

Lampiran 4. Analisis Volume Pengembangan Metode Yuwono & Susanto (1998)

Sampel boba yang belum dimasak dari masing-masing perlakuan diukur diameternya menggunakan jangka sorong kemudian direbus selama 25 menit dan ditiriskan selama 5 menit. Sampel boba yang sudah dimasak dan ditiriskan diukur kembali diameternya menggunakan jangka sorong dan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Volume bola} = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\text{Volume pengembangan (\%)} = \frac{V_b - V_a}{V_a} \times 100\%$$

Keterangan:

V_a = volume boba sebelum dimasak

V_b = volume boba sesudah dimasak

Lampiran 5. Daya Serap Air (Mahardika *et al.*, 2021)

Pengujian daya serap air dilakukan dengan menimbang sebanyak 1 gram boba kering menggunakan neraca analitik. Sampel kemudian direndam dalam akuades selama 2 jam pada suhu ruang. Setelah perendaman, boba ditiriskan dan ditimbang kembali untuk menentukan peningkatan berat akibat penyerapan air.

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

Keterangan:

W_1 = berat boba sebelum direndam (g)

W_2 = berat boba setelah direndam (g)

[illegible]

Lampiran 7. Perhitungan Kebutuhan dan Anggaran Penelitian

Tabel 22. Kebutuhan Sampel Analisis Penelitian Pendahuluan

Bahan	Analisis	Kebutuhan sampel (g)	Ulangan	Jumlah (g)
Tapioka	Kadar air	2	2	4
	<i>Swelling power</i>	0,1	2	0,2
Tepung ubi jalar kuning	Kadar air	2	2	4
	<i>Swelling power</i>	0,1	2	0,2
	<i>Annealing</i>	300	4	1200
Tepung ubi jalar kuningtermodifikasi <i>annealing</i>	Kadar air	2	2	4
	<i>Swelling power</i>	0,1	2	0,2

Tabel 23. Kebutuhan Sampel Analisis Penelitian Utama

Bahan	Analisis	Kebutuhan sampel (g)	Perlakuan	Ulangan	Jumlah (g)
Boba	Volume pengembangan	1	7	4	28
	Daya serap air	1	7	4	28
	Organoleptik	1 x 30 = 30	7	4	840
Total					896

Tabel 24. Kebutuhan Tapioka pada Pembuatan Boba

Formulasi	Kebutuhan bahan (g)	Ulangan	Total (g)
t ₁ (0:1)	0	4	0
t ₂ (1:3)	20	4	80
t ₃ (1:2)	27	4	108
t ₄ (1:1)	40	4	160
t ₅ (2:1)	53	4	212
t ₆ (3:1)	60	4	240
t ₇ (1:0)	80	4	320
Total			1120

Tabel 25. Kebutuhan Tepung Ubi Jalar pada Pembuatan Boba

Formulasi	Kebutuhan bahan (g)	Ulangan	Total (g)
t ₁ (0:1)	80	4	320
t ₂ (1:3)	60	4	240
t ₃ (1:2)	53	4	212
t ₄ (1:1)	40	4	160
t ₅ (2:1)	27	4	108
t ₆ (3:1)	20	4	80
t ₇ (1:0)	0	4	0
Total			1120

Tabel 26. Kebutuhan Gula dan Air Pada Pembuatan Boba

Bahan	Kebutuhan bahan (g)	Perlakuan	Ulangan	Total (g)
Gula	10	7	4	280
Air	130	7	4	3640
Total				3920

Tabel 27. Total Biaya Analisis Penelitian Pendahuluan

Analisis	Perlakuan	Ulangan	Harga per sampel (Rp)	Total (Rp)
Kadar air	3	2	3000	18000
<i>Swelling power</i>	3	2	15000	90000
Total				108000

Tabel 28. Total Biaya Analisis Penelitian Utama

Analisis	Perlakuan	Ulangan	Harga per sampel (Rp)	Total (Rp)
Volume pengembangan	7	4	10000	280000
Daya serap air	7	4	10000	280000
Total				560000

Tabel 29. Rincian Anggaran Biaya Penelitian

Nama bahan	Jumlah bahan (g)	Harga (Rp)	Kuantitas	Jumlah (Rp)
Tapioka	1124,2	8000	3	24000
Tepung ubi jalar kuning	1200	48850	2	97700
Gula	35	17500	1	17500
Total Biaya				139200

Lampiran 8. Data Kadar Air Analisis Bahan Baku

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Tabel 30. Rata-rata Data Kadar Air Analisis Bahan Baku

Sampel	W sampel (g)	W ₀ (g)	W ₁ (g)	W ₂ (g)	Kadar air (%)	Rata-rata
Tepung tapioka	2,006	22,458	24,464	24,251	10,62	10,67%
	2,007	31,071	33,078	32,863	10,71	
Tepung ubi jalar kuning	2,010	41,100	43,11	42,987	6,12	6,16%
	2,004	29,972	31,976	31,852	6,19	
Tepung ubi jalar kuning termodifikasi <i>annealing</i>	2,001	31,098	33,099	32,929	8,49	8,25%
	2,001	29,986	31,987	31,827	8	

Lampiran 9. Data *Swelling Power* Analisis Bahan Baku

$$\text{Swelling power (g/g)} = \frac{\text{berat pasta yang diendapkan}}{\text{berat sampel kering}}$$

Tabel 31. Rata-rata Data *Swelling Power* Analisis Bahan Baku

Sampel	Berat sampel (g)	Berat endapan (g)	<i>Swelling power</i> (g/g)	Rata-rata
Tepung tapioka	0,111	0,870	7,84	7,43 g/g
	0,104	0,730	7,01	
Tepung ubi jalar kuning	0,100	0,657	6,57	5,92 g/g
	0,100	0,527	5,27	
Tepung ubi jalar kuning termodifikasi <i>annealing</i>	0,100	0,441	4,41	3,92 g/g
	0,104	0,356	3,42	

Lampiran 10. Data Analisis Volume Pengembangan

Tabel 32. Data Analisis Volume Pengembangan Ulangan 1

Perlakuan	V₁ (cm)	V₂ (cm)	V_a (cm)	V_b (cm)	Volume pengembangan (%)
t ₁ (0:1)	1,035	1,121	0,58	0,74	8,31
t ₂ (1:3)	1,135	1,237	0,77	0,99	8,99
t ₃ (1:2)	1,26	1,406	1,05	1,45	11,59
t ₄ (1:1)	1,1	1,241	0,70	1,00	12,82
t ₅ (2:1)	1,07	1,2	0,64	0,90	12,15
t ₆ (3:1)	1,11	1,264	0,72	1,06	13,87
t ₇ (1:0)	1,12	1,343	0,74	1,27	19,91

Tabel 33. Data Analisis Volume Pengembangan Ulangan 2

Perlakuan	V₁ (cm)	V₂ (cm)	V_a (cm)	V_b (cm)	Volume pengembangan (%)
t ₁ (0:1)	1,095	1,165	0,69	0,83	6,39
t ₂ (1:3)	1,165	1,276	0,83	1,09	9,53
t ₃ (1:2)	1,09	1,224	0,68	0,96	12,29
t ₄ (1:1)	1,085	1,26	0,67	1,05	16,13
t ₅ (2:1)	1,155	1,35	0,81	1,29	16,88
t ₆ (3:1)	1,08	1,315	0,66	1,19	21,76
t ₇ (1:0)	1,1	1,3	0,70	1,15	18,18

Tabel 34. Data Analisis Volume Pengembangan Ulangan 3

Perlakuan	V₁ (cm)	V₂ (cm)	V_a (cm)	V_b (cm)	Volume pengembangan (%)
t ₁ (0:1)	1,05	1,078	0,61	0,66	8,22
t ₂ (1:3)	1,18	1,218	0,86	0,95	9,98
t ₃ (1:2)	1,08	1,123	0,66	0,74	12,43
t ₄ (1:1)	1,065	1,116	0,63	0,73	15,07
t ₅ (2:1)	1	1,05	0,52	0,61	15,76
t ₆ (3:1)	1,11	1,169	0,72	0,84	16,81
t ₇ (1:0)	1,07	1,135	0,64	0,77	19,35

Tabel 35. Data Analisis Volume Pengembangan Ulangan 4

Perlakuan	V ₁ (cm)	V ₂ (cm)	V _a (cm)	V _b (cm)	Volume pengembangan (%)
t ₁ (0:1)	1,025	1,058	0,6	0,62	9,97
t ₂ (1:3)	1,04	1,072	0,6	0,64	9,52
t ₃ (1:2)	1,05	1,092	0,6	0,68	12,49
t ₄ (1:1)	1,08	1,135	0,7	0,77	16,07
t ₅ (2:1)	1,13	1,192	0,8	0,89	17,38
t ₆ (3:1)	1,075	1,139	0,7	0,77	18,94
t ₇ (1:0)	1,155	1,227	0,8	0,97	19,89

Tabel 36. Rata-rata Data Volume Pengembangan Boba

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rata-rata
	1	2	3	4		
t ₁ (0:1)	8,31	6,39	8,22	9,97	32,89	8,22
t ₂ (1:3)	8,99	9,53	9,98	9,52	38,01	9,50
t ₃ (1:2)	11,59	12,29	12,43	12,49	48,79	12,20
t ₄ (1:1)	12,82	16,13	15,07	16,07	60,08	15,02
t ₅ (2:1)	12,15	16,88	15,76	17,38	62,17	15,54
t ₆ (3:1)	13,87	21,76	16,81	18,94	71,39	17,85
t ₇ (1:0)	19,91	18,18	19,35	19,89	77,34	19,33
Jumlah	87,64	101,17	97,61	104,26	390,67	97,67
Rata-rata	12,52	14,45	13,94	14,89	55,81	13,95

Perhitungan Volume Pengembangan

$$\text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{(\text{Total Data Transformasi})^2}{\sum \text{perlakuan} \times \sum \text{ulangan}} = \frac{(390,67)^2}{7 \times 4} = 5450,88$$

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= [(t_{1.1})^2 + (t_{1.2})^2 + \dots + (t_{7.4})^2] - \text{FK} \\ &= [(8,31)^2 + (6,39)^2 + \dots + (19,89)^2] - 5450,88 \\ &= 480,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \left[\frac{(\sum t_1)^2 + (\sum t_2)^2 + (\sum t_3)^2 + \dots + (\sum t_7)^2}{\sum \text{ulangan}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(8,22)^2 + (9,50)^2 + (12,20)^2 + \dots + (19,33)^2}{4} \right] - 5450,88 \\ &= 414,075 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKK} &= \left[\frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2 + (\sum K4)^2}{\sum \text{sampel}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(12,52)^2 + (14,45)^2 + (13,94)^2 + (14,89)^2}{7} \right] - 5450,88 \\ &= 22,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKK} \\ &= 480,76 - 414,075 - 22,34 \\ &= 44,35 \end{aligned}$$

Tabel 37. Analisis Variansi (ANOVA) Volume Pengembangan Boba

Sumber Variansi	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	3	22,340	7,447	3,37*	3,16
Perlakuan	6	414,075	69,01	31,25*	2,66
Galat	18	39,748	2,208		
Total	27	480,763			

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANOVA diketahui bahwa nilai F hitung $\geq$ nilai F tabel 5%, hal ini menunjukkan bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap volume pengembangan boba, maka perlu dilakukan uji lanjut untuk melihat pengaruh dari masing-masing perlakuan.

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{2,208}{4}} = 0,74$$

Tabel 38. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Volume Pengembangan Boba

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-Rata	Perlakuan							Taraf Nyata
				1	2	3	4	5	6	7	
-	-	t ₁	8,22	-							a
2,97	2,21	t ₂	9,50	1,28 ^{tn}	-						a
3,12	2,32	t ₃	12,20	3,98*	2,70*	-					b
3,21	2,39	t ₄	15,02	6,80*	5,52*	2,82*	-				c
3,27	2,43	t ₅	15,54	7,32*	6,04*	3,35*	0,52 ^{tn}	-			cd
3,32	2,47	t ₆	17,85	9,62*	8,34*	5,65*	2,83*	2,30 ^{tn}	-		de
3,35	2,49	t ₇	19,33	11,11*	9,83*	7,14*	4,31*	3,79*	1,49 ^{tn}	-	e

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh nyata

Tabel 39. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termomodifikasi *Annealing* terhadap Volume Pengembangan Boba

Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termomodifikasi <i>Annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Volume Pengembangan Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	8,22	a
t ₂ (1:3)	9,50	a
t ₃ (1:2)	12,20	b
t ₄ (1:1)	15,02	c
t ₅ (2:1)	15,54	cd
t ₆ (3:1)	17,85	de
t ₇ (1:0)	19,33	e

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil analisis volume pengembangan boba dapat disimpulkan bahwa t₁ dan t₂ tidak berbeda nyata, tetapi keduanya berbeda nyata dengan t₃ hingga t₇. Perlakuan t₃ berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Perlakuan t₄ tidak berbeda nyata dengan t₅, namun berbeda nyata dengan t₁, t₂, t₃, t₆ dan t₇. Perlakuan t₅ tidak berbeda nyata dengan t₄ dan t₆, tetapi berbeda nyata dengan t₁, t₂, t₃, dan t₇. Perlakuan t₆ tidak berbeda nyata dengan t₅ dan t₇, namun berbeda nyata dengan t₁ hingga t₄. Sementara itu, t₇ berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya kecuali t₆.

Lampiran 11. Data Analisis Daya Serap Air

Tabel 40. Data Analisis Daya Serap Air Ulangan 1

Perlakuan	W ₁ (g)	W ₂ (g)	Daya serap air (%)
t ₁ (0:1)	1,1	1,272	15,64
t ₂ (1:3)	1	1,196	19,60
t ₃ (1:2)	1	1,235	23,50
t ₄ (1:1)	1	1,321	32,10
t ₅ (2:1)	1,1	1,432	30,18
t ₆ (3:1)	1	1,303	30,30
t ₇ (1:0)	1,1	1,41	28,18

Tabel 41. Data Analisis Daya Serap Air Ulangan 2

Perlakuan	W ₁ (g)	W ₂ (g)	Daya serap air (%)
t ₁ (0:1)	1	1,205	20,50
t ₂ (1:3)	1,3	1,668	28,31
t ₃ (1:2)	1,3	1,712	31,69
t ₄ (1:1)	1,1	1,375	25,00
t ₅ (2:1)	1,18	1,527	29,02
t ₆ (3:1)	1	1,179	17,90
t ₇ (1:0)	1,2	1,453	21,08

Tabel 42. Data Analisis Daya Serap Air Ulangan 3

Perlakuan	W ₁ (g)	W ₂ (g)	Daya serap air (%)
t ₁ (0:1)	1	1,163	16,30
t ₂ (1:3)	1,1	1,335	21,36
t ₃ (1:2)	1,2	1,486	23,83
t ₄ (1:1)	1,1	1,387	26,09
t ₅ (2:1)	1,2	1,467	22,25
t ₆ (3:1)	1	1,279	27,90
t ₇ (1:0)	1,3	1,745	34,23

Tabel 43. Data Analisis Daya Serap Air Ulangan 4

Perlakuan	W₁ (g)	W₂ (g)	Daya serap air (%)
t ₁ (0:1)	1	1,094	9,40
t ₂ (1:3)	1	1,265	26,50
t ₃ (1:2)	1,2	1,434	19,50
t ₄ (1:1)	1,2	1,402	16,83
t ₅ (2:1)	1,1	1,351	22,82
t ₆ (3:1)	1	1,292	29,20
t ₇ (1:0)	1,1	1,575	43,18

Tabel 44. Rata-rata Data Daya Serap Air Boba

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rata-rata
	1	2	3	4		
t ₁ (0:1)	15,64	20,50	16,30	9,40	61,84	15,46
t ₂ (1:3)	19,60	28,31	21,36	26,50	95,77	23,94
t ₃ (1:2)	23,50	31,69	23,83	19,50	98,53	24,63
t ₄ (1:1)	32,10	25,00	26,09	16,83	100,02	25,01
t ₅ (2:1)	30,18	29,02	22,25	22,82	104,27	26,07
t ₆ (3:1)	30,30	17,90	27,90	29,20	105,30	26,33
t ₇ (1:0)	28,18	21,08	34,23	43,18	126,68	31,67
Jumlah	179,50	173,51	171,97	167,43	692,41	173,10
Rata-rata	25,64	24,79	24,57	23,92	98,92	24,73

Perhitungan Daya Serap Air

$$\text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{(\text{Total Data Transformasi})^2}{\Sigma \text{perlakuan} \times \Sigma \text{ulangan}} = \frac{(692,41)^2}{7 \times 4} = 17122,53$$

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= [(t_{1.1})^2 + (t_{1.2})^2 + \dots + (t_{7.4})^2] - \text{FK} \\ &= [(15,64)^2 + (20,50)^2 + \dots + (43,18)^2] - 17122,53 \\ &= 1278,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \left[\frac{(\Sigma t_1)^2 + (\Sigma t_2)^2 + (\Sigma t_3)^2 + \dots + (\Sigma t_7)^2}{\Sigma \text{ulangan}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(15,64)^2 + (23,94)^2 + (24,63)^2 + \dots + (31,67)^2}{4} \right] - 17122,53 \\ &= 556,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKK} &= \left[\frac{(\Sigma K1)^2 + (\Sigma K2)^2 + (\Sigma K3)^2 + (\Sigma K4)^2}{\Sigma \text{sampel}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(25,64)^2 + (24,79)^2 + (24,57)^2 + (23,92)^2}{7} \right] - 17122,53 \\ &= 10,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKK} \\ &= 1278,60 - 556,59 - 10,56 \\ &= 711,37 \end{aligned}$$

Tabel 45. Analisis Variansi (ANOVA) Daya Serap Air Boba

Sumber Variansi	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	3	10,65	3,548	1,75 ^{tn}	3,16
Perlakuan	6	556,59	92,76	45,75*	2,66
Galat	18	36,50	2,028		
Total	27	1278,60			

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANOVA diketahui bahwa nilai F hitung $\geq$ nilai F tabel 5%, hal ini menunjukkan bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap daya serap air boba, maka perlu dilakukan uji lanjut untuk melihat pengaruh dari masing-masing perlakuan.

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{2,028}{4}} = 0,712$$

Tabel 46. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Daya Serap Air Boba

SSR 5%	LSR 5%	Sampel	Rata-Rata	Perlakuan							Taraf Nyata
				1	2	3	4	5	6	7	
-	-	t ₁	15,46	-							a
2,97	2,11	t ₂	23,94	8,48*	-						b
3,12	2,22	t ₅	24,63	9,17*	0,69 ^{tn}	-					b
3,21	2,29	t ₃	25,01	9,55*	1,06 ^{tn}	0,37 ^{tn}	-				b
3,27	2,33	t ₆	26,07	10,61*	2,13 ^{tn}	1,44 ^{tn}	1,06 ^{tn}	-			b
3,32	2,36	t ₄	26,33	10,87*	2,38*	1,69 ^{tn}	1,32 ^{tn}	0,26 ^{tn}	-		b
3,35	2,39	t ₇	31,67	16,21*	7,73*	7,04*	6,66*	5,60*	5,34*	-	c

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh nyata

Tabel 47. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Daya Serap Air Boba

Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning termodifikasi <i>Annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Daya Serap Air Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	15,46	a
t ₂ (1:3)	23,94	b
t ₃ (1:2)	24,63	b
t ₄ (1:1)	25,01	b
t ₅ (2:1)	26,07	b
t ₆ (3:1)	26,33	b
t ₇ (1:0)	31,67	c

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil analisis daya serap air terhadap boba dapat disimpulkan bahwa perlakuan t₁ menunjukkan nilai daya serap air paling rendah dan berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Perlakuan t₂ hingga t₆ tidak berbeda nyata satu sama lain tetapi berbeda nyata dengan t₁ dan t₇. Sementara itu, t₇ menunjukkan nilai daya serap air tertinggi dan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya.

Lampiran 12. Data Organoleptik Atribut Warna

Tabel 48. Data Organoleptik Atribut Warna Ulangan 1

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	2	1,58	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	27	14,49	3,86	2,07
2	2	1,58	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	28	14,74	4,00	2,11
3	2	1,58	2	1,58	2	1,58	2	1,58	4	2,12	3	1,87	5	2,35	20	12,66	2,86	1,81
4	2	1,58	3	1,87	2	1,58	3	1,87	2	1,58	4	2,12	6	2,55	22	13,15	3,14	1,88
5	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	28	14,82	4,00	2,12
6	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	25	14,07	3,57	2,01
7	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	6	2,55	35	16,39	5,00	2,34
8	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	2	1,58	4	2,12	5	2,35	24	13,78	3,43	1,97
9	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	31	15,53	4,43	2,22
10	3	1,87	2	1,58	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	22	13,28	3,14	1,90
11	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	29	15,05	4,14	2,15
12	2	1,58	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	6	2,55	4	2,12	30	15,19	4,29	2,17
13	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	30	15,28	4,29	2,18
14	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	28	14,80	4,00	2,11
15	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	30	15,30	4,29	2,19
16	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	33	15,96	4,71	2,28
17	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	6	2,55	32	15,71	4,57	2,24
18	5	2,35	6	2,55	6	2,55	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	33	15,91	4,71	2,27
19	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	31	15,53	4,43	2,22
20	5	2,35	3	1,87	6	2,55	5	2,35	5	2,35	4	2,12	6	2,55	34	16,14	4,86	2,31
21	2	1,58	3	1,87	2	1,58	3	1,87	2	1,58	1	1,22	5	2,35	18	12,05	2,57	1,72
22	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	29	15,07	4,14	2,15
23	5	2,35	6	2,55	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	37	16,85	5,29	2,41
24	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	30	15,28	4,29	2,18
25	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	32	15,76	4,57	2,25
26	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	6	2,55	28	14,73	4,00	2,10
27	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	6	2,55	29	14,98	4,14	2,14
28	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87	2	1,58	23	13,53	3,29	1,93
28	5	2,35	6	2,55	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	28	14,69	4,00	2,10
29	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	6	2,55	26	14,27	3,71	2,04
30	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	31	15,53	4,43	2,22
Jumlah	108	61,38	121	64,57	128	66,17	128	66,40	122	64,92	128	66,30	148	70,78	883	460,52	126,14	65,79
Rata-rata	3,60	2,05	4,03	2,15	4,27	2,21	4,27	2,21	4,07	2,16	4,27	2,21	4,93	2,36	29,43	15,35	4,20	2,19

Tabel 49. Data Organoleptik Atribut Warna Ulangan 2

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	4	2,12	5	2,35	28	14,80	4,00	2,11
2	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	1,87	4	2,12	6	2,55	30	15,02	4,29	2,15
3	5	2,35	5	2,35	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	3	1,87	31	15,49	4,43	2,21
3	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	2	1,58	27	14,51	3,86	2,07
4	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	30	15,28	4,29	2,18
5	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	31	15,53	4,43	2,22
6	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	26	14,34	3,71	2,05
7	4	2,12	6	2,55	5	2,35	6	2,55	4	2,12	4	2,12	3	1,87	32	15,68	4,57	2,24
8	5	2,35	2	1,58	5	2,35	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,35	31	15,42	4,43	2,20
9	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	2	1,58	5	2,35	26	14,26	3,71	2,04
10	2	1,58	3	1,87	2	1,58	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	25	13,97	3,57	2,00
11	5	2,35	2	1,58	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	28	14,74	4,00	2,11
12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	30	15,28	4,29	2,18
13	5	2,35	3	1,87	6	2,55	6	2,55	4	2,12	5	2,35	3	1,87	32	15,66	4,57	2,24
14	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	30	15,30	4,29	2,19
15	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	31	15,53	4,43	2,22
16	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	30	15,30	4,29	2,19
17	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	6	2,55	5	2,35	4	2,12	31	15,48	4,43	2,21
18	3	1,87	5	2,35	5	2,35	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	31	15,49	4,43	2,21
19	2	1,58	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	29	14,99	4,14	2,14
20	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	27	14,57	3,86	2,08
21	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	29	14,82	4,14	2,12
22	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	6	2,55	5	2,35	33	15,96	4,71	2,28
23	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	2	1,58	4	2,12	3	1,87	24	13,78	3,43	1,97
24	5	2,35	5	2,35	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	31	15,51	4,43	2,22
25	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,35	5	2,35	5	2,35	29	15,26	4,14	2,18
26	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	29	15,05	4,14	2,15
27	2	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	25	14,05	3,57	2,01
28	3	1,87	2	1,58	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	26	14,26	3,71	2,04
29	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	4	2,12	28	14,80	4,00	2,11
30	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	6	2,55	32	15,73	4,57	2,25
Jumlah	114	63,00	124	65,33	126	65,95	140	69,07	133	67,62	132	67,36	133	67,53	902	465,86	128,86	66,55
Rata-rata	3,80	2,10	4,13	2,18	4,20	2,20	4,67	2,30	4,43	2,25	4,40	2,25	4,43	2,25	30,07	15,53	4,30	2,22

Tabel 50. Data Organoleptik Atribut Warna Ulangan 3

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	29	15,03	4,14	2,15
2	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	26	14,30	3,71	2,04
3	5	2,35	5	2,35	5	2,35	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	29	15,03	4,14	2,15
3	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	2	1,58	26	14,28	3,71	2,04
4	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	4	2,12	5	2,35	5	2,35	26	14,26	3,71	2,04
5	3	1,87	5	2,35	3	1,87	2	1,58	5	2,35	5	2,35	6	2,55	29	14,92	4,14	2,13
6	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	28	14,82	4,00	2,12
7	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	29	15,03	4,14	2,15
8	5	2,35	2	1,58	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	28	14,74	4,00	2,11
9	4	2,12	3	1,87	2	1,58	5	2,35	5	2,35	2	1,58	4	2,12	25	13,97	3,57	2,00
10	2	1,58	3	1,87	2	1,58	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	24	13,74	3,43	1,96
11	5	2,35	2	1,58	6	2,55	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	31	15,42	4,43	2,20
12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	33	15,99	4,71	2,28
13	4	2,12	5	2,35	6	2,55	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	30	15,23	4,29	2,18
14	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	6	2,55	31	15,48	4,43	2,21
15	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	6	2,55	32	15,73	4,57	2,25
16	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	30	15,30	4,29	2,19
17	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	30	15,28	4,29	2,18
18	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	6	2,55	4	2,12	30	15,23	4,29	2,18
19	2	1,58	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	29	14,99	4,14	2,14
20	5	2,35	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	25	14,03	3,57	2,00
21	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	25	14,09	3,57	2,01
22	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	28	14,80	4,00	2,11
23	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	2	1,58	4	2,12	3	1,87	24	13,80	3,43	1,97
24	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	29	15,03	4,14	2,15
25	3	1,87	3	1,87	5	2,35	3	1,87	5	2,35	3	1,87	5	2,35	27	14,53	3,86	2,08
26	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	26	14,30	3,71	2,04
27	2	1,58	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	24	13,80	3,43	1,97
28	3	1,87	2	1,58	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	26	14,28	3,71	2,04
29	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	29	15,05	4,14	2,15
30	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	6	2,55	29	15,00	4,14	2,14
Jumlah	116	63,46	114	62,94	131	66,99	115	63,29	126	65,98	125	65,72	140	69,10	867	457,48	123,86	65,35
Rata-rata	3,87	2,12	3,80	2,10	4,37	2,23	3,83	2,11	4,20	2,20	4,17	2,19	4,67	2,30	28,90	15,25	4,13	2,18

Tabel 51. Data Organoleptik Atribut Warna Ulangan 4

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	5	2,35	28	14,78	4,00	2,11
2	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	26	14,32	3,71	2,05
3	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	28	14,82	4,00	2,12
3	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	2	1,58	23	13,55	3,29	1,94
4	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	6	2,55	29	15,00	4,14	2,14
5	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	26	14,32	3,71	2,05
6	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	29	15,07	4,14	2,15
7	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	4	2,12	6	2,55	36	16,62	5,14	2,37
8	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	6	2,55	31	15,48	4,43	2,21
9	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	2	1,58	3	1,87	24	13,78	3,43	1,97
10	2	1,58	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	22	13,30	3,14	1,90
11	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	6	2,55	29	15,00	4,14	2,14
12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	30	15,28	4,29	2,18
13	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	30	15,28	4,29	2,18
14	4	2,12	6	2,55	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	6	2,55	34	16,16	4,86	2,31
15	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	6	2,55	31	15,50	4,43	2,21
16	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	31	15,53	4,43	2,22
17	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	33	15,97	4,71	2,28
18	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	3	1,87	5	2,35	4	2,12	31	15,51	4,43	2,22
19	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	33	15,99	4,71	2,28
20	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	24	13,82	3,43	1,97
21	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	27	14,57	3,86	2,08
22	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	6	2,55	30	15,25	4,29	2,18
23	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	3	1,87	4	2,12	5	2,35	26	14,30	3,71	2,04
24	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	34	16,22	4,86	2,32
25	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	5	2,35	28	14,80	4,00	2,11
26	4	2,12	4	2,12	2	1,58	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	26	14,28	3,71	2,04
27	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,14	3	1,87	5	2,35	3	1,87	28	14,82	4,00	2,12
28	3	1,87	5	2,35	3	1,87	6	2,55	4	2,12	4	2,12	5	2,35	30	15,23	4,29	2,18
29	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	28	14,80	4,00	2,11
30	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	6	2,55	31	15,48	4,43	2,21
Jumlah	120	64,54	130	66,91	120	64,56	135	68,13	120	64,58	125	65,75	146	70,36	896	464,83	128,00	66,40
Rata-rata	4,00	2,15	4,33	2,23	4,00	2,15	4,50	2,27	4,00	2,15	4,17	2,19	4,87	2,35	29,87	15,49	4,27	2,21

Tabel 52. Data Asli & Data Transformasi Organoleptik Atribut Warna Boba

Perlakuan	Ulangan								Jumlah		Rata-Rata	
	1		2		3		4					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
t ₁ (0:1)	3,60	2,05	3,80	2,10	3,87	2,12	4,00	2,15	15,27	8,42	3,82	2,10
t ₂ (1:3)	4,03	2,15	4,13	2,18	3,80	2,10	4,33	2,23	16,30	8,66	4,08	2,17
t ₃ (1:2)	4,27	2,21	4,20	2,20	4,37	2,23	4,00	2,15	16,83	8,78	4,21	2,20
t ₄ (1:1)	4,27	2,21	4,67	2,30	3,83	2,11	4,50	2,27	17,27	8,89	4,32	2,22
t ₅ (2:1)	4,07	2,16	4,43	2,25	4,20	2,20	4,00	2,15	16,70	8,77	4,18	2,19
t ₆ (3:1)	4,27	2,21	4,40	2,25	4,17	2,19	4,17	2,19	17,00	8,84	4,25	2,21
t ₇ (1:0)	4,93	2,36	4,43	2,25	4,67	2,30	4,87	2,35	18,90	9,25	4,73	2,31
Jumlah	29,43	15,35	30,07	15,53	28,90	15,25	29,87	15,49	118,27	61,62	29,57	15,40
Rata-rata	4,20	2,19	4,30	2,22	4,13	2,18	4,27	2,21	16,90	8,80	4,22	2,20

Perhitungan Organoleptik Atribut Warna

$$\text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{(\text{Total Data Transformasi})^2}{\sum \text{perlakuan} \times \sum \text{ulangan}} = \frac{(61,62)^2}{7 \times 4} = 135,61$$

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= [(t_{1.1})^2 + (t_{1.2})^2 + \dots + (t_{7.4})^2] - \text{FK} \\ &= [(2,05)^2 + (2,10)^2 + \dots + (2,35)^2] - 135,61 \\ &= 0,147 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \left[\frac{(\sum t_1)^2 + (\sum t_2)^2 + (\sum t_3)^2 + \dots + (\sum t_7)^2}{\sum \text{ulangan}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(8,42)^2 + (8,66)^2 + (8,78)^2 + \dots + (9,25)^2}{4} \right] - 135,61 \\ &= 0,093 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKK} &= \left[\frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2 + (\sum K4)^2}{\sum \text{sampel}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(15,35)^2 + (15,53)^2 + (15,25)^2 + (15,49)^2}{7} \right] - 135,61 \\ &= 0,004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKK} \\ &= 0,147 - 0,093 - 0,004 \\ &= 0,051 \end{aligned}$$

Tabel 53. Analisis Variansi (ANOVA) Organoleptik Atribut Warna Boba

Sumber Variansi	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	3	0,004	0,0012	0,43 ^{tn}	3,16
Perlakuan	6	0,093	0,0155	5,48*	2,66
Galat	18	0,051	0,0028		
Total	27	0,147			

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANOVA diketahui bahwa nilai F hitung $\geq$ nilai F tabel 5%, hal ini menunjukkan bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap respon organoleptik atribut warna boba, maka perlu dilakukan uji lanjut untuk melihat pengaruh dari masing-masing perlakuan.

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,0028}{4}} = 0,027$$

Tabel 54. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Organoleptik Atribut Warna Boba

SSR 5%	LSR 5%	Sampel	Rata-Rata	Perlakuan							Taraf Nyata
				1	2	3	4	5	6	7	
-	-	t ₁	2,10	-							a
2,97	0,08	t ₂	2,17	0,06 ^{tn}	-						ab
3,12	0,08	t ₅	2,19	0,09*	0,03 ^{tn}	-					b
3,21	0,09	t ₃	2,20	0,09*	0,03 ^{tn}	0,004 ^{tn}	-				b
3,27	0,09	t ₆	2,21	0,11*	0,04 ^{tn}	0,02 ^{tn}	0,01 ^{tn}	-			b
3,32	0,09	t ₄	2,22	0,12*	0,06 ^{tn}	0,03 ^{tn}	0,03 ^{tn}	0,01 ^{tn}	-		b
3,35	0,09	t ₇	2,31	0,21*	0,15*	0,12*	0,12*	0,10*	0,09*	-	c

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh nyata

Tabel 55. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Organoleptik Atribut Warna Boba

Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi <i>annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Organoleptik Atribut Warna Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	3,82	a
t ₂ (1:3)	4,08	ab
t ₃ (1:2)	4,21	b
t ₄ (1:1)	4,32	b
t ₅ (2:1)	4,18	b
t ₆ (3:1)	4,25	b
t ₇ (1:0)	4,73	c

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil analisis organoleptik terhadap atribut warna boba, dapat disimpulkan bahwa perlakuan t₁ tidak berbeda nyata dengan t₂, tetapi berbeda nyata dengan t₃ hingga t₇. Perlakuan t₂ tidak berbeda nyata dengan t₁, t₃, t₄, t₅ dan t₆, tetapi berbeda nyata dengan t₇. Perlakuan t₃, t₄, t₅, dan t₆ tidak berbeda satu sama lain, namun berbeda nyata dengan t₁ dan t₇. Sementara itu, t₇ menunjukkan nilai atribut warna tertinggi dan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya, termasuk t₁ hingga t₆.

Lampiran 13. Data Organoleptik Atribut Aroma

Tabel 56. Data Organoleptik Atribut Aroma Ulangan 1

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	24	13,84	3,43	1,98
2	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	25	14,09	3,57	2,01
3	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	29	15,07	4,14	2,15
4	2	1,58	4	2,12	3	1,87	2	1,58	2	1,58	3	1,87	4	2,12	20	12,72	2,86	1,82
5	3	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	25	13,80	3,57	1,97
6	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	27	14,59	3,86	2,08
7	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	33	15,99	4,71	2,28
8	2	1,58	4	2,12	4	2,12	2	1,58	3	1,87	2	1,58	4	2,12	21	12,97	3,00	1,85
9	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	21	13,09	3,00	1,87
10	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	27	14,55	3,86	2,08
11	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	3	1,87	32	15,71	4,57	2,24
12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	28	14,80	4,00	2,11
13	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	35	16,42	5,00	2,35
14	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	24	13,84	3,43	1,98
15	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	26	14,34	3,71	2,05
16	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	30	15,26	4,29	2,18
17	5	2,35	5	2,35	6	2,55	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	31	15,46	4,43	2,21
18	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	26	14,32	3,71	2,05
19	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	2	1,58	33	15,88	4,71	2,27
20	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	2	1,58	26	14,28	3,71	2,04
21	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	29	15,05	4,14	2,15
22	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	34	16,22	4,86	2,32
23	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	29	15,03	4,14	2,15
24	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	27	14,59	3,86	2,08
25	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	30	15,30	4,29	2,19
26	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	2	1,58	27	14,51	3,86	2,07
27	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	32	15,74	4,57	2,25
28	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	25	14,03	3,57	2,00
29	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	22	13,34	3,14	1,91
30	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	25	14,09	3,57	2,01
Jumlah	114	62	119	63	129	66	121	64	116	62	121	64	103	59	823	438,92	117,57	62,70
Rata-rata	3,80	2,05	3,97	2,10	4,30	2,19	4,03	2,12	3,87	2,08	4,03	2,12	3,43	1,97	27,43	14,63	3,92	2,09

Tabel 57. Data Organoleptik Atribut Aroma Ulangan 2

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	4	2,12	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	3	1,87	2	1,58	30	15,17	4,29	2,17
2	5	2,35	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	29	15,05	4,14	2,15
3	5	2,35	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	27	14,55	3,86	2,08
4	5	2,35	3	1,87	4	2,12	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	25	14,03	3,57	2,00
5	6	2,55	4	2,12	4	2,12	4	2,12	2	1,58	4	2,12	3	1,87	27	14,48	3,86	2,07
6	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	28	14,82	4,00	2,12
7	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	30	15,28	4,29	2,18
8	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	3	1,87	2	1,58	4	2,12	23	13,53	3,29	1,93
9	5	2,35	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	23	13,57	3,29	1,94
10	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	28	14,80	4,00	2,11
11	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	6	2,55	33	15,96	4,71	2,28
12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	3	1,87	32	15,69	4,57	2,24
13	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	32	15,76	4,57	2,25
14	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	27	14,57	3,86	2,08
15	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	28	14,82	4,00	2,12
16	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	32	15,74	4,57	2,25
17	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	30	15,26	4,29	2,18
18	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	3	1,87	26	14,30	3,71	2,04
19	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	2	1,58	29	14,97	4,14	2,14
20	2	1,58	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	6	2,55	2	1,58	26	14,17	3,71	2,02
21	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	27	14,55	3,86	2,08
22	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	31	15,53	4,43	2,22
23	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	31	15,51	4,43	2,22
24	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	29	15,07	4,14	2,15
25	3	1,87	4	2,12	6	2,55	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	32	15,71	4,57	2,24
26	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	6	2,55	2	1,58	28	14,69	4,00	2,10
27	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	30	15,28	4,29	2,18
28	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	26	14,32	3,71	2,05
29	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	27	14,55	3,86	2,08
30	6	2,55	3	1,87	3	1,87	6	2,55	4	2,12	2	1,58	5	2,35	29	14,89	4,14	2,13
Jumlah	125	64,47	120,00	63,40	135,00	66,93	122,00	63,81	117,00	62,65	125,00	64,40	111,00	60,96	855,00	446,62	122,14	63,80
Rata-rata	4,17	2,15	4,00	2,11	4,50	2,23	4,07	2,13	3,90	2,09	4,17	2,15	3,70	2,03	28,50	14,89	4,07	2,13

Tabel 58. Data Organoleptik Atribut Aroma Ulangan 3

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	3	1,87	2	1,58	4	2,12	26	14,26	3,71	2,04
2	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	28	14,80	4,00	2,11
3	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	25	14,09	3,57	2,01
4	5	2,35	3	1,87	3	1,87	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	24	13,78	3,43	1,97
5	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	26	14,34	3,71	2,05
6	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	27	14,59	3,86	2,08
7	3	1,87	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	31	15,51	4,43	2,22
8	3	1,87	4	2,12	2	1,58	2	1,58	3	1,87	2	1,58	4	2,12	20	12,72	2,86	1,82
9	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	22	13,34	3,14	1,91
10	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	27	14,55	3,86	2,08
11	2	1,58	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	27	14,51	3,86	2,07
12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	6	2,55	5	2,35	31	15,48	4,43	2,21
13	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	32	15,76	4,57	2,25
14	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	26	14,34	3,71	2,05
15	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	28	14,84	4,00	2,12
16	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	32	15,74	4,57	2,25
17	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	29	15,03	4,14	2,15
18	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	25	14,07	3,57	2,01
19	4	2,12	3	1,87	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	3	1,87	31	15,46	4,43	2,21
20	2	1,58	6	2,55	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	2	1,58	26	14,17	3,71	2,02
21	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	30	15,28	4,29	2,18
22	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	30	15,28	4,29	2,18
23	3	1,87	6	2,55	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	33	15,94	4,71	2,28
24	2	1,58	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	26	14,30	3,71	2,04
25	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	28	14,80	4,00	2,11
26	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	27	14,57	3,86	2,08
27	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	30	15,28	4,29	2,18
28	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	26	14,34	3,71	2,05
29	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	29	15,03	4,14	2,15
30	3	1,87	2	1,58	4	2,12	5	2,35	3	1,87	2	1,58	4	2,12	23	13,49	3,29	1,93
Jumlah	100	58,46	117,00	62,57	127,00	65,06	124,00	64,28	118,00	62,96	121,00	63,48	118,00	62,88	825,00	439,69	117,86	62,81
Rata-rata	3,33	1,95	3,90	2,09	4,23	2,17	4,13	2,14	3,93	2,10	4,03	2,12	3,93	2,10	27,50	14,66	3,93	2,09

Tabel 59. Data Organoleptik Atribut Aroma Ulangan 4

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	2	1,58	3	1,87	4	2,12	26	14,26	3,71	2,04
2	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	28	14,84	4,00	2,12
3	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	27	14,57	3,86	2,08
4	5	2,35	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	24	13,82	3,43	1,97
5	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	26	14,32	3,71	2,05
6	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	26	14,34	3,71	2,05
7	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	28	14,80	4,00	2,11
8	4	2,12	4	2,12	4	1,87	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	25	13,80	3,57	1,97
9	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	21	13,09	3,00	1,87
10	3	1,87	5	2,35	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	3	1,87	25	14,05	3,57	2,01
11	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	2	1,58	28	14,74	4,00	2,11
12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	6	2,55	4	2,12	30	15,23	4,29	2,18
13	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	30	15,30	4,29	2,19
14	6	2,55	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	29	15,02	4,14	2,15
15	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	2	1,58	29	14,99	4,14	2,14
16	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	31	15,51	4,43	2,22
17	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	29	15,03	4,14	2,15
18	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	25	14,09	3,57	2,01
19	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	33	15,96	4,71	2,28
20	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	28	14,84	4,00	2,12
21	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	27	14,55	3,86	2,08
22	3	1,87	5	2,35	3	1,87	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	29	15,01	4,14	2,14
23	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	31	15,51	4,43	2,22
24	2	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	24	13,80	3,43	1,97
25	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	27	14,57	3,86	2,08
26	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	3	1,87	26	14,32	3,71	2,05
27	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	30	15,28	4,29	2,18
28	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	26	14,32	3,71	2,05
29	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	27	14,55	3,86	2,08
30	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	26	14,32	3,71	2,05
Jumlah	115	62,14	121,00	63,67	123,00	63,87	124,00	64,38	113,00	61,69	119,00	63,10	106,00	59,98	821,00	438,83	117,29	62,69
Rata-rata	3,83	2,07	4,03	2,12	4,10	2,13	4,13	2,15	3,77	2,06	3,97	2,10	3,53	2,00	27,37	14,63	3,91	2,09

Tabel 60. Data Asli & Data Transformasi Organoleptik Atribut Aroma Boba

Perlakuan	Ulangan								Jumlah		Rata-Rata	
	1		2		3		4					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
t ₁ (0:1)	3,80	2,05	4,17	2,15	3,33	1,95	3,83	2,07	15,13	8,22	3,78	2,06
t ₂ (1:3)	3,97	2,10	4,00	2,11	3,90	2,09	4,03	2,12	15,90	8,42	3,98	2,11
t ₃ (1:2)	4,30	2,19	4,50	2,23	4,23	2,17	4,10	2,13	17,13	8,71	4,28	2,18
t ₄ (1:1)	4,03	2,12	4,07	2,13	4,13	2,14	4,13	2,15	16,37	8,54	4,09	2,13
t ₅ (2:1)	3,87	2,08	3,90	2,09	3,93	2,10	3,77	2,06	15,47	8,32	3,87	2,08
t ₆ (3:1)	4,03	2,12	4,17	2,15	4,17	2,12	3,97	2,10	16,33	8,49	4,08	2,12
t ₇ (1:0)	3,43	1,97	3,70	2,03	3,70	2,10	3,53	2,00	14,37	8,10	3,59	2,03
Jumlah	27,43	14,63	28,50	14,89	27,40	14,66	27,37	14,62	110,70	58,80	27,68	14,70
Rata-rata	3,92	2,09	4,07	2,13	3,91	2,09	3,91	2,09	15,81	8,40	3,95	2,10

Perhitungan Data Organoleptik Atribut Aroma

$$\text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{(\text{Total Data Transformasi})^2}{\Sigma \text{perlakuan} \times \Sigma \text{ulangan}} = \frac{(58,80)^2}{7 \times 4} = 123,50$$

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= [(t_{1.1})^2 + (t_{1.2})^2 + \dots + (t_{7.4})^2] - \text{FK} \\ &= [(2,05)^2 + (2,15)^2 + \dots + (2,00)^2] - 123,50 \\ &= 0,096 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \left[\frac{(\Sigma t_1)^2 + (\Sigma t_2)^2 + (\Sigma t_3)^2 + \dots + (\Sigma t_7)^2}{\Sigma \text{ulangan}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(8,22)^2 + (8,42)^2 + (8,71)^2 + \dots + (8,10)^2}{4} \right] - 123,50 \\ &= 0,058 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKK} &= \left[\frac{(\Sigma K_1)^2 + (\Sigma K_2)^2 + (\Sigma K_3)^2 + (\Sigma K_4)^2}{\Sigma \text{sampel}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(14,63)^2 + (14,89)^2 + (14,66)^2 + (14,62)^2}{7} \right] - 123,50 \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKK} \\ &= 0,096 - 0,058 - 0,002 \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

Tabel 61. Analisis Variansi (ANOVA) Organoleptik Atribut Aroma Boba

Sumber Variansi	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	3	0,002	0,0007	0,36 ^{tn}	3,16
Perlakuan	6	0,058	0,0097	4,87*	2,66
Galat	18	0,036	0,0020		
Total	27	0,096			

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANOVA diketahui bahwa nilai F hitung $\geq$ nilai F tabel 5%, hal ini menunjukkan bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap respon organoleptik atribut aroma boba, maka perlu dilakukan uji lanjut untuk melihat pengaruh dari masing-masing perlakuan.

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,0028}{4}} = 0,022$$

Tabel 62. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Organoleptik Atribut Aroma Boba

SSR 5%	LSR 5%	Sampel	Rata-Rata	Perlakuan							Taraf Nyata
				1	2	3	4	5	6	7	
-	-	t ₇	2,03	-							a
2,97	0,07	t ₁	2,06	0,03 ^{tn}	-						ab
3,12	0,07	t ₅	2,08	0,06 ^{tn}	0,03 ^{tn}	-					abc
3,21	0,07	t ₂	2,11	0,08*	0,05 ^{tn}	0,03 ^{tn}	-				bc
3,27	0,07	t ₆	2,12	0,10*	0,07*	0,04 ^{tn}	0,02 ^{tn}	-			cd
3,32	0,07	t ₄	2,13	0,11*	0,08*	0,05 ^{tn}	0,03 ^{tn}	0,01 ^{tn}	-		cd
3,35	0,07	t ₃	2,18	0,15*	0,12*	0,10*	0,07*	0,06 ^{tn}	0,04 ^{tn}	-	d

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh nyata

Tabel 63. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termomodifikasi *Annealing* terhadap Organoleptik Atribut Aroma Boba

Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termomodifikasi <i>Annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Organoleptik Atribut Aroma Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	3,78	ab
t ₂ (1:3)	3,98	bc
t ₃ (1:2)	4,28	d
t ₄ (1:1)	4,09	cd
t ₅ (2:1)	3,87	abc
t ₆ (3:1)	4,08	cd
t ₇ (1:0)	3,59	a

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil analisis organoleptik terhadap atribut aroma boba, perlakuan t₁ tidak berbeda nyata dengan t₅ dan t₇, tetapi berbeda nyata dengan t₂, t₃, t₄, dan t₆. Perlakuan t₂ tidak berbeda nyata dengan t₅, t₄, dan t₆, namun berbeda nyata dengan t₁, t₃, dan t₇. Perlakuan t₃ menunjukkan nilai aroma tertinggi dan tidak berbeda nyata dengan t₄ dan t₆, tetapi berbeda nyata dengan t₁, t₂, t₅, dan t₇. Perlakuan t₄ dan t₆ tidak berbeda nyata satu sama lain maupun dengan t₂ dan t₃, tetapi berbeda nyata dengan t₁ dan t₇. Perlakuan t₅ tidak berbeda nyata dengan t₁, t₂, dan t₇, namun berbeda nyata dengan t₃, t₄, dan t₆. Sementara itu, t₇ menunjukkan nilai aroma terendah dan tidak berbeda nyata dengan t₁ dan t₅, serta berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Lampiran 14. Data Organoleptik Atribut Tekstur

Tabel 64. Data Organoleptik Atribut Tekstur Ulangan 1

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	2	1,58	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	4	2,12	26	14,26	3,71	2,04
2	3	1,87	4	2,12	4	2,12	1	1,22	2	1,58	3	1,87	4	2,12	21	12,90	3,00	1,84
3	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	35	16,45	5,00	2,35
4	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	3	1,87	3	1,87	4	2,12	22	13,30	3,14	1,90
5	4	2,12	2	1,58	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	2	1,58	24	13,74	3,43	1,96
6	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	25	14,09	3,57	2,01
7	3	1,87	6	2,55	6	2,55	5	2,35	6	2,55	4	2,12	5	2,35	35	16,34	5,00	2,33
8	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	2	1,58	21	13,05	3,00	1,86
9	3	1,87	3	1,87	2	1,58	4	2,12	2	1,58	4	2,12	5	2,35	23	13,49	3,29	1,93
10	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	28	14,80	4,00	2,11
11	4	2,12	5	2,35	5	2,35	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	38	17,02	5,43	2,43
12	2	1,58	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	30	15,22	4,29	2,17
13	3	1,87	5	2,35	4	2,12	6	2,55	3	1,87	4	2,12	5	2,35	30	15,23	4,29	2,18
14	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	26	14,32	3,71	2,05
15	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	32	15,76	4,57	2,25
16	2	1,58	2	1,58	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	6	2,55	28	14,65	4,00	2,09
17	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	30	15,28	4,29	2,18
18	3	1,87	2	1,58	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	23	13,53	3,29	1,93
19	4	2,12	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	35	16,42	5,00	2,35
20	3	1,87	4	2,12	2	1,58	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	24	13,80	3,43	1,97
21	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	28	14,80	4,00	2,11
22	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	6	2,55	31	15,48	4,43	2,21
23	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	27	14,57	3,86	2,08
24	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	23	13,59	3,29	1,94
25	2	1,58	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	27	14,49	3,86	2,07
26	5	2,35	6	2,55	5	2,35	6	2,55	6	2,55	5	2,35	2	1,58	35	16,28	5,00	2,33
27	2	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	26	14,26	3,71	2,04
28	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2	4	2,12	3	1,87	3	1,87	28	14,80	4,00	2,11
29	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	2	1,58	2	1,58	25	13,97	3,57	2,00
30	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	29	15,05	4,14	2,15
Jumlah	100	58,34	118	62,66	124	64,20	125	64,27	122	63,63	122	63,81	124	64	835	441	119,29	62,99
Rata-rata	3,33	1,94	3,93	2,09	4,13	2,14	4,17	2,14	4,07	2,12	4,07	2,13	4,13	2,13	27,83	14,70	3,98	2,10

Tabel 65. Data Organoleptik Atribut Tekstur Ulangan 2

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	27	14,57	3,86	2,08
2	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	27	14,57	3,86	2,08
3	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	27	14,59	3,86	2,08
4	2	1,58	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	24	13,78	3,43	1,97
5	4	2,12	3	1,87	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	2	1,58	30	15,17	4,29	2,17
6	2	1,58	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	26	14,26	3,71	2,04
7	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	26	14,32	3,71	2,05
8	3	1,87	3	1,87	4	2,12	6	2,55	3	1,87	4	2,12	2	1,58	25	13,98	3,57	2,00
9	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	28	14,80	4,00	2,11
10	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	28	14,82	4,00	2,12
11	3	1,87	4	2,12	2	1,58	4	2,12	4	2,12	4	2,12	6	2,55	27	14,48	3,86	2,07
12	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	32	15,71	4,57	2,24
13	3	1,87	2	2,55	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	22	14,27	3,14	2,04
14	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	27	14,59	3,86	2,08
15	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	27	14,51	3,86	2,07
16	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	6	2,55	32	15,71	4,57	2,24
17	3	1,87	5	2,55	4	2,12	6	2,55	3	1,87	6	2,55	5	2,35	32	15,86	4,57	2,27
18	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	27	14,57	3,86	2,08
19	2	1,58	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	28	14,74	4,00	2,11
20	3	1,87	4	2,12	4	2,12	6	2,55	4	2,12	3	1,87	3	1,87	27	14,52	3,86	2,07
21	5	2,35	3	1,87	2	1,58	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	26	14,26	3,71	2,04
22	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	6	2,55	26	14,27	3,71	2,04
23	4	2,12	2	1,58	6	2,55	3	1,87	2	1,58	3	1,87	4	2,12	24	13,69	3,43	1,96
24	3	1,87	2	1,58	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	26	14,26	3,71	2,04
25	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	2	1,58	3	1,87	3	1,87	23	13,53	3,29	1,93
26	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	2	1,58	23	13,55	3,29	1,94
27	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	29	15,03	4,14	2,15
28	5	2,35	4	2,12	2	1,58	5	2,35	3	2	5	2,35	3	1,87	27	14,49	3,86	2,07
29	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	3	1,87	27	14,57	3,86	2,08
30	2	1,58	5	2,35	4	2,12	5	2,35	3	1,87	2	1,58	2	1,58	23	13,43	3,29	1,92
Jumlah	98	57,86	103	60,36	122	63,66	131	65,93	109	60,69	120	63,33	120	63	803	434,90	114,71	62,13
Rata-rata	3,27	1,93	3,43	2,01	4,07	2,12	4,37	2,20	3,63	2,02	4,00	2,11	4,00	2,10	26,7667	14,4967	3,82	2,07

Tabel 66. Data Organoleptik Atribut Tekstur Ulangan 3

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	3	1,87	5	2,35	30	15,26	4,29	2,18
2	4	2,12	3	1,87	6	2,55	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	31	15,48	4,43	2,21
3	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	3	1,87	30	15,28	4,29	2,18
4	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	6	2,55	4	2,12	3	1,87	26	14,27	3,71	2,04
5	4	2,12	3	1,87	4	2,12	6	2,55	3	1,87	4	2,12	4	2,12	28	14,77	4,00	2,11
6	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	23	13,59	3,29	1,94
7	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	2	1,58	26	14,26	3,71	2,04
8	4	2,12	4	2,12	4	2,12	6	2,55	4	2,12	5	2,35	5	2,35	32	15,73	4,57	2,25
9	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	28	14,80	4,00	2,11
10	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	27	14,57	3,86	2,08
11	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	30	15,28	4,29	2,18
12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	30	15,26	4,29	2,18
13	4	2,12	2	1,58	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	24	13,80	3,43	1,97
14	2	1,58	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	29	14,99	4,14	2,14
15	4	2,12	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	33	15,96	4,71	2,28
16	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	6	2,55	34	16,14	4,86	2,31
17	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	26	14,32	3,71	2,05
18	5	2,35	5	2,35	2	1,58	6	2,55	3	1,87	4	2,12	5	2,35	30	15,17	4,29	2,17
19	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	29	15,03	4,14	2,15
20	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	29	15,00	4,14	2,14
21	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	2	1,58	4	2,12	3	1,87	27	12,39	3,86	1,77
22	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	6	2,55	26	14,27	3,71	2,04
23	4	2,12	2	1,58	5	2,55	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	25	14,23	3,57	2,03
24	3	1,87	3	1,87	5	2,35	6	2,55	6	2,55	4	2,12	3	1,87	30	15,18	4,29	2,17
25	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	2	1,58	3	1,87	3	1,87	25	14,01	3,57	2,00
26	4	2,12	5	2,35	2	1,58	5	2,35	4	2,12	5	2,35	2	1,58	27	14,45	3,86	2,06
27	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	27	14,55	3,86	2,08
28	5	2,35	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	28	14,80	4,00	2,11
29	4	2,12	3	1,87	5	2,55	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87	27	14,75	3,86	2,11
30	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87	27	14,57	3,86	2,08
Jumlah	113	61,73	111	61,13	125	64,83	135	66,82	118	62,69	121	61,53	121	63	844	442,16	120,57	63,17
Rata-rata	3,77	2,06	3,70	2,04	4,17	2,16	4,50	2,23	3,93	2,09	4,03	2,05	4,03	2,11	28,13	14,74	4,02	2,11

Tabel 67. Data Organoleptik Atribut Tekstur Ulangan 4

Panelis	Perlakuan														Jumlah		Rata-rata	
	t1 (0:1)		t2 (1:3)		t3 (1:2)		t4 (1:1)		t5 (2:1)		t6 (3:1)		t7 (1:0)					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	5	2,35	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	30	15,28	4,29	2,18
2	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	29	15,05	4,14	2,15
3	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	29	15,05	4,14	2,15
4	5	2,35	3	1,87	5	2,35	6	2,55	4	2,12	4	2,12	3	1,87	30	15,23	4,29	2,18
5	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	26	14,32	3,71	2,05
6	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	21	13,09	3,00	1,87
7	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	5	2,45	26	14,40	3,71	2,06
8	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	29	15,05	4,14	2,15
9	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	28	14,80	4,00	2,11
10	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	27	14,57	3,86	2,08
11	5	2,35	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	29	15,03	4,14	2,15
12	5	2,35	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	28	14,78	4,00	2,11
13	4	2,12	2	1,58	5	2,35	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	27	14,51	3,86	2,07
14	2	1,58	5	2,35	6	2,55	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	28	14,71	4,00	2,10
15	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	29	15,05	4,14	2,15
16	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	33	15,94	4,71	2,28
17	3	1,87	4	2,12	5	2,35	6	2,55	6	1,87	4	2,12	5	2,35	33	15,23	4,71	2,18
18	4	2,12	5	2,35	2	1,58	6	2,55	3	1,87	4	2,12	5	2,35	29	14,94	4,14	2,13
19	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	29	15,05	4,14	2,15
20	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	29	15,05	4,14	2,15
21	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	29	12,93	4,14	1,85
22	5	2,35	3	1,87	5	2,35	3	1,87	3	1,87	4	2,12	6	2,55	29	14,98	4,14	2,14
23	6	2,55	2	1,58	4	2,55	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	27	14,91	3,86	2,13
24	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	25	14,09	3,57	2,01
25	3	1,87	4	2,12	2	1,58	5	2,35	5	2,35	3	1,87	3	1,87	25	14,01	3,57	2,00
26	4	2,12	5	2,35	5	2,35	2	1,58	3	1,87	5	2,35	3	1,87	27	14,49	3,86	2,07
27	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	28	14,78	4,00	2,11
28	3	1,87	2	1,58	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	26	14,26	3,71	2,04
29	4	2,12	2	1,58	4	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	2	1,58	22	13,01	3,14	1,86
30	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	30	15,28	4,29	2,18
Jumlah	118	62,85	106	59,84	122	63,93	123	63,96	121	62,94	124	62,26	123	64	837	439,87	119,57	62,84
Rata-rata	3,93	2,10	3,53	1,99	4,07	2,13	4,10	2,13	4,03	2,10	4,13	2,08	4,10	2,14	27,90	14,66	3,99	2,09

Tabel 68. Data Asli & Data Transformasi Organoleptik Atribut Tekstur Boba

Perlakuan	Ulangan								Jumlah		Rata-Rata	
	1		2		3		4					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
t ₁ (0:1)	3,33	1,94	3,27	1,93	3,77	2,06	3,93	2,10	14,30	8,03	3,58	2,01
t ₂ (1:3)	3,93	2,09	3,43	2,01	3,70	2,04	3,53	1,99	14,60	8,13	3,65	2,03
t ₃ (1:2)	4,13	2,14	4,07	2,12	4,17	2,16	4,07	2,13	16,43	8,55	4,11	2,14
t ₄ (1:1)	4,17	2,14	4,37	2,20	4,50	2,23	4,10	2,13	17,13	8,70	4,28	2,18
t ₅ (2:1)	4,07	2,12	3,63	2,02	3,93	2,09	4,03	2,10	15,67	8,33	3,92	2,08
t ₆ (3:1)	4,07	2,13	4,00	2,11	4,03	2,05	4,13	2,08	16,23	8,37	4,06	2,09
t ₇ (1:0)	4,13	2,13	4,00	2,10	4,03	2,11	4,10	2,14	16,27	8,49	4,07	2,12
Jumlah	27,83	14,70	26,77	14,50	28,13	14,74	27,90	14,68	110,63	58,61	27,66	14,65
Rata-rata	3,98	2,10	3,82	2,07	4,02	2,11	3,99	2,10	15,80	8,37	3,95	2,09

Perhitungan Organoleptik Atribut Tekstur

$$\text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{(\text{Total Data Transformasi})^2}{\sum \text{perlakuan} \times \sum \text{ulangan}} = \frac{(58,61^2)}{7 \times 4} = 122,69$$

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= [(t_{1.1})^2 + (t_{1.2})^2 + \dots + (t_{7.4})^2] - \text{FK} \\ &= [(1,94)^2 + (1,93)^2 + \dots + (2,14)^2] - 122,69 \\ &= 0,126 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \left[\frac{(\sum t_1)^2 + (\sum t_2)^2 + (\sum t_3)^2 + \dots + (\sum t_7)^2}{\sum \text{ulangan}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(8,03)^2 + (8,13)^2 + (8,55)^2 + \dots + (8,49)^2}{4} \right] - 122,69 \\ &= 0,082 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKK} &= \left[\frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2 + (\sum K4)^2}{\sum \text{sampel}} \right] - \text{FK} \\ &= \left[\frac{(14,70)^2 + (14,50)^2 + (14,74)^2 + (14,68)^2}{7} \right] - 122,69 \\ &= 0,004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKK} \\ &= 0,126 - 0,082 - 0,004 \\ &= 0,04 \end{aligned}$$

Tabel 69. Analisis Variansi (ANOVA) Organoleptik Atribut Tekstur Boba

Sumber Variansi	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	3	0,004	0,0013	0,59 ^{tn}	3,16
Perlakuan	6	0,082	0,0137	6,17*	2,66
Galat	18	0,040	0,0022		
Total	27	0,126			

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh nyata

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel ANOVA diketahui bahwa nilai F hitung $\geq$ nilai F tabel 5%, hal ini menunjukkan bahwa perbandingan tapioka dan tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing* berpengaruh terhadap respon organoleptik atribut tekstur boba, maka perlu dilakukan uji lanjut untuk melihat pengaruh dari masing-masing perlakuan.

$$SY = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = \sqrt{\frac{0,0022}{4}} = 0,024$$

Tabel 70. Uji Lanjut Duncan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing* terhadap Organoleptik Atribut Tekstur Boba

SSR 5%	LSR 5%	Sampel	Rata-Rata	Perlakuan							Taraf Nyata
				1	2	3	4	5	6	7	
-	-	t ₁	2,01	-							a
2,97	0,07	t ₂	2,03	0,03 ^{tn}	-						ab
3,12	0,07	t ₅	2,08	0,08*	0,05 ^{tn}	-					bc
3,21	0,08	t ₆	2,09	0,08*	0,06*	0,01 ^{tn}	-				c
3,27	0,08	t ₇	2,12	0,12*	0,09*	0,04 ^{tn}	0,03 ^{tn}	-			cd
3,32	0,08	t ₃	2,14	0,13*	0,11*	0,06 ^{tn}	0,05 ^{tn}	0,02 ^{tn}	-		cd
3,35	0,08	t ₄	2,18	0,17*	0,14*	0,09*	0,08*	0,05 ^{tn}	0,04 ^{tn}	-	d

Keterangan: tn = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh nyata

Tabel 71. Pengaruh Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termomodifikasi *Annealing* terhadap Organoleptik Atribut Tekstur Boba

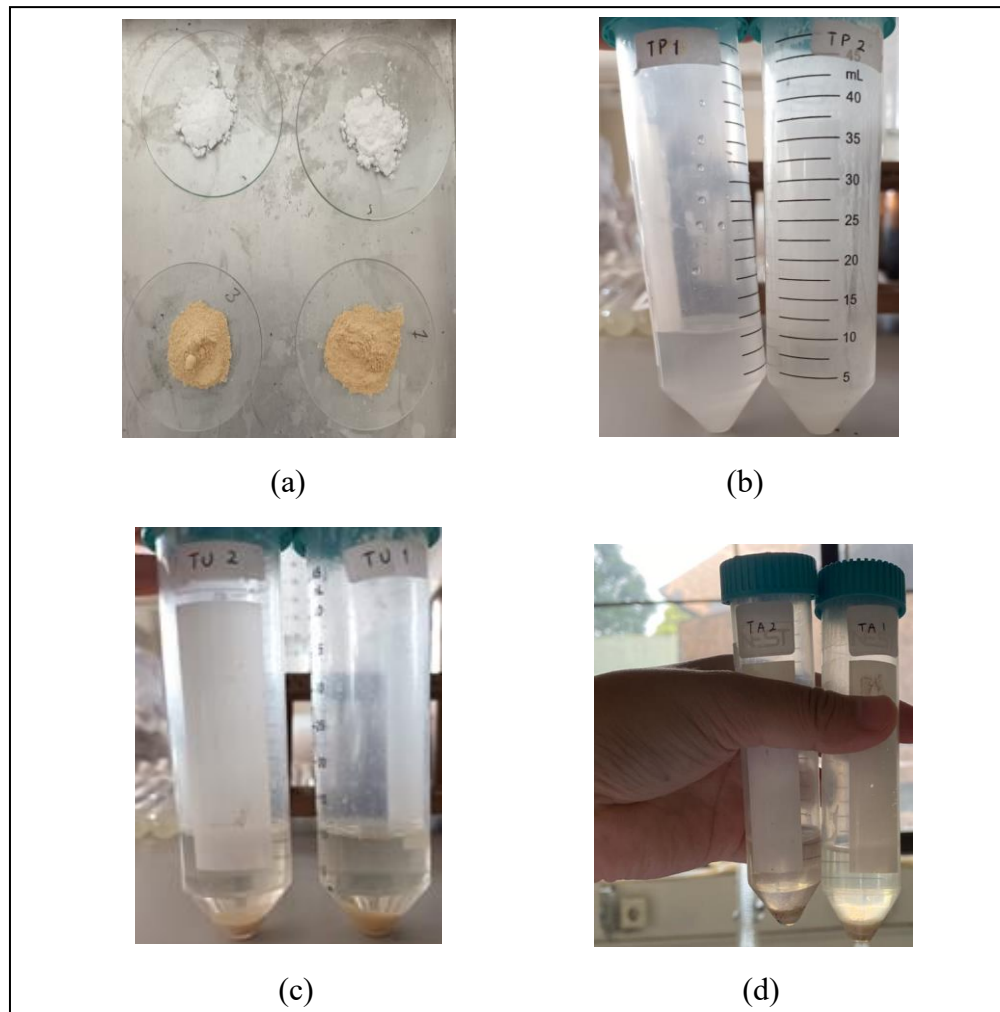
Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termomodifikasi <i>Annealing</i> (T)	Nilai Rata-rata Data Asli Organoleptik Atribut Tekstur Boba (%)	Taraf Nyata 5%
t ₁ (0:1)	3,58	a
t ₂ (1:3)	3,65	ab
t ₃ (1:2)	4,11	cd
t ₄ (1:1)	4,28	d
t ₅ (2:1)	3,92	bc
t ₆ (3:1)	4,06	c
t ₇ (1:0)	4,07	cd

Keterangan: Huruf yang berbeda pada setiap perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 5%.

Kesimpulan:

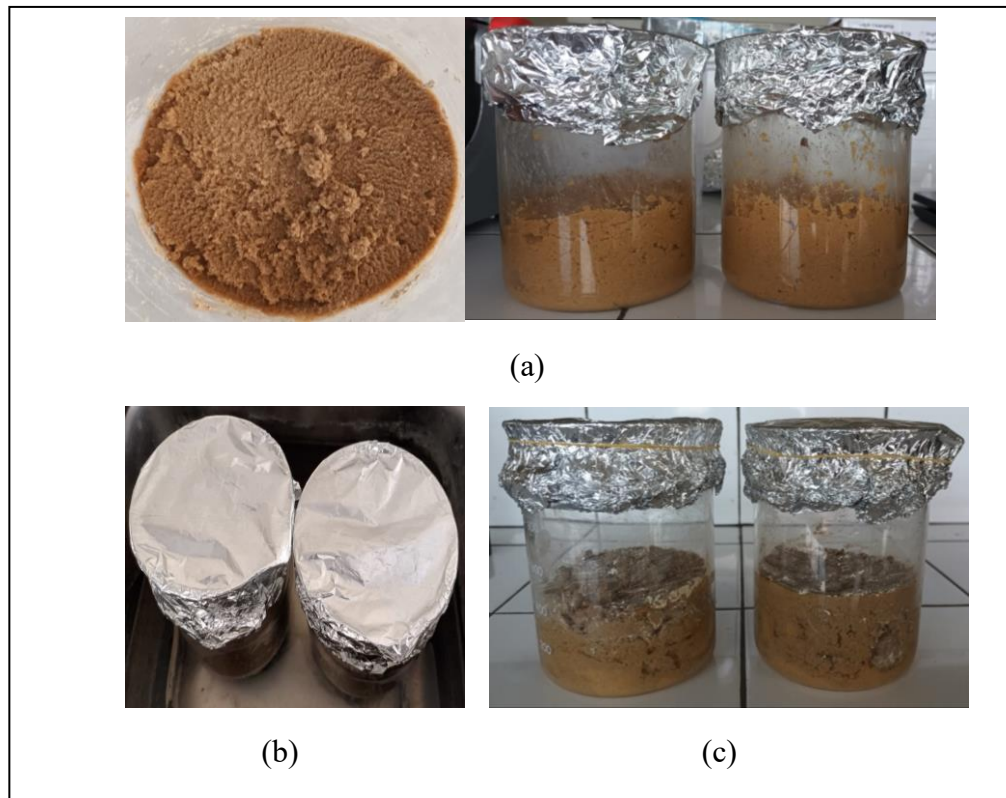
Berdasarkan hasil analisis organoleptik terhadap atribut tekstur boba dapat disimpulkan bahwa perlakuan t₁ menunjukkan nilai tekstur terendah dan hanya tidak berbeda nyata dengan t₂. Perlakuan t₂ tidak berbeda nyata dengan t₁ dan t₅, tetapi berbeda nyata dengan t₃, t₄, t₆, dan t₇. Perlakuan t₃ tidak berbeda nyata dengan t₄, t₆, dan t₇, namun berbeda nyata dengan t₁, t₂, dan t₅. Perlakuan t₄ menunjukkan nilai tekstur tertinggi dan berbeda nyata dengan semua perlakuan kecuali t₃, t₆, dan t₇. Perlakuan t₅ berada pada nilai tengah dan tidak berbeda nyata dengan t₂ dan t₆, tetapi berbeda nyata dengan t₁, t₃, t₄, dan t₇. Perlakuan t₆ tidak berbeda nyata dengan t₃, t₄, t₅, dan t₇, serta berbeda nyata dengan t₁ dan t₂. Sementara itu, t₇ memiliki nilai tekstur yang cukup tinggi dan tidak berbeda nyata dengan t₃, t₄, dan t₆, tetapi berbeda nyata dengan t₁, t₂, dan t₅.

Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian



Gambar 8. Analisis Bahan Baku

- (a) Analisis kadar air tapioka dan tepung ubi jalar kuning, (b) *Swelling power* tapioka, (c) *Swelling power* tepung ubi jalar kuning, (d) *Swelling power* tepung ubi jalar kuning termodifikasi *annealing*
 (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)



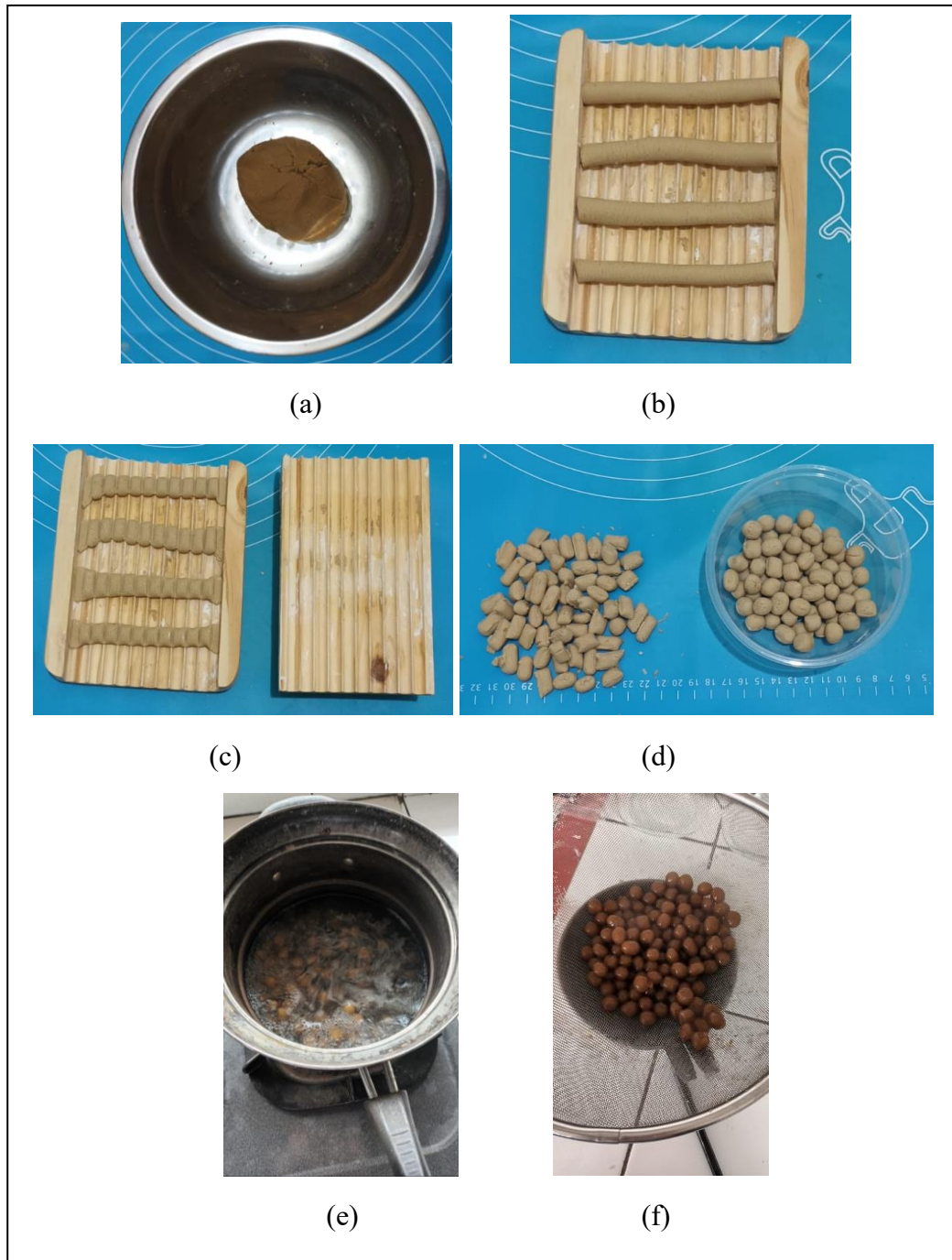
Gambar 9. Pembuatan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi Metode *Annealing*

(a) Campuran akuades dan tepung ubi jalar kuning (1:2), (b) Proses *annealing* dalam *water bath* pada suhu 50°C selama 8 jam, (c) Tepung ubi jalar kuning *annealing* setelah 8 jam
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)



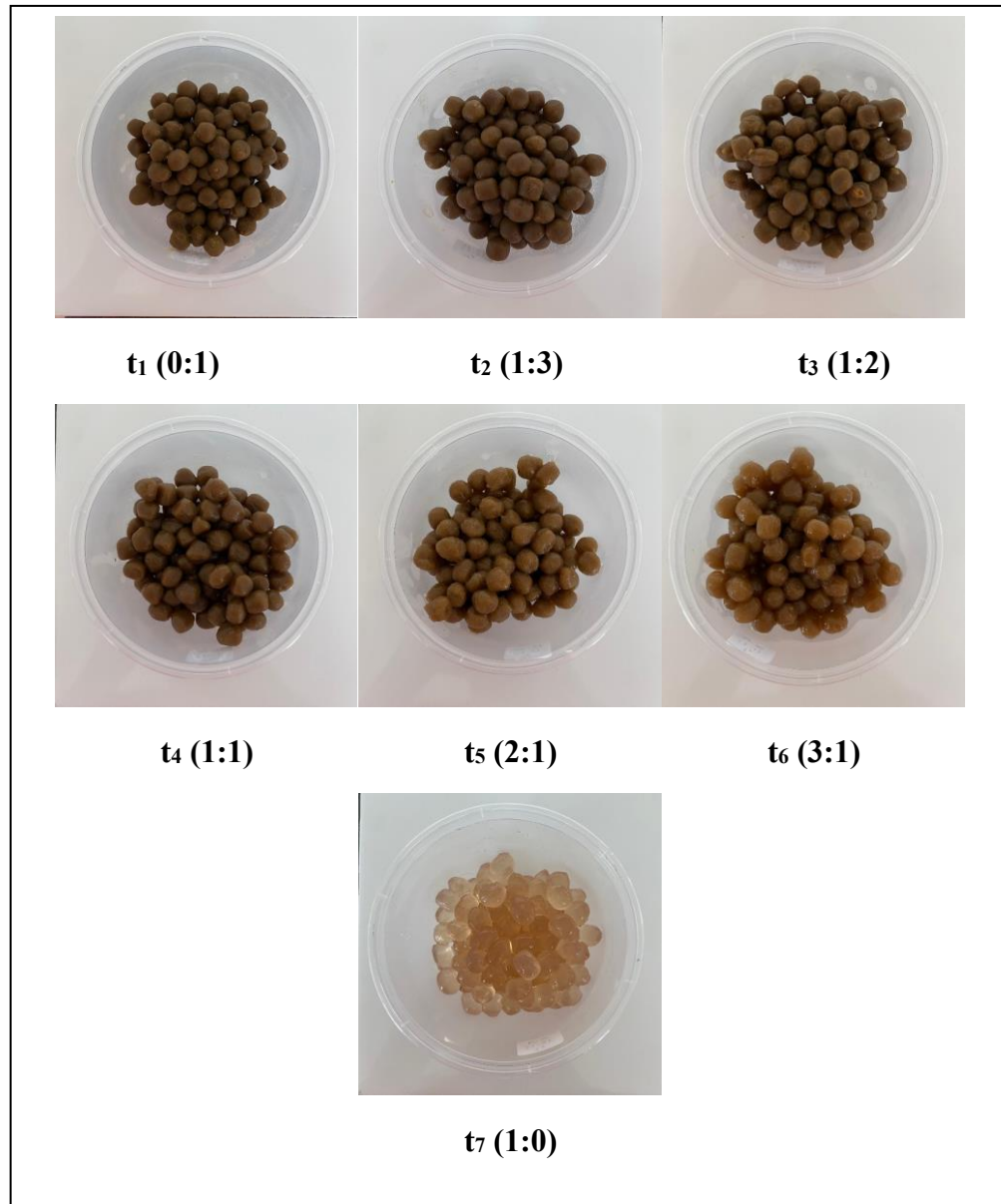
Gambar 10. Pengeringan dan Pengayakan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing*

- (a) Perataan tepung termodifikasi *annealing* pada *tray*, (b) Hasil pengeringan tepung termodifikasi *annealing*, (c) Pengayakan dengan *powder grinder*, (d) Hasil pengayakan tepung termodifikasi *annealing*, (e) Pengayakan dengan *mesh 80*, (f) Hasil pengayakan tepung termodifikasi *annealing* (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)



Gambar 11. Proses Pembuatan Boba

- (a) Pengadukan adonan hingga kalis, (b) Pembentukan adonan menjadi silindris, (c) Pencetakan dengan alat pencetak boba, (d) Pembentukan bulat khas boba, (e) Perebusan boba, (f) Penirisan boba
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)



Gambar 12. Boba dengan Perbandingan Tapioka dan Tepung Ubi Jalar Kuning Termodifikasi *Annealing*

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)



(a)



(b)

Gambar 13. Analisis Fisik dan Organoleptik boba

(a) Analisis daya serap air boba, (b) Analisis organoleptik boba
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)