

**PENGARUH JENIS BAHAN FORTIFIKAN TERHADAP
SIFAT FISIK DAN KIMIA MADU FORTIFIKASI
PT. IMAGO RANDAU HONEY**

TUGAS AKHIR

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

Oleh

**INDAH WULANDARI
22.302.0083**



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

ABSTRAK

PENGARUH JENIS BAHAN FORTIFIKAN TERHADAP SIFAT FISIK DAN KIMIA MADU FORTIFIKASI PT. IMAGO RANDAU HONEY

Oleh
Indah Wulandari
22.302.0083
(Program Studi Teknologi Pangan)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh jenis bahan fortifikan terhadap sifat fisik dan kimia Madu Fortifikasi PT. Imago Randau Honey. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan faktor tunggal yang terdiri dari 3 taraf dan 3 kali pengulangan, sehingga didapatkan 9 satuan percobaan. Rancangan perlakuan dari perlakuan ini memiliki 1 faktor yaitu, jenis bahan fortifikan (a) dengan 3 taraf diantaranya a_1 (Telang 1%), a_2 (Kelor 3%), dan a_3 (Nanas 5%). Respon pada penelitian ini terdiri dari respon kimia dan juga respon fisik. Respon kimia diantaranya, analisis aktivitas antioksidan, analisis kadar pH, analisis kadar air, dan analisis aktivitas air (A_w). Sedangkan respon fisik diantaranya, analisis ukuran partikel, analisis viskositas, analisis intensitas warna, analisis total padatan terlarut, dan analisis waktu larut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan jenis bahan fortifikan terhadap sifat fisik dan kimia madu fortifikasi berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan, nilai pH, kadar air, aktivitas air (A_w), kadar gula pereduksi, ukuran partikel, nilai viskositas, intensitas warna pada notasi L^* dan notasi b^* . Sedangkan tidak berpengaruh terhadap intensitas warna notasi a^* .

Kata kunci: Madu, Fortifikasi, Bunga Telang, Daun Kelor, dan Nanas

ABSTRACT

**THE EFFECT OF FORTIFICANT TYPES ON THE
PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF
FORTIFICATED HONEY PT. IMAGO RANDAU HONEY**

By
Indah Wulandari
22.302.0083
(Departemen of Food Technology)

This study aims to determine and study the effect of the type of fortification material on the physical and chemical properties of Fortified Honey PT. Imago Randau Honey. This study used a Randomized Block Design (RBD) with a single factor consisting of 3 levels and 3 repetitions, resulting in 9 experimental units. The treatment design of this treatment has 1 factor, namely, the type of fortification material (a) with 3 levels including a1 (Telang 1%), a2 (Kelor 3%), and a3 (Pineapple 5%). The responses in this study consisted of chemical responses and also physical responses. Chemical responses include, analysis of antioxidant activity, analysis of pH levels, analysis of water content, and analysis of water activity (Aw). While physical responses include, analysis of particle size, analysis of viscosity, analysis of color intensity, analysis of total dissolved solids, and analysis of dissolution time.

The results of the study showed that the addition of fortifying agent types to the physical and chemical properties of fortified honey affected antioxidant activity, pH value, water content, water activity (Aw), reducing sugar content, particle size, viscosity value, color intensity in the L and b* notations. While it did not affect the color intensity of the a* notation.*

Keywords: Honey, Fortification, Butterfly Pea Flowers, Moringa Leaves, and Pineapple

**PENGARUH JENIS BAHAN FORTIFIKAN TERHADAP
SIFAT FISIK DAN KIMIA MADU FORTIFIKASI
PT. IMAGO RANDAU HONEY**

Oleh

Indah Wulandari

22.302.0083

(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Menyetujui
Tim Pembimbing

Tanggal

Pembimbing I

Pembimbing II

(Rini Triani, S.Si., M.Si., Ph.D.)

(Dr. Hari Hariadi, S.TP., M.T.)

**PENGARUH JENIS BAHAN FORTIFIKAN TERHADAP
SIFAT FISIK DAN KIMIA MADU FORTIFIKASI
PT. IMAGO RANDAU HONEY**

Oleh

Indah Wulandari

22.302.0083

(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Menyetujui

Koordinator Usulan Penelitian

(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 kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

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

Wulandari, I. (2026): *Pengaruh Jenis Bahan Fortifikan Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Madu Fortifikasi PT. Imago Randau Honey*, Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

Wulandari, I. (2026): *The Effect of Fortificant Types on the Physical dan Chemical Properties of Fortified Honey Fortificated PT. Imago Randau Honey*, Bachelor's Thesis, Universitas Pasundan.

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

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis diberikan kesehatan, kemampuan serta kelancaran sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Jenis Bahan Fortifikan terhadap Sifat Fisik dan kimia Madu Fortifikasi PT Imago Randau Honey”** dengan tepat waktu. Tidak lupa shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada nabi kita nabi Muhammad SAW. beserta keluarga, sahabat, dan umatnya hingga akhir zaman nanti, Aamiin ya Rabbal ‘Alaamiin.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Rini Triani, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Dr. Hari Hariadi, S.TP., M.T. selaku pembimbing I dan II, atas perhatian, bimbingan, arahan, dan kesabaran dalam membimbing penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T. selaku Koordinator Kerja Praktik dan Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.
3. Jaka Rukmana, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Pangan dan Dr. Ira Endah Rohima, S.T., M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Teknolgi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.
4. Keluarga yang penulis sayangi dan cintai yaitu kedua orang tua dari penulis dan juga saudara kandung dari penulis yang senantiasa mendoakan penulis untuk kelancaran dan kemudahan penulis dalam menyelesaikan laporan.
5. Teman-teman kuliah dari penulis yaitu Nazwa Amelia Cahyani, Revalina Putri Khaerunissa, Bella Indah Crisfana, dan Nazwa Ismi Nasyita yang telah menemani penulis semasa perkuliahan berlangsung dan juga telah selalu mendukung penulis untuk dapat menyelesaikan laporan.

6. Teh Elvia Rachmawati dan teh Widia yang telah membantu penulis dalam penelitian serta penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman penulis yaitu Raisya Rahma Azzahra, yang telah membantu dan menemani penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Orang-orang terdekat penulis yang juga selalu membantu dan mendukung penulis untuk menyelesaikan laporan ini.

Akhir kata, penulis berharap dengan tersusunnya laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan memberikan ilmu yang lebih luas bagi pembaca.

Bandung, Juli 2026

Indah Wulandari

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Kerangka Pemikiran	5
1.6 Hipotesis Penelitian.....	8
1.7 Tempat dan Waktu Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Madu.....	9
2.2 Fortifikasi	13
2.3 Madu Fortifikasi.....	13
2.4 Bunga Telang	14
2.5 Daun Kelor	17
2.6 Nanas.....	19
2.7 Pencampuran	20
2.8 <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA)	21
III. METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Bahan dan alat Penelitian	23
3.1.1 Bahan Penelitian	23
3.1.2 Alat Penelitian.....	24
3.2 Metode Penelitian.....	24
3.2.1 Prosedur Penelitian Pendahuluan.....	24

3.2.2	Prosedur Penelitian Utama.....	24
3.3	Prosedur Penelitian.....	27
3.3.1	Penelitian Pendahuluan.....	27
3.3.2	Penelitian Utama.....	33
3.4	Rencana Jadwal Penelitian.....	35
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1	Hasil Penelitian Pendahuluan.....	36
4.1.1	Respon Kimia.....	36
4.1.2	Respon Fisik.....	40
4.2	Hasil Penelitian Utama.....	43
4.2.1	Analisis Kimia	43
4.2.2	Analisis Fisik	58
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran.....	73
	DAFTAR PUSTAKA	75
	LAMPIRAN.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1. SNI Madu	12
Tabel 2. Kadar Senyawa Aktif pada Bunga Telang	16
Tabel 3. Matrik model Percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal dengan 3 taraf dan 3 kali pengulangan.....	25
Tabel 4. Denah (layout) pola faktorial 3x3 dalam Rancangan Acak Kelompok ..	26
Tabel 5. Analisis Variansi (ANAVA) percobaan RAK Faktor tunggal.....	26
Tabel 6. Formulasi Produk Madu Fortifikasi	34
Tabel 7. Rencana Jadwal Penelitian	35
Tabel 8. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Aktivitas Antioksidan	37
Tabel 9. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis pH	37
Tabel 10. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Kadar Air	38
Tabel 11. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Aktivitas Air (Aw).....	39
Tabel 12. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Gula Pereduksi	39
Tabel 13. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Ukuran Partikel	40
Tabel 14. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Viskositas.....	40
Tabel 15. Hasil Penelitian Pendahuluan Intensitas Warna.....	41
Tabel 16. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Total Padatan Terlarut	42
Tabel 17. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Waktu Larut	42
Tabel 18. Hasil Penelitian Utama Analisis Aktivitas Antioksidan	45
Tabel 19. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Antioksidan Madu Murni.....	45
Tabel 20. Pengukuran IC ₅₀ Aktivitas Antioksidan Metode DPPH	45
Tabel 21. Hasil Penelitian Utama Analisis pH	48
Tabel 22. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis pH Madu Murni	48
Tabel 23. Hasil Penelitian Utama Analisis Kadar Air	50
Tabel 24. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Kadar Air Madu Murni	50
Tabel 25. Hasil Penelitian Utama Analisis Aktivitas Air (Aw).....	53
Tabel 26. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Aktivitas Air (Aw) Madu Murni	53
Tabel 27. Hasil Penelitian Utama Analisis Gula Pereduksi	56
Tabel 28. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Gula Pereduksi Madu Murni...	56
Tabel 29. Hasil Penelitian Utama Particle Size Analyzer.....	59
Tabel 30. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Ukuran Partikel Madu Murni..	59
Tabel 31. Hasil Penelitian Utama Analisis Viskositas.....	61
Tabel 32. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Viskositas Madu Murni	61
Tabel 33. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Intensitas Warna Madu Murni	64
Tabel 34. Hasil Penelitian Utama Analisis Intensitas Warna L*	64
Tabel 35. Hasil Penelitian Utama Analisis Intensitas Warna a*.....	66
Tabel 36. Hasil Penelitian Utama Analisis Intensitas Warna b*	67
Tabel 37. Hasil Penelitian Utama Analisis Total Padatan Terlarut	69

Tabel 38. Hasil Penelitian Pendahuluan Total Padatan Terlarut Madu Murni	69
Tabel 39. Hasil Penelitian Utama Analisis Waktu Larut	71
Tabel 40. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Waktu Larut Madu Murni.....	71
Tabel 41. Perhitungan kebutuhan sampel madu fortifikasi.....	89
Tabel 42. Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku	89
Tabel 43. Rincian Biaya Analisis Penelitian.....	90
Tabel 44. Data Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Aktivitas Antioksidan.....	90
Tabel 45. Hasil Analisis Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Madu Murni.....	91
Tabel 46. Hasil Analisis Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Bunga Telang.....	94
Tabel 47. Hasil Analisis Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Daun Kelor	97
Tabel 48. Hasil Analisis Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Nanas	100
Tabel 49. Hasil Analisis Utama Aktivitas Antioksidan	114
Tabel 50. Hasil Analisis Sampel IC ₅₀ Tertinggi (a ₂)	114
Tabel 51. Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan Madu Fortifikasi	117
Tabel 52. ANAVA Analisis Aktivitas Antioksidan Madu Fortifikasi	118
Tabel 53. Uji Lanjut Duncan Analisis Aktivitas Antioksidan Madu Fortifikasi	118
Tabel 54. Hasil Analisis pH Madu Fortifikasi	119
Tabel 55. ANAVA Analisis pH Madu Fortifikasi	120
Tabel 56. Uji Lanjut Duncan Analisis pH Madu Fortifikasi.....	120
Tabel 57. Kadar Analisis Kadar Air Madu Fortifikasi.....	121
Tabel 58. ANAVA Analisis Kadar Air Madu Fortifikasi	122
Tabel 59. Uji Lanjut Duncan Analisis Kadar Air Madu Fortifikasi	122
Tabel 60. Kadar Analisis Aw Madu Fortifikasi	123
Tabel 61. ANAVA Analisis Aktivitas Air (Aw) Madu Fortifikasi.....	124
Tabel 62. Uji Lanjut Duncan Analisis Aktivitas Air (Aw) Madu Fortifikasi	124
Tabel 63. Kadar Analisis Kadar Gula Pereduksi Madu Fortifikasi	125
Tabel 64. ANAVA Analisis Kadar Gula Pereduksi Madu Fortifikasi.....	126
Tabel 65. Uji Lanjut Duncan Analisis Gula Pereduksi Madu Fortifikasi	126
Tabel 66. Kadar Analisis Viskositas Madu Fortifikasi	128
Tabel 67. ANAVA Analisis Viskositas Madu Fortifikasi	129
Tabel 68. Uji Lanjut Duncan Viskositas Madu Fortifikasi	130
Tabel 69. Kadar Analisis Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi	130
Tabel 70. ANAVA Analisis Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi.....	131
Tabel 71. Uji Lanjut Duncan Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi	132
Tabel 72. Kadar Analisis Intensitas Warna a* Madu Fortifikasi	132
Tabel 73. ANAVA Analisis Intensitas Warna a* Madu Fortifikasi	133
Tabel 74. Kadar Analisis Intensitas Warna b* Madu Fortifikasi.....	134
Tabel 75. ANAVA Analisis Intensitas Warna b* Madu Fortifikasi	135
Tabel 76. Uji Lanjut Duncan Intensitas Warna a* Madu Fortifikasi.....	135
Tabel 77. Kadar Analisis Total Padatan Terlarut Madu Fortifikasi.....	136
Tabel 78. ANAVA Analisis Total Padatan Terlarut Madu Fortifikasi	137
Tabel 79. Uji Lanjut Duncan Total Padatan Terlarut Madu Fortifikasi.....	137

Tabel 80. Kadar Analisis Waktu Larut Madu Fortifikasi	138
Tabel 81. ANAVA Analisis Waktu Larut Madu Fortifikasi.....	139
Tabel 82. Uji Lanjut Duncan Analisis Waktu Larut Madu Fortifikasi	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Madu Sonokeling	9
Gambar 2. Madu Fortifikasi	13
Gambar 3. Bunga Telang	15
Gambar 4. Daun Kelor	17
Gambar 5. Nanas	19
Gambar 6. Madu Fortifikasi PT. Imago Randau Honey	23
Gambar 7. Bubuk Telang, Bubuk Kelor dan Bubuk Nanas	23
Gambar 8. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan Madu Murni	28
Gambar 9. Prosedur Penelitian Pendahuluan Ekstrak Bunga Telang dan Daun Kelor.....	30
Gambar 10. Prosedur Penelitian Pendahuluan Ekstrak Nanas	32
Gambar 11. Diagram Alir Penelitian Utama.....	33
Gambar 12. Madu Murni, Bubuk Telang, Bubuk Kelor, dan Bubuk Nanas.....	36
Gambar 13. Madu Murni, Bubuk Telang, Bubuk Kelor, dan Bubuk Nanas.....	41
Gambar 14. Madu Fortifikasi	43
Gambar 15. Perbandingan Warna Madu Fortifikasi	63
Gambar 16. Kurva Aktivitas Antioksidan Madu Murni Ulangan 1	91
Gambar 17. Kurva Aktivitas Antioksidan Madu Murni Ulangan 2	92
Gambar 18. Kurva Aktivitas Antioksidan Madu Murni Ulangan 3	93
Gambar 19. Kurva Aktivitas Antioksidan Bunga Telang Ulangan 1	94
Gambar 20. Kurva Aktivitas Antioksidan Bunga Telang Ulangan 2	95
Gambar 21. Kurva Aktivitas Antioksidan Bunga Telang Ulangan 3	96
Gambar 22. Kurva Aktivitas Antioksidan Daun Kelor Ulangan 1	97
Gambar 23. Kurva Aktivitas Antioksidan Daun Kelor Ulangan 2	98
Gambar 24. Kurva Aktivitas Antioksidan Daun Kelor Ulangan 3	99
Gambar 25. Kurva Aktivitas Antioksidan Nanas Ulangan 1	100
Gambar 26. Kurva Aktivitas Antioksidan Nanas Ulangan 2	101
Gambar 27. Kurva Aktivitas Antioksidan Nanas Ulangan 3	102
Gambar 28. Kurva Analisis PSA Madu Murni	113
Gambar 29. Kurva Aktivitas Antioksidan Kode Sampel a2 Ulangan 1	114
Gambar 30. Kurva Aktivitas Antioksidan Kode Sampel a2 Ulangan 2	115
Gambar 31. Kurva Aktivitas Antioksidan Kode Sampel a2 Ulangan 3	116
Gambar 32. Kurva Analisis PSA Madu Fortifikasi Telang 1%	127
Gambar 33. Kurva Analisis PSA Madu Fortifikasi Kelor 3%	127
Gambar 34. Kurva Analisis PSA Madu Fortifikasi Nanas 5%	128

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Kadar Antioksidan dengan Spektrofotometer UV-Vis Metode DPPH (AOAC, 1995)	84
Lampiran 2. Analisis Kadar pH Madu dengan Menggunakan pH Meter (Sudarmadji dkk., 1989)	85
Lampiran 3. Analisis Kadar Air dengan Metode Destilasi (AOAC, 2005)	85
Lampiran 4. Analisis Aktivitas Air (Aw) dengan Menggunakan Aw Meter (AOAC, 2005)	86
Lampiran 5. Analisis Kadar Gula Pereduksi dengan Metode LuffSchroorl (AOAC, 2005)	86
Lampiran 6. Analisis Particle Size Analyzer (PSA) (Karlina et al., 2025)	87
Lampiran 7. Analisis Viskositas dengan Viscometer Brookfield (Dianingsih et al., 2016)	88
Lampiran 8. Analisis Intensitas Warna dengan Chromameter (Konita Minolta, 2002)	88
Lampiran 9. Analisis Total Padatan Terlarut dengan Refractometer (Wahyudi dan Dewi, 2017)	88
Lampiran 10. Analisis Waktu Larut (Husni et al., 2020)	88
Lampiran 11. Perhitungan Kebutuhan Sampel Madu Fortifikasi	89
Lampiran 12. Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku	89
Lampiran 13. Perhitungan Rincian Biaya Analisis Penelitian	90
Lampiran 14. Perhitungan Analisis Penelitian Pendahuluan Aktivitas Antioksidan	90
Lampiran 15. Perhitungan Analisis Penelitian Pendahuluan Kadar Air	102
Lampiran 16. Perhitungan Analisis Penelitian Pendahuluan Kadar Gula Pereduksi	107
Lampiran 17. Grafik Analisis Penelitian Pendahuluan PSA	113
Lampiran 18. Perhitungan Analisis Penelitian Pendahuluan Total Padatan Terlarut	113
Lampiran 19. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Antioksidan Madu Fortifikasi	114
Lampiran 20. Perhitungan Analisis Penelitian Utama pH Madu Fortifikasi	119
Lampiran 21. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Kadar Air Madu Fortifikasi	121
Lampiran 22. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Aktivitas Air (Aw) Madu Fortifikasi	123
Lampiran 23. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Kadar Gula Pereduksi Madu Fortifikasi	125
Lampiran 24. Grafik Analisis Penelitian Utama Particle Size Analyzer (PSA) Madu Fortifikasi	127

Lampiran 25. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Viskositas Madu Fortifikasi	128
Lampiran 26. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi.....	130
Lampiran 27. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Intensitas Warna a* Madu Fortifikasi.....	132
Lampiran 28. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Intensitas Warna b* Madu Fortifikasi.....	134
Lampiran 29. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Total Padatan Terlarut Madu Fortifikasi.....	136
Lampiran 30. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Waktu Larut Madu Fortifikasi	138
Lampiran 31. Dokumentasi Analisis Madu Fortifikasi.....	140

I. PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas mengenai : (1) Latar Belakang Penelitian, (2) Identifikasi Masalah, (3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (4) Manfaat Penelitian, (5) Kerangka Pemikiran, (6) Hipotesis Penelitian, dan (7) Waktu Penelitian.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Madu merupakan salah satu bahan pangan alami yang memiliki potensi besar sebagai sebuah pangan fungsional. Namun di Indonesia tingkat konsumsi madu sangat rendah, hanya sekitar 15 gram/kapita/tahun, bila dibandingkan dengan negara maju seperti Jerman, Jepang, Inggris, dan Prancis yang memiliki tingkat konsumsi madu mencapai 700-1.500 gram/kapita/tahun (Pusat Perlebahan Nasional, 2008, dikutip dalam (Selmi et al., 2017)). Di sisi lain, Indonesia sebenarnya memiliki potensi yang besar dalam pengembangan produk madu. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2021), produksi madu di Indonesia mencapai 189.780 liter dengan total produksi sekitar 2.000 ton per tahun. Potensi tersebut menunjukkan bahwa madu merupakan salah satu sumber daya hayati yang dapat dikembangkan sebagai produk pangan bernilai ekonomi tinggi.

Beberapa komponen penting yang terkandung dalam madu, seperti protein, karbohidrat, vitamin, mineral, enzim (diastase, invertase, glukosa oksidase, peroksidase, dan lipase), serta senyawa non enzimatik (polifenol, flavonoid, flavonol, asam fenolik), sudah terbukti memiliki manfaat terhadap kesehatan (Safitri dan Purnobasuki, 2022). Namun, kandungan gizi dalam madu secara alami masih terbatas dalam memenuhi kebutuhan nutrisi spesifik tertentu pada tubuh manusia. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengembangan produk madu melalui penambahan bahan lain yang dapat meningkatkan kandungan gizi maupun nilai fungsionalnya.

Industri madu di Indonesia terus berkembang seiring dengan meningkatnya minat masyarakat terhadap produk pangan alami dan kesehatan. Berbagai perusahaan lokal, termasuk PT. Imago Randau Honey, menghadapi tantangan tersebut untuk meningkatkan nilai tambah produk agar mampu bersaing dengan kompetitif. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai

gizi dan nilai fungsional madu adalah melalui fortifikasi pangan. Fortifikasi pangan adalah penambahan satu atau lebih zat gizi (nutrien) ke dalam pangan (Siagian A, 2003).

Meskipun berbagai penelitian telah membahas mengenai kandungan kimia dan manfaat kesehatan madu (Golmakani et al., 2025), kajian ilmiah mengenai pengaruh penambahan jenis bahan fortifikan terhadap karakteristik fisik dan kimia madu masih relatif terbatas. Setiap bahan fortifikan memiliki karakteristik kimia dan fisik yang berbeda, seperti kandungan senyawa bioaktif, kelarutan, pH, Aw, dan lain sebagainya. Perbedaan karakteristik tersebut berpotensi mempengaruhi sifat fisik dan kimia dari madu (Habryka et al., 2020), oleh karena itu diperlukan adanya kajian ilmiah untuk mengetahui jenis bahan fortifikan yang paling kompatibel dengan madu sehingga dapat meningkatkan nilai gizi dan fungsionalnya tanpa merusak karakteristik fisik dan kimia madu sebagai produk pangan.

Bahan fortifikan yang dapat digunakan dan dikaji secara ilmiah dalam madu untuk meningkatkan nilai gizi dan fungsionalnya antara lain, ekstrak bunga telang, ekstrak daun kelor, dan ekstrak buah nanas. Bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) telah dimanfaatkan dalam pengobatan dan juga sebagai pewarna alami oleh masyarakat Indonesia karena bunga telang merupakan tanaman yang kaya akan pigmen antosianin dan berpotensi dikembangkan sebagai sumber pewarna alami lokal pada berbagai produk pangan (Palimbong & Pariama, 2020). Pemanfaatan pewarna alami ini tidak hanya meningkatkan daya tarik dan mutu warna produk, tetapi juga memberikan manfaat fungsional bagi kesehatan, seperti aktivitas antioksidan, antiinflamasi, analgesik, antidiabetes, antikanker, dan antihistamin. Bunga telang mengandung berbagai senyawa fenolik, meliputi flavonoid seperti antosianin dan flavonol, serta asam fenolat yang berperan sebagai sumber antioksidan alami (Handito et al., 2022).

Tanaman kelor (*Moringa oleifera L.*) dikenal memiliki beragam khasiat yang terdapat pada hampir seluruh bagian tanamannya. Tanaman kelor secara tradisional telah dimanfaatkan sebagai bahan pengobatan untuk berbagai gangguan kesehatan, seperti infeksi kulit, anemia, asma, bronkitis, dan penyakit lainnya (Susanti & Nurman, 2022). Kelor memiliki berbagai khasiat karena kandungan senyawa

bioaktifnya, seperti flavonoid, polifenol, likopen, mineral, serta vitamin A, B, C, D, E, dan β -karoten (Satriyani, 2021). Flavonoid utama yang terdapat pada tanaman kelor yaitu kuersetin dengan konsentrasi kuersetin dalam daun kelor yaitu 384,61 mg/100 g (Bhagawan et al., 2017). Kuersetin merupakan senyawa antioksidan kuat yang terdapat pada daun kelor, dimana kekuatannya 4-5 kali lebih tinggi dibandingkan dengan vitamin C dan vitamin E (Jusnita & Syurya, 2019).

Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi dan memiliki peran penting dalam perdagangan buah tropis dunia. Buah nanas memiliki berbagai manfaat kesehatan karena kandungan airnya yang tinggi serta kaya akan mineral seperti kalium, kalsium, iodium, sulfur, dan klor. Selain itu, nanas juga mengandung biotin, vitamin B12, vitamin C, vitamin E, flavonoid, serat pangan, serta enzim bromelin yang bersifat bakteriostatik (Syauqy & Hanina, 2021). Kandungan tersebut menjadikan nanas berperan dalam membantu pencernaan protein, mempercepat proses penyembuhan, bersifat antioksidan dan antiinflamasi, mendukung metabolisme tubuh, memperkuat sistem imun dan otot jantung, serta membantu mengurangi stres (Pracaya & Kahono, 2019).

Pemilihan bunga telang (*Clitoria ternatea* L.), daun kelor (*Moringa oleifera* L.), dan buah nanas (*Ananas comosus* L.) sebagai bahan fortifikan didasarkan pada perbedaan karakteristik kimia dan fisik masing-masing bahan yang diperkirakan memberikan respons berbeda terhadap sistem madu. Bunga telang kaya akan antosianin golongan ternatin dan flavonoid yang berpotensi meningkatkan aktivitas antioksidan serta memengaruhi karakteristik fisik dan kimia madu, seperti intensitas warna, pH, viskositas, ukuran partikel, dan waktu larut akibat interaksi senyawa fenolik dengan komponen penyusun madu (Khoo et al., 2017). Daun kelor mengandung flavonoid, asam fenolat, vitamin, mineral, protein, serta serat pangan dalam jumlah relatif tinggi yang diperkirakan dapat memengaruhi aktivitas antioksidan, viskositas, ukuran partikel, waktu larut, dan kadar air madu fortifikasi (Leone et al., 2015; Saini et al., 2016). Sementara itu, buah nanas mengandung vitamin C, senyawa fenolik, bromelain, gula sederhana, dan asam organik yang berpotensi memengaruhi aktivitas antioksidan, pH, kadar gula pereduksi, total padatan terlarut, serta karakteristik fisik madu fortifikasi (Hossain et al., 2015).

Perbedaan komposisi kimia dan sifat fisikokimia tersebut menunjukkan bahwa setiap bahan fortifikan memiliki mekanisme interaksi yang berbeda dalam sistem madu, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh jenis fortifikan terhadap karakteristik fisik dan kimia madu fortifikasi.

Beberapa penelitian terkait penambahan bahan fortifikan ke dalam madu memang telah dilakukan, seperti penambahan ekstrak daun namnam ke dalam madu monoflora (Sumarlin et al., 2018). Tetapi penelitian mengenai sifat fisik dan kimia madu dengan penambahan bahan fortifikan seperti bunga telang, daun kelor, dan nanas masih belum umum dilakukan, sehingga kajian mengenai pengaruh penambahan berbagai jenis bahan fortifikan terhadap karakteristik fisik dan kimia madu diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai bahan yang paling kompatibel dengan madu tanpa menurunkan kualitasnya. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi industri madu, khususnya PT. Imago Randau Honey, dalam mengembangkan produk madu fortifikasi yang memiliki kualitas baik, nilai gizi yang lebih tinggi, serta daya saing yang lebih kuat di pasar.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, masalah yang dapat diidentifikasi yaitu: Bagaimana pengaruh jenis bahan fortifikan terhadap karakteristik fisiko-kimia Madu Fortifikasi dari PT. Imago Randau Honey.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini yaitu untuk menentukan pengaruh jenis bahan fortifikan terhadap sifat fisik dan kimia Madu Fortifikasi PT. Imago Randau Honey.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh jenis bahan fortifikan terhadap sifat fisik dan kimia Madu Fortifikasi PT. Imago Randau Honey.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

1. Dapat mengetahui dan mempelajari mengenai pengaruh penambahan jenis bahan fortifikan terhadap sifat fisik dan kimia madu fortifikasi.

2. Mengoptimalisasikan pemanfaatan bunga telang, daun kelor, dan buah nanas pada produk madu fortifikasi.
3. Meningkatkan nilai fungsional dan daya tarik pada produk madu fortifikasi.

1.5 Kerangka Pemikiran

Madu merupakan cairan kental menyerupai sirup yang dihasilkan oleh lebah madu dan memiliki rasa manis khas yang berasal dari nektar bunga atau ketiak daun yang dihisap oleh lebah (Faisal M. Sakri, 2022).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wildiana et al. (2023) persepsi konsumen terkait manfaat madu bagi kesehatan diantaranya, meningkatkan daya tahan tubuh, menghambat pertumbuhan sel kanker, meningkatkan kesehatan jantung, meringankan sakit batuk dan asma, mempercepat proses penyembuhan setelah sakit, mengurangi frekuensi diare, menurunkan tekanan darah, dan menurunkan kadar lemak dan kolesterol dalam tubuh.

Bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) sering disebut juga sebagai *butterfly pea* atau *blue pea* merupakan bunga yang khas dengan kelopak tunggal berwarna ungu, biru, merah muda (*pink*) dan putih. Bunga telang mengandung tanin, flobatanin, karbohidrat, saponin, triterpenoid, polifenol, flavanol glikosida, protein, alkaloid, antrakuinon, antosianin, stigmasit 4-ena-3,6 dion, minyak volatil dan steroid (M.S. Putri, 2019). Menurut Makasana et al. (2017) kandungan flavonoid dan antosianin yang tinggi pada bunga telang dapat berfungsi sebagai sumber antioksidan, sehingga menambahkan bunga telang pada produk makanan selain meningkatkan mutu terhadap warna juga dapat memberikan efek terhadap kesehatan.

Penambahan telang 1% dalam produk pangan terutama madu dikarenakan Bunga telang memiliki kandungan antosianin golongan ternatin yang sangat tinggi. Antosianin merupakan senyawa yang aktif secara biologis dan memiliki kapasitas antioksidan tinggi, sehingga penambahan dalam jumlah kecil sudah mampu meningkatkan kandungan senyawa bioaktif produk. Sedangkan penggunaan konsentrasi telang yang lebih tinggi belum tentu memberikan peningkatan aktivitas antioksidan yang sebanding karena antosianin relatif tidak stabil terhadap pH, suhu, oksigen, dan cahaya, serta dapat mengalami degradasi maupun interaksi dengan komponen lain seperti gula dan polifenol madu. Oleh karena itu, penggunaan

konsentrasi yang lebih rendah dapat menjadi pilihan untuk mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif dalam sistem madu (Khoo et al., 2017). Selain itu, Menurut Palimbong & Pariama (2020), penambahan telang 1% dalam produk pangan lebih disukai oleh konsumen karena warna yang menarik, aroma, rasa dan tekstur yang cenderung netral dibandingkan dengan ekstrak telang dengan konsentrasi yang lebih tinggi

Kelor (*Moringa Oleifera L.*) merupakan salah satu tumbuhan yang telah dikenal banyak orang di Indonesia. Tanaman kelor dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional untuk pemeliharaan kesehatan dan gangguan penyakit sehingga sampai saat ini tanaman kelor masih sangat dibutuhkan dan perlu dikembangkan. Berdasarkan penelitian, tanaman kelor dapat digunakan sebagai pengobatan tradisional diabetes, asam urat, inflamasi, dan lain-lain. Banyaknya manfaat kelor sehingga memiliki julukan sebagai *The Miracle Tree* dan *Amazing Tree* (Purba, 2016).

Ekstrak daun kelor dari daun yang tua dan muda menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat melawan radikal bebas, mencegah kerusakan oksidatif pada biomolekul utama dan memberikan perlindungan yang signifikan terhadap kerusakan oksidatif. Sebuah studi perbandingan menunjukkan bahwa ekstrak daun *Moringa oleifera* menunjukkan nilai antioksidan enzimatis dan non-enzimatis yang lebih baik. Pada uji aktivitas penangkal radikal bebas DPPH ekstrak daun menunjukkan penurunan radikal DPPH yang signifikan (Susanti & Nurman, 2022).

Konsentrasi daun kelor 3% digunakan karena daun kelor mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, asam fenolat, vitamin C, protein, mineral, dan serat pangan. Kandungan senyawa bioaktif pada daun kelor tersebar dalam berbagai komponen sehingga diperlukan jumlah fortifikan yang lebih besar agar jumlah senyawa aktif yang ditambahkan ke dalam madu menjadi memadai. Namun, peningkatan konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat meningkatkan kandungan serat dan protein yang berpotensi berinteraksi dengan senyawa fenolik melalui ikatan hidrogen maupun interaksi hidrofobik sehingga menurunkan bioaksesibilitas dan aktivitas antioksidan. Oleh karena itu, dipilih konsentrasi menengah sebagai titik keseimbangan antara penambahan senyawa bioaktif dan

stabilitas sistem (Leone et al., 2015). Selain itu, Menurut Angraeni et al. (2025), penggunaan daun kelor 3% diketahui lebih disukai oleh panelis dibandingkan dengan penggunaan daun kelor 7% karena aroma langu yang lebih lemah dibandingkan ekstrak daun kelor dengan konsentrasi lebih tinggi.

Buah nanas adalah buah yang memiliki rasa manis dan sedikit asam. Kandungan gizi dari nanas antara lain, vitamin C (79%), vitamin B6 (5%), vitamin A (1%), besi (1%), magnesium (3%), folat, kaya akan antioksidan dan zat lainnya yang bermanfaat bagi tubuh (Hayati & Maharani, 2024). Daging nanas mengandung senyawa volatil yang kompleks yang memberikan aroma khas dan rasa manis yang disukai konsumen. Kandungan bioaktif utama dalam daging buah nanas meliputi enzim bromelin yang memiliki aktivitas proteolitik tinggi, vitamin C yang berfungsi sebagai antioksidan alami, flavonoid yang memberikan aktivitas antiinflamasi, serta serat pangan yang mendukung kesehatan sistem pencernaan.

Menurut Putri et al. (2025) diversifikasi produk berbasis nanas dapat meningkatkan nilai tambah dari produk seperti tepung fungsional, minuman fermentasi, suplemen kesehatan, dan bahan tambahan pangan yang memiliki peningkatan nilai gizi dan aktivitas biologis yang signifikan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak nanas dalam produk pangan dapat memberikan kontribusi terhadap kualitas produk tanpa memengaruhi sifat sensori secara signifikan, seperti warna, aroma, dan kadar air pada produk (Kumala et al., 2024).

Konsentrasi buah nanas 5% digunakan karena buah nanas memiliki kandungan vitamin C, senyawa fenolik, bromelain, dan gula sederhana, namun konsentrasi total senyawa fenolik dan aktivitas antioksidannya umumnya lebih rendah dibandingkan bunga telang maupun daun kelor. Oleh karena itu, penggunaan konsentrasi fortifikan yang lebih tinggi diperlukan agar jumlah senyawa bioaktif yang ditambahkan ke dalam madu lebih optimal. Selain itu, kandungan gula alami dan asam organik pada nanas dapat meningkatkan jumlah padatan terlarut tanpa mengganggu kestabilan sistem madu secara signifikan, sehingga penggunaan konsentrasi yang lebih tinggi masih memungkinkan (Hossain et al., 2015). Selain itu, Menurut Joko Santoso & Muladi Putra Mahardika (2023),

penggunaan nanas 5% pada produk pangan sudah mampu memberikan peningkatan kimia seperti antioksidan serta mampu memberikan nilai sensoris yang lebih baik dan lebih disukai.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Heri Sudaryanto (2010) pada analisis kualitas fisik dan kimia madu lebah menunjukkan hasil rata-rata kadar air 17,63%, pH 4,233, warna coklat dengan nilai 2,96, aroma khas madu, rasa manis dengan nilai 5,37, dan viskositas dengan nilai 5,22 sesuai dengan persyaratan yang sudah ditetapkan dalam SNI No. 8664:2018, tetapi memiliki glukosa lebih rendah dengan nilai 31,27% dimana belum memenuhi standar minimal SNI yaitu 65%.

Fortifikasi adalah upaya yang sengaja dilakukan untuk meningkatkan kandungan mikronutrien esensial, seperti vitamin dan mineral, dalam pangan guna memperbaiki kualitas gizi dan memberikan manfaat kesehatan masyarakat dengan risiko minimal (World Health Organization, 2006). Fortifikasi pangan berarti penambahan satu atau lebih zat gizi esensial, baik yang secara alami terdapat dalam pangan maupun tidak, dengan tujuan mencegah atau mengatasi defisiensi zat gizi pada populasi tertentu. Selain itu, fortifikasi pangan juga dapat dilakukan untuk menggantikan zat gizi yang hilang selama proses pengolahan, penanganan, atau penyimpanan, serta untuk mempertahankan kesetaraan nilai gizi pangan pengganti.

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka penelitian diatas maka diperoleh hipotesis sebagai berikut, diduga jenis bahan fortifikan berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia madu fortifikasi PT. Imago Randau Honey.

1.7 Tempat dan Waktu Penelitian

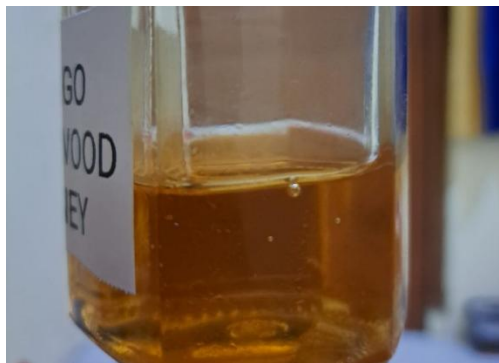
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian, Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan. Jl. Dr. Setiabudi No. 193, Bandung dan Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Cisitua Sangkuriang, Bandung. Adapun waktu penelitian dilakukan mulai dari bulan Maret - April.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai : (1) Madu, (2) Fortifikasi, (3) Madu fortifikasi, (4) Bunga Telang, (5) Daun Kelor, (6) Nanas, dan (7) Pencampuran.

2.1 Madu

Menurut Safitri & Purnobasuki (2022) madu adalah salah satu jenis *bee product* utama dari lebah madu selain propolis dan juga produk-produk yang lain seperti *royal jelly*, *pollen* atau tepung sari, lilin atau malam lebah atau dikenal juga sebagai *bee wax*, dan racun lebah atau apitoxin. Madu adalah cairan alami yang memiliki rasa manis yang dihasilkan oleh lebah dari nektar bunga atau bagian lain tanaman (ekstrafloral) yang dikumpulkan, diubah, dan disimpan dalam sarang lebah (SNI, 2018). Komposisinya kaya akan gula, namun sangat rendah kandungan lemak, menjadikannya pilihan yang menarik dalam konteks nutrisi manusia. Rasa manis pada madu berasal dari komposisi utamanya yang terdiri atas monosakarida seperti fruktosa dan glukosa, yang merupakan jenis karbohidrat sederhana. Hal ini memberikan tingkat kemanisan yang hampir setara dengan gula pasir yang diperoleh dari tebu, sehingga madu sering kali menjadi alternatif alami yang lebih sehat dalam kehidupan sehari-hari manusia.



Gambar 1. Madu Sonokeling

Menurut Faisal M. Sakri (2022) dalam bukunya mengatakan bahwa dalam 1.000 gram madu terdapat 3.280 kalori atau setara dengan 50 butir telur atau 5.575 liter susu serta setara dengan 1.680 kg daging. Selain itu madu juga mengandung fruktosa 41%, glukosa 35%, sukrosa 1,2%, vitamin, asam, mineral dan enzim yang berguna bagi tubuh manusia. Madu juga mengandung asam organik yang terdiri

dari glikolat, asam format, asam laktat, asam sitrat, asam asetat, asam oksalat, asam malat, dan asam tartarat yang sangat memiliki manfaat besar bagi metabolisme tubuh manusia. Di dalam madu juga terdapat kandungan mineral yang bermanfaat bagi tubuh kita diantaranya, belerang, kalsium, tembaga, mangan, zat besi, fosfor, klor, kalium, magnesium, yodium, seng, silikon, natrium, molibdenum dan aluminium (Faisal M. Sakri, 2022).

Madu adalah karunia alam yang kaya akan aktivitas biologis, ditandai dengan kehadiran enzim-enzim seperti diastase, invertase, dan glukosa oksidase. Enzim-enzim ini menjalankan fungsi mendasar diantaranya, enzim diastase berfungsi mengurai molekul kompleks menjadi gula sederhana, enzim invertase berfungsi memecah sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa, sementara enzim glukosa oksidase berfungsi menghasilkan hidrogen peroksida dan asam glukonat yang bermanfaat. Namun, meskipun madu secara alami diciptakan sempurna oleh lebah, pengolahan yang tidak tepat oleh tangan manusia dapat secara drastis mengubah kondisi asli dari madu. Sayangnya, proses penanganan yang buruk ini terbukti mampu menurunkan secara signifikan aktivitas enzim kunci seperti diastase. Penurunan aktivitas enzim diastase inilah yang pada akhirnya menghasilkan produk madu dengan kualitas yang lebih rendah saat sampai di tangan konsumen (Tulandi, 2019).

Berdasarkan sumber nektarnya, madu dibedakan menjadi dua jenis yaitu madu monofloral dan madu multifloral. Dimana madu monofloral merupakan jenis madu yang disekresi atau dihasilkan oleh lebah yang hanya berasal dari satu jenis tanaman, contohnya adalah madu yang dihasilkan oleh lebah *Apis mellifera*. Sedangkan madu multifloral adalah madu yang dihasilkan dari berbagai nektar dari jenis tanaman yang berbeda, contohnya adalah madu yang dihasilkan oleh lebah *Apis dorsata* (Safitri & Purnobasuki, 2022). Di Indonesia madu sangat beragam jenisnya, salah satunya madu yang diperoleh dari PT. Imago Randau Honey yang dihasilkan dari nektar bunga pohon Sonokeling dan diproduksi oleh lebah *Apis Mellifera*, oleh karena itu PT. Imago Randau Honey membuat pembeda agar madu tersebut memiliki daya tariknya tersendiri dibandingkan dengan madu jenis lain, salah satunya dengan menambahkan bahan fortifikan seperti menambahkan ekstrak bunga telang, ekstrak daun kelor, dan ekstrak buah nanas.

Sebagai salah satu produk pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat, madu harus memenuhi persyaratan mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah, dimana Standar Nasional Indonesia (SNI) menjadi pedoman resmi dalam penilaian kualitas madu. Persyaratan SNI madu berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (2018) kadar air madu budidaya maksimal 22%, gula pereduksi (glukosa) minimal 65%, sukrosa maksimal 5%, dan keasaman maksimal 50 mL NaOH/Kg.

Tabel 1. SNI Madu

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan		
			Madu Hutan	Madu Budidaya	Madu Lebah tanpa Sengat
A	Uji Organoleptik				
1	Bau		Khas madu	Khas madu	Khas madu
2	Rasa		Khas madu	Khas madu	Khas madu
B	Uji Laboratoris				
ulangan	Aktivitas enzim diastase	DN	min 1 ^{*)}	min 1 ^{*)}	min 1 ^{*)}
2	Hidroksimetilfurfural	mg/kg	maks 40	maks 40	maks 40
3	Kadar air	%b/b	maks 22	maks 22	maks 27,5
4	Gula pereduksi (dihitung sebagai glukosa)	%b/b	min 65	min 65	min 65
5	Sukrosa	%b/b	maks 5	maks 5	maks 5
6	Keasaman	ml NaOH/kg	maks 50	maks 50	maks 200
7	Padatan tak larut dalam air	%b/b	maks 0,5	maks 0,5	maks 0,5
8	Abu	%b/b	maks 0,5	maks 0,5	maks 0,5
9	Cemaran logam				
	9.1 Timbal (Pb)	mg/kg	maks 1,0	maks 1,0	maks 1,0
	9.2 Cadmium (Cd)	mg/kg	maks 0,2	maks 0,2	maks 0,2
	9.3 Merkuri (Hg)	mg/kg	maks 0,03	maks 0,03	Maks 0,03
10	Cemaran arsen (As)	mg/kg	maks 1,0	maks 1,0	maks 1,0
11	Kloramfenikol	mg/kg	Tidak terdeteksi		
CATATAN ^{*)} Persyaratan ini berdasarkan pengujian setelah madu dipanen					

Sumber : SNI, 2018

2.2 Fortifikasi

Fortifikasi adalah proses penambahan satu atau lebih mikronutrien tertentu ke dalam makanan untuk meningkatkan nilai gizi, mencegah defisiensi, dan meningkatkan kesehatan (Astuti et al., 2014). Fortifikasi makanan dianggap sebagai salah satu cara terbaik untuk mengatasi kekurangan nutrisi. Proses ini dirancang untuk mengatasi berbagai masalah kesehatan yang disebabkan oleh kekurangan mikronutrien. Biasanya, fortifikasi melibatkan penambahan asam amino, vitamin, dan mineral (Rokhmah et al., 2022).

Menurut WHO (2006), Fortifikasi adalah upaya yang sengaja dilakukan untuk meningkatkan kandungan mikronutrien esensial, yaitu vitamin dan mineral dalam makanan, sehingga dapat meningkatkan kualitas gizi pasokan makanan dan menyediakan manfaat kesehatan masyarakat dengan risiko minimal terhadap kesehatan.

2.3 Madu Fortifikasi



Gambar 2. Madu Fortifikasi

Madu fortifikasi merupakan madu yang diperkaya dengan bahan tertentu untuk meningkatkan nilai gizi, mutu sensori, dan manfaat fungsional bagi kesehatan melalui penambahan bahan kaya vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif, seperti bunga telang, daun kelor, dan buah nanas. Pada madu, fortifikasi biasanya dilakukan dengan menambahkan bahan alami seperti ekstrak tanaman, buah, rempah, maupun produk lebah lainnya agar kandungan senyawa bioaktifnya meningkat.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan bahan fortifikan pada madu dapat meningkatkan kandungan senyawa fenolik serta aktivitas antioksidan. Misalnya, penambahan propolis atau bee bread ke dalam madu dilaporkan mampu meningkatkan kadar polifenol dan kemampuan menangkal radikal bebas dibandingkan madu tanpa fortifikasi. Hal ini terjadi karena senyawa bioaktif dari bahan fortifikan dapat bekerja secara sinergis dengan senyawa yang secara alami terdapat dalam madu (Habryka et al., 2020).

Selanjutnya pada penelitian penambahan ekstrak metanol daun namnam ke dalam madu trigona, menunjukkan bahwa sampel madu trigona dan ekstrak metanol daun namnam memiliki kandungan total fenolik, flavonoid, vitamin C lebih tinggi dibandingkan dengan kombinasi madu trigona dan ekstrak metanol daun namnam. Namun kandungan beta karoten kombinasi madu trigona dan ekstrak metanol daun namnam menunjukkan hasil yang lebih tinggi. Analisis terhadap aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa EMDN memberikan aktivitas tertinggi ($IC_{50} 0,0048 \pm 0,000$ mg/mL), kombinasi EMDN dan MT ($IC_{50} 0,0085 \pm 0,000$ mg/mL) dan MT ($IC_{50} 3,736 \pm 0,112$ mg/mL). Dengan demikian madu trigona, ekstrak metanol daun namnam dalam bentuk tunggal maupun kombinasinya sangat potensial dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan dan antibakteri dalam suatu bentuk pangan fungsional (Sumarlin et al., 2015).

2.4 Bunga Telang

Tanaman bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) berasal dari Amerika Selatan bagian tengah dan telah menyebar ke seluruh daerah tropis, khususnya Asia Tenggara termasuk Indonesia (Hariadi, 2018). Pada umumnya tanaman bunga telang dikenal sebagai tanaman polong-polongan dari famili *Fabaceae*. Tanaman ini merupakan tanaman tropis yang banyak ditemukan tumbuh di pekarangan maupun alam liar.



Sumber : (Adrian, 2025)

Gambar 3. Bunga Telang

Morfologi tanaman bunga telang menurut Waluyo et al. (2024) dalam bukunya dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Plantae</i> (tumbuh-tumbuhan)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (tumbuhan berbunga)
Subdivisi	: <i>Spermatophyta</i> (menghasilkan biji)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Fabales</i>
Keluarga	: <i>Fabaceae</i> (suku polong-polongan)
Genus	: <i>Clitoria</i>
Spesies	: <i>Clitoria ternatea</i> L.

Tanaman bunga telang (*Clitoria ternatea*) termasuk ke dalam famili polong-polongan yang mampu tumbuh dan beradaptasi dengan baik pada wilayah beriklim tropis maupun subtropis. Bagian bunga tanaman ini diketahui mengandung berbagai senyawa fitokimia yang berpotensi memberikan manfaat fungsional. Dari aspek ekologi, bunga telang umumnya menunjukkan pertumbuhan optimal pada kondisi intensitas cahaya matahari yang tinggi, meskipun masih memiliki toleransi terhadap kondisi ternaung. Pertumbuhan tanaman bunga telang juga dipengaruhi oleh faktor suhu lingkungan. Tanaman ini dapat berkembang dengan baik pada rentang suhu sedang hingga relatif rendah, yaitu sekitar 15–25 °C, serta menunjukkan ketahanan yang cukup baik terhadap suhu tinggi pada musim panas. Bahkan, ketika terpapar suhu rendah, bunga telang masih memiliki kemampuan

untuk tumbuh kembali melalui bagian batang yang telah mengalami pengerasan atau bersifat berkayu (Waluyo et al., 2024).

Bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) diketahui memiliki berbagai senyawa bioaktif yang memberikan manfaat kesehatan apabila dikonsumsi oleh manusia. Kandungan utama berupa antosianin golongan ternatin, flavonoid, serta senyawa fenolik berperan sebagai antioksidan alami yang mampu menangkal radikal bebas dan menurunkan stres oksidatif dalam tubuh. Aktivitas biologis bunga telang juga dilaporkan memiliki efek antiinflamasi, antidiabetes, antibakteri, serta berpotensi membantu menjaga kesehatan metabolik melalui peningkatan kapasitas antioksidan. Selain itu, konsumsi ekstrak bunga telang dilaporkan dapat meningkatkan sistem pertahanan antioksidan tubuh dan berkontribusi dalam pencegahan penyakit degeneratif yang berkaitan dengan peradangan kronis dan stres oksidatif (Jaafar et al., 2020)

Tabel 2. Kadar Senyawa Aktif pada Bunga Telang

Senyawa	Kadar (mmol/mg bunga)
Flavonoid	20,07 ± 0,55
Antosianin	5,40 ± 0,23
Flavonol glikosida	14,66 ± 0,33
Kaempferol glikosida	12,71 ± 0,46
Quersetin glikosida	1,92 ± 0,12
Mirisetin glikosida	0,04 ± 0,01

Sumber : (Kazuma *et al.*, 2003; Purwaniati *et al.*, 2020)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Elianasari et al. (2024) terkait identifikasi senyawa bioaktif dalam bunga telang bubuk, didapatkan sampel positif mengandung senyawa alkaloid, saponin, dan flavonoid.

Berdasarkan penelitian mengenai kajian formulasi ekstrak bunga telang terhadap aktivitas antioksidan pada minuman fungsional, didapatkan nilai antosianin atau aktivitas antioksidan tertinggi pada minuman fungsional bunga telang memiliki nilai presentase sebesar 42,2% (Kurniadi et al., 2024). Zussiva et al. (2012) di kutip dalam jurnal Kurniadi et al. (2024), melakukan penelitian

mengenai ekstraksi antosianin pada bunga telang dengan menggunakan metode maserasi menghasilkan antosianin sebesar 46,35%. Hariadi et al. (2018) di kutip dalam jurnal Kurniadi et al. (2024), melakukan penelitian mengenai ekstraksi antosianin pada bunga telang menggunakan metode maserasi dengan pelarut air selama 24 jam menghasilkan antosianin sebesar 53,02%.

2.5 Daun Kelor

Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang dikenal sebagai tanaman ajaib. Kelor tersebar pada wilayah tropis, yakni dari Asia Selatan hingga Afrika Barat. Berdasarkan sejarah, tanaman kelor telah digunakan ribuan tahun yang lalu di India sebagai obat tradisional. Tanaman ini terkenal karena tingginya kandungan gizi, khasiat, dan manfaat yang sangat baik. Berbagai peneliti telah menunjukkan bahwa daun kelor mengandung beragam nutrisi penting seperti vitamin A, vitamin C, kalsium, kalium, dan protein. Selain itu pula tanaman kelor ini memiliki tinggi antioksidan seperti flavonoid dan quercetin, asam amino esensial, dan zat besi (Muliana & Ruslan, 2024).



Sumber : (Adrian, 2025b)

Gambar 4. Daun Kelor

Morfologi tanaman kelor menurut Muliana & Ruslan (2024) dalam bukunya dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Plantae</i> (tumbuh-tumbuhan)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (tumbuhan berbunga)
Subdivisi	: <i>Spermatophyta</i> (menghasilkan biji)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>

Ordo	: <i>Brassicales</i>
Keluarga	: <i>Moringaceae</i>
Genus	: <i>Moringa</i>
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i>

Daun kelor mengandung vitamin A, vitamin C, vitamin B, kalsium, kalium, besi dan protein dalam jumlah sangat tinggi yang mudah dicerna dan diasimilasi oleh tubuh manusia. Zat lain yang sudah diidentifikasi dalam daun kelor antara lain: senyawa polifenol (asam galat, asam klorogenat, asam elegat, asam ferulat, kuersetin, kaempferol, proantosianidin dan vanilin), vitamin E, β -karoten, zink dan selenium. Daun kelor kaya akan mineral seperti kalsium, kalium, seng, magnesium, zat besi dan tembaga. Vitamin seperti vitamin A, vitamin B seperti asam folat, piridoksin dan asam nikotinat, vitamin C, D, dan E, serta β -karoten (Berkovich et al., 2013).

Fidyasari et al. (2024) melakukan penelitian terkait sifat fisikokimia, fungsional, dan sifat pengentalan daun kelor bubuk dari berbagai warna tangkai daun. Didapatkan banyak senyawa bioaktif yang terdapat dalam daun kelor bubuk, diantaranya fenolik, flavonoid, serta klorofil,

Alimsyah et al. (2020) di kutip dalam jurnal Satriyani (2021), melakukan penelitian tentang uji antioksidan ekstrak daun kelor dengan metode DPPH menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor termasuk ke dalam antioksidan yang kuat karena mempunyai nilai IC 50 sebesar 79 ppm. Fachriyah et al. (2020) di kutip dalam jurnal Satriyani (2021), melakukan penelitian tentang uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun kelor dengan metode DPPH menunjukkan kuersetin yang terkandung dalam ekstrak etanol daun kelor memiliki nilai IC 50 sebesar 3,5076 ppm yang berarti ekstrak etanol daun kelor mempunyai aktivitas antioksidan yang sangat tinggi. Torres et al., (2013) di kutip dalam jurnal Satriyani (2021), melakukan penelitian tentang uji antioksidan ekstrak air dan ekstrak etanol daun kelor dengan metode DPPH menyatakan ekstrak air memberikan aktivitas antioksidan tinggi yaitu sebesar $85 \pm 0,001 \%$ dan ekstrak etanol memberikan aktivitas antioksidan tinggi sebesar $89,67 \pm 0,75\%$.

2.6 Nanas

Nanas (*Ananas comosus (L) Merr*) adalah buah tropis yang memiliki aspek botani yang menarik, kaya akan nutrisi, memiliki manfaat kesehatan potensial, serta memiliki potensi ekonomi yang signifikan. Tanaman nanas berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan. Orang yang pertama kali melaporkan keberadaan tanaman ini adalah Columbus, dalam perjalanannya mengelilingi dunia (Pracaya & Kahono, 2019).



Sumber : (Adrian, 2025)

Gambar 5. Nanas

Morfologi tanaman nanas menurut Pracaya & Kahono (2019) dalam dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Plantae</i> (tumbuh-tumbuhan)
Divisi	: <i>Spermatophyta</i> (tumbuhan berbiji)
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i> (berbiji tertutup)
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i> (biji berdaun lembaga dua)
Ordo	: <i>Farinosae (Bromellales)</i>
Keluarga	: <i>Bromeliaceae</i>
Genus	: <i>Ananas</i>
Spesies	: <i>Ananas comosus (L) Merr</i>

Berdasarkan bentuk daun dan buah dikenal beberapa golongan nanas, yang pertama golongan *Queen*, berbagai klon dari nanas jenis ini antara lain *Z Queen*, *Mac Gregor*, *Natal*, dan *Ripley Queen*. Yang kedua golongan *Abacaxi*, berbagai klon dari nanas jenis ini antara lain *Pernambuco*, *Sugar Loaf*, dan *Eleuthera*. Yang

ketiga golongan Spanyol/*Spanish*, berbagai klon dari nanas jenis ini antara lain, *Red Spanish*, dan *Singapore Canning* (Pracaya & Kahono, 2019).

Kandungan atau nutrisi yang ada di dalam 100 gram buah nanas meliputi, kadar air (85%), protein (0,4%), karbohidrat (13%), 54 kalori, 29 mg kapur, 10 mg fosfor, 0,6 mg besi, 80 I.U. vitamin A, 70 mg Vitamin B1, 20 mg vitamin B 2, 30 mg vitamin C (Pracaya & Kahono, 2019).

Buah nanas memiliki banyak manfaat bagi kesehatan tubuh diantaranya meningkatkan kekebalan tubuh, membantu proses pencernaan, menjaga kesehatan jantung, sebagai antikanker, dan memiliki kemampuan sebagai antioksidan penangkal radikal bebas yang paling tinggi. Radikal bebas bersifat tidak stabil dan sangat reaktif yakni cenderung bereaksi dengan molekul lainnya untuk mencapai kestabilan. Radikal dengan kereaktifan yang tinggi ini dapat memulai sebuah reaksi berantai dalam sekali pembentukannya sehingga menimbulkan senyawa yang tidak normal dan memulai reaksi berantai yang dapat merusak sel-sel penting dalam tubuh (Moh Rivaldi Mappa et al., 2021).

Penelitian oleh Kadam et al. (2012) menunjukkan bahwa bubuk nanas memiliki berbagai parameter kimia penting seperti total gula, gula reduksi, asam askorbat (vitamin C), total asam, serta kandungan mineral seperti besi, fosfor, dan kalsium. Selain itu, parameter fisikokimia seperti pH dan kadar air juga dianalisis untuk menentukan kualitas produk bubuk nanas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa bubuk nanas masih mempertahankan kandungan nutrisi dari bahan segarnya, meskipun terjadi penurunan pada beberapa komponen sensitif seperti vitamin C akibat proses pengeringan. Selain itu, kadar gula dan asam dalam bubuk nanas berperan penting dalam menentukan rasa serta kestabilan produk selama penyimpanan.

2.7 Pencampuran

Pencampuran adalah proses menggabungkan satu atau beberapa bahan dengan cara memasukkan satu bahan ke bahan lainnya, sehingga menghasilkan campuran yang homogen dari berbagai komponen, baik itu campuran cair-padat, padat-padat, maupun cair-gas. Komponen yang memiliki jumlah lebih besar disebut sebagai fase kontinyu, sedangkan yang jumlahnya lebih sedikit disebut fase

disperse. Pengadukan, atau yang dikenal sebagai mixing, adalah proses operasi yang melibatkan pencampuran dua zat atau lebih untuk menghasilkan campuran yang seragam. Dalam media berbentuk cair, pengadukan bertujuan mencapai kondisi turbulen atau bergolak. Secara umum, pencampuran adalah operasi yang dimaksudkan untuk mengurangi perbedaan kondisi, suhu, atau sifat lainnya dalam suatu bahan. Proses ini bisa terjadi dengan menciptakan gerakan di dalam bahan tersebut, sehingga bagian-bagiannya saling berinteraksi, dan pengadukan hanyalah salah satu metode untuk melakukan pencampuran (Prasetyo et al., 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Dzugan et al. (2026), pencampuran madu dengan spirulina hijau bubuk dilakukan dengan mixer tangan (MFQ 3540, Bosch, Munich, Jerman) selama 4 menit dengan kecepatan rendah (60 rpm) pada suhu ruang (20 °C) secara signifikan memengaruhi sifat sensorik dan nutrisi dari produk yang diperoleh.

2.8 Particle Size Analyzer (PSA)

Particle size analyzer (PSA) merupakan alat yang menggunakan prinsip hamburan cahaya dinamis untuk mengukur distribusi ukuran partikel yang mengalami gerak Brown. (Nuraeni et al., 2013). Gerak Brown (*Brownian motion*) adalah fenomena fisika yang menggambarkan gerakan acak dan tak teratur dari partikel-partikel kecil yang terendam dalam sebuah medium, seperti cairan atau gas. Gerak Brown terjadi karena partikel-partikel tersebut terus-menerus bertabrakan dengan molekul-molekul medium di sekitarnya. Kecepatan gerak Brownian berhubungan langsung dengan ukuran partikel, di mana partikel yang lebih kecil bergerak atau terdifusi lebih cepat daripada partikel yang lebih besar (Berne & Pecora, 2000).

Prinsip kerja PSA adalah penghamburan sinar laser pada partikel sampel, yang dengan cepat dideteksi oleh detektor foton pada sudut tertentu untuk menentukan ukuran partikel sampel atau preparat (Zubaydah et al., 2023). Sedangkan Indeks Polidispersitas (PI) dari sampel nanoemulsi yang baik memiliki kisaran 0,08-0,7. Nilai indeks polidispersitas yang mendekati nol menunjukkan distribusi partikel yang homogen atau seragam, sedangkan nilai indeks

polidispersitas yang melebihi 0,5 menunjukkan partikel memiliki tingkat heterogenitas yang tinggi (Karlina et al., 2025).

Menurut Nuraeni et al (2013) metode PSA dinilai lebih akurat dibandingkan dengan metode analisa gambar seperti SEM dan TEM karena menggunakan cahaya laser sebagai media informasi terhadap pengukuran objek (partikel). Selain itu waktu pengukuran yang lebih cepat karena cahaya memiliki kecepatan rambat yang sangat besar sehingga dapat mengirim informasi dalam waktu yang sangat singkat. Pendekatan PSA juga bekerja dengan baik untuk partikel kasar (Desiati et al., 2018).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai : (1) Bahan dan Alat Penelitian, (2) Metode Penelitian, dan (3) Prosedur Penelitian.

3.1 Bahan dan alat Penelitian

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian proses pembuatan madu fortifikasi yaitu, madu jenis Sonokeling yang diperoleh dari PT. Imago Randau Honey, bubuk bunga telang, bubuk daun kelor, dan bubuk buah nanas.



Gambar 6. Madu Fortifikasi PT. Imago Randau Honey



Gambar 7. Bubuk Telang, Bubuk Kelor dan Bubuk Nanas

Bahan yang digunakan untuk analisis dalam penelitian adalah madu fortifikasi, aquades, KIO_3 , KI , H_2SO_4 6N, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, Larutan *LuffSchoorl*, amilum, HCL 9,5N, NaOH , serbuk DPPH, larutan metanol, kuersetin, toluen, buffer pH 4, dan buffer pH 7.

3.1.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian pembuatan madu fortifikasi yaitu, gelas kimia, batang pengaduk, sendok, *magnetic stirrer*.

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu, botol timbang, pH meter, gelas kimia, refraktometer, Aw meter, neraca analitik, spektrofotometer UV-Vis, labu ukur, kuvet, pipet, batang pengaduk, erlenmeyer, buret, neraca analitik, labu destilasi, kondensor, klem, statif, kaki tiga, kawat kasa, chromameter, viscometer brookfield, tabung reaksi 50 mL, labu ukur 100 mL, dan *Particle Size Analyzer*.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari 2 tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

3.2.1 Prosedur Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah analisis madu murni, ekstrak bunga telang, ekstrak daun kelor, dan ekstrak nanas.

3.2.2 Prosedur Penelitian Utama

Penelitian utama yang dilakukan adalah proses pencampuran ekstrak bunga telang, ekstrak daun kelor, dan ekstrak nanas dengan madu fortifikasi yang terdiri dari rancangan perlakuan, rancangan percobaan, rancangan analisis, dan rancangan respon.

3.2.2.1 Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan penelitian utama terdiri dari 1 faktor, yaitu jenis bahan fortifikan (a), dimana tarafnya terdiri dari :

a_1 = Telang (1%)

a_2 = Kelor (3%)

a_3 = Nanas (5%)

3.2.2.2 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan faktor tunggal yang terdiri dari 3 taraf dan 3 pengulangan, sehingga didapatkan 9 satuan percobaan.

Menurut Gasperz (2006) Model percobaan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

- i = Banyaknya jenis bahan fortifikan
 - j = Banyaknya ulangan
 - Y_{ij} = Hasil pengamatan dari perlakuan ke-i dalam kelompok ke-j
 - μ = Nilai tengah umum (rata-rata yang sebenarnya) dari nilai pengamatan
 - τ_i = Pengaruh perlakuan jenis bahan fortifikan pada taraf ke-i
 - β_j = Pengaruh kelompok jenis bahan fortifikan pada taraf ke-j
 - ε_{ij} = Pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i pada kelompok ke-j
- Model rancangan percobaan perlakuan dari faktor tunggal tersebut dapat

dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Matrik model Percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal dengan 3 taraf dan 3 kali pengulangan

Jenis Bahan Fortifikan (A)	Ulangan		
	1	2	3
a_1 Telang (1%)	a_1	a_1	a_1
a_2 Kelor (3%)	a_2	a_2	a_2
a_3 Nanas (5%)	a_3	a_3	a_3

Berdasarkan rancangan diatas maka dapat dibuat denah (layout) rancangan faktorial dengan faktor tunggal 3 taraf dan 3 kali ulangan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Denah (layout) pola faktorial 3x3 dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Kelompok Ulangan 1		
a ₁	a ₂	a ₃
Kelompok Ulangan 2		
a ₃	a ₂	a ₁
Kelompok Ulangan 3		
a ₁	a ₃	a ₂

3.2.2.3 Rancangan Analisis

Berdasarkan rancangan percobaan diatas, dapat dibuat Analisis Variansi (ANOVA) untuk mendapatkan kesimpulan mengenai pengaruh perlakuan. Analisis ragam pengaruh terhadap respon yang diteliti dapat dilihat pada tabel berikut. Tabel Analisis Variansi (ANOVA) percobaan RAK faktor tunggal.

Tabel 5. Analisis Variansi (ANOVA) percobaan RAK Faktor tunggal

Sumber Variansi	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	$r - 1$	JKK	KTK	-	-
Faktor A	$a - 1$	JK(A)	KT(A)	KT(A)/KTG	-
Galat	$(r - 1)(a - 1)$	JKG	KTG	-	-
Total	$t.r - 1$	KTG	-	-	-

(Gasperz, 1995)

Berdasarkan rancangan percobaan di atas maka dapat dilakukan Analisis Variasi (ANOVA) untuk mendapatkan kesimpulan mengenai pengaruh perlakuan. Tabel ANOVA dapat dilihat pada tabel 5 dan selanjutnya ditentukan daerah penolakan hipotesa, yaitu:

1. Hipotesis ditolak, jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ pada taraf 5% jenis bahan fortifikan tidak berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan kimia madu fortifikasi masing – masing pada perlakuan pada taraf 5%.
2. Hipotesis diterima, jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada taraf nyata 5% maka jenis bahan fortifikan berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisik dan kimia

madu fortifikasi, dan selanjutnya dilakukan uji lanjut untuk mengetahui sejauh mana perbedaan dari masing-masing perlakuan dengan menggunakan uji lanjut duncan pada taraf 5% untuk menguji perbedaan diantara semua perlakuan.

3.2.2.4 Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan dalam penelitian utama meliputi respon kimia, dan fisik.

1. Respon Kimia

Respon kimia yang akan dilakukan yaitu analisis aktivitas antioksidan dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis Metode DPPH (AOAC, 1995), analisis kadar pH dilakukan menggunakan pH meter (Sudarmadji et al., 1989), analisis kadar air menggunakan metode Destilasi (AOAC, 2005), analisis Aw dengan menggunakan alat Aw meter (AOAC, 2005), dan analisis kadar gula pereduksi dilakukan dengan metode *Luff Schoorl* (AOAC, 2005).

2. Respon Fisik

Respon fisik yang dilakukan yaitu, analisis ukuran partikel dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) (Karlina et al., 2025), analisis viskositas dengan menggunakan alat viscometer Brookfield (Dianingsih et al., 2016), analisis intensitas warna dengan menggunakan alat chromameter (Konica Minolta, 2002) analisis total padatan terlarut (TPT) menggunakan alat refraktometer (Wahyudi dan Dewi, 2017), dan analisis waktu larut (Husni et al., 2020).

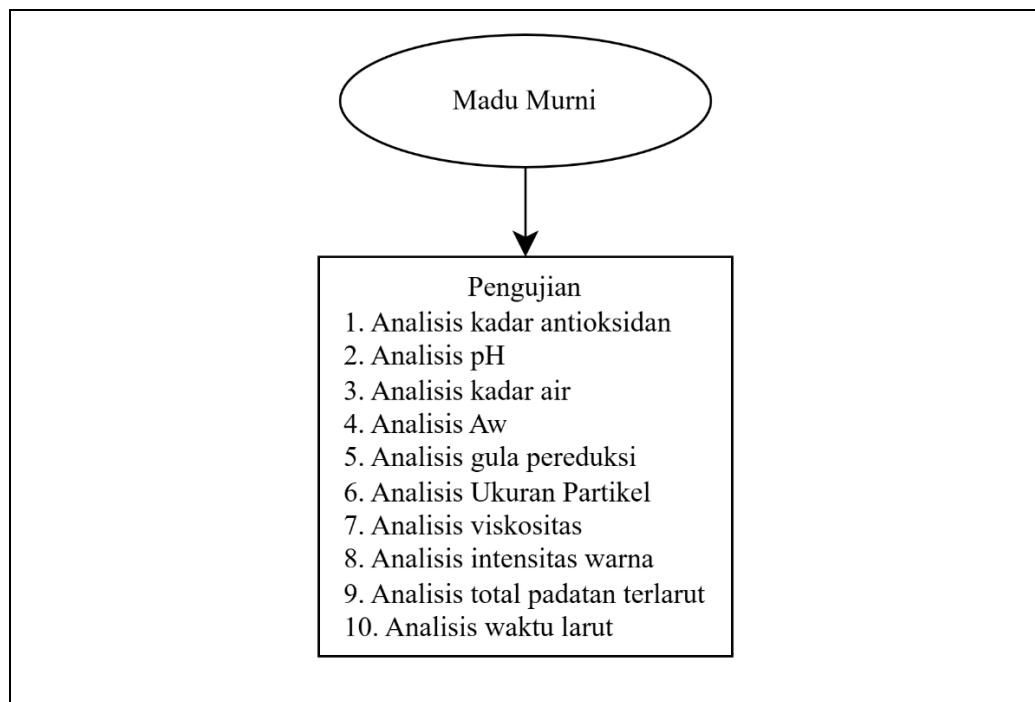
3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian madu fortifikasi terdiri dari prosedur penelitian pendahuluan dan prosedur penelitian utama.

3.3.1 Penelitian Pendahuluan

3.3.1.1 Prosedur Penelitian Pendahuluan Madu Murni

Madu murni dilakukan penelitian pendahuluan diantaranya, analisis antioksidan, pH, kadar air, Aw, gula pereduksi, ukuran partikel, viskositas, intensitas warna, total padatan terlarut, dan waktu larut.



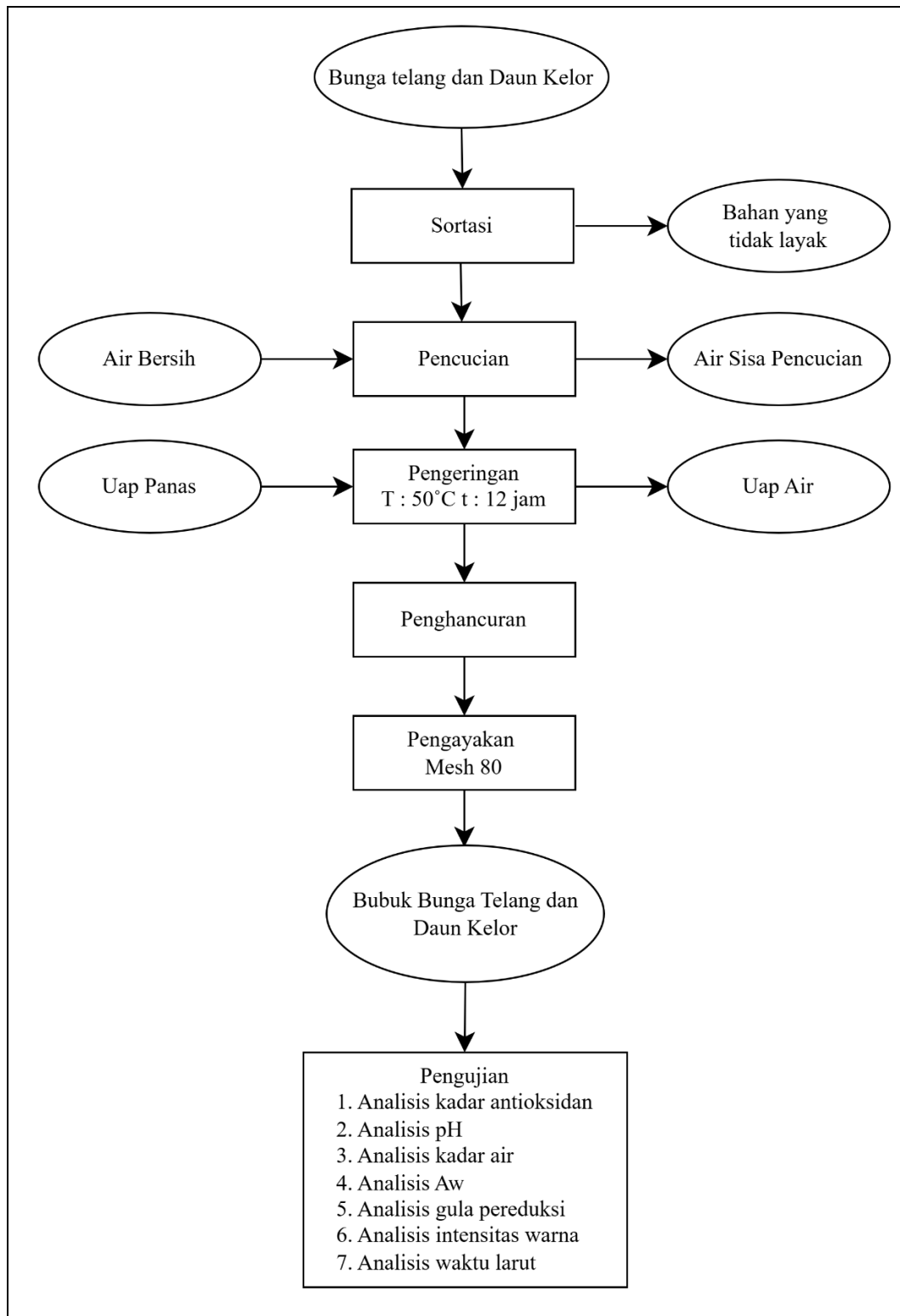
Gambar 8. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan Madu Murni

3.3.1.2 Prosedur Penelitian Pendahuluan

A. Prosedur Penelitian Pendahuluan Bubuk Bunga Telang dan Daun Kelor

1. Bunga telang dan daun kelor dilakukan sortasi untuk memisahkan bahan yang tidak layak, seperti bagian yang rusak, kotor, atau mengalami pembusukan, sehingga diperoleh bahan baku dengan kualitas yang baik.
2. Bahan yang telah disortasi kemudian dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran, debu, dan kontaminan yang menempel pada permukaan.
3. Bunga telang dan daun kelor dikeringkan pada suhu 50°C selama 10 jam untuk menurunkan kadar air bahan sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme serta menjaga kestabilan senyawa aktif.
4. Bahan kering kemudian dihancurkan untuk menghasilkan serbuk bunga telang dan daun kelor dengan ukuran yang lebih kecil.

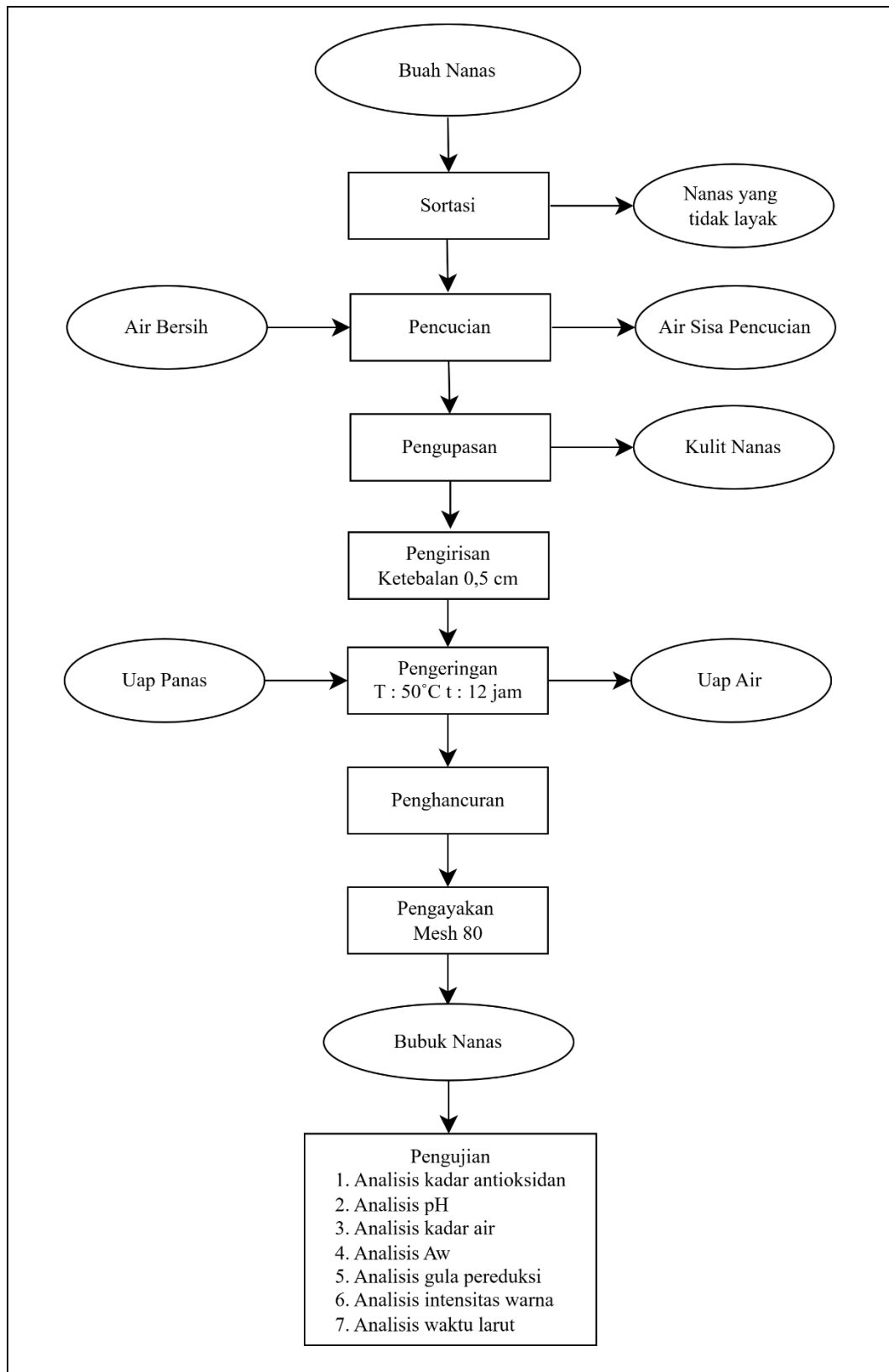
5. Bahan kering yang sudah dihancurkan dilakukan pengayakan dengan mesh 80 untuk menghasilkan serbuk dengan ukuran partikel yang lebih seragam.
6. Hasil akhir dari seluruh proses adalah bubuk bunga telang dan daun kelor yang siap digunakan untuk analisis pendahuluan berupa analisis antioksidan, pH, kadar air, Aw, gula pereduksi, intensitas warna, dan waktu larut.



Gambar 9. Prosedur Penelitian Pendahuluan Ekstrak Bunga Telang dan Daun Kelor

B. Prosedur Penelitian Pendahuluan Bubuk Nanas

1. Buah nanas dilakukan sortasi untuk memisahkan bahan yang tidak layak, seperti bagian yang rusak, kotor, atau mengalami pembusukan, sehingga diperoleh bahan baku dengan kualitas yang baik.
2. Nanas yang telah disortasi kemudian dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran, debu, dan kontaminan yang menempel pada permukaan. Nanas selanjutnya dikupas untuk memisahkan bagian kulit dari daging buah.
3. Daging buah nanas diiris dengan ketebalan sekitar 0,5 cm untuk memperluas permukaan bahan sehingga proses pengeringan dapat berlangsung lebih efektif dan merata.
4. Irisan nanas dikeringkan pada suhu 50°C selama 10 jam untuk menurunkan kadar air bahan, menghambat pertumbuhan mikroorganisme, serta menjaga kestabilan senyawa bioaktif.
5. Bahan kering kemudian dihancurkan untuk menghasilkan serbuk bunga telang dan daun kelor dengan ukuran yang lebih kecil.
6. Bahan kering yang sudah dihancurkan dilakukan pengayakan dengan mesh 80 untuk menghasilkan serbuk dengan ukuran partikel yang lebih seragam.
7. Hasil akhir dari seluruh proses adalah bubuk nanas yang siap digunakan untuk analisis pendahuluan berupa analisis antioksidan, pH, kadar air, Aw, gula pereduksi, intensitas warna, dan waktu larut.

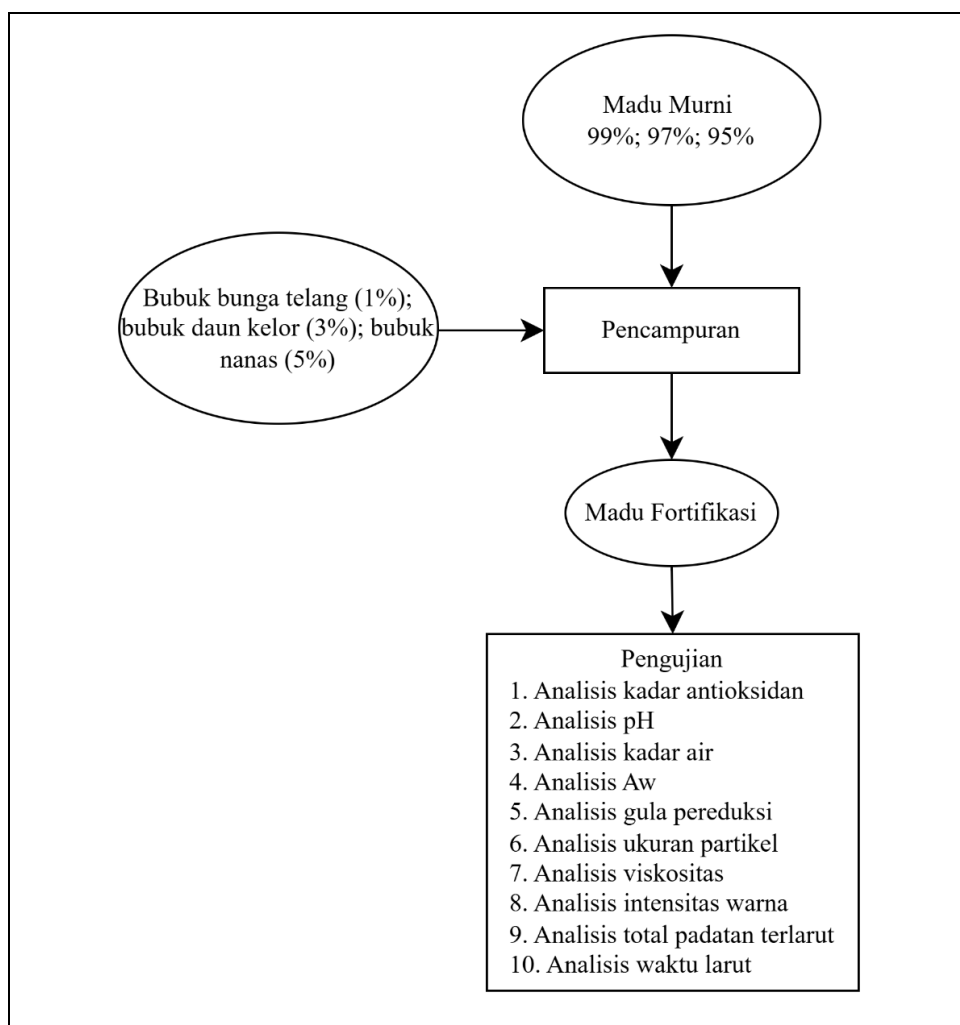


Gambar 10. Prosedur Penelitian Pendahuluan Ekstrak Nanas

3.3.2 Penelitian Utama

3.3.2.1 Prosedur Pencampuran Bahan Fortifikan dan Madu

1. Campuran dengan konsentrasi madu 99% dengan ekstrak bunga telang 1%, campuran dengan konsentrasi madu 97% dengan ekstrak daun kelor 3%, dan campuran dengan konsentrasi madu 95% dengan ekstrak nanas 5%. Pencampuran dilakukan menggunakan alat *Rotary Evaporator* selama 2 jam untuk menghasilkan campuran yang homogen.
2. Madu yang sudah dicampurkan dengan masing-masing bahan fortifikan diuji melalui beberapa analisis, yaitu antioksidan, pH, kadar air, Aw, gula pereduksi, ukuran partikel, viskositas, intensitas warna, total padatan terlarut, dan waktu larut.



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian Utama

Tabel 6. Formulasi Produk Madu Fortifikasi

Bahan	Ekstrak Bunga Telang 1%		Ekstrak Daun Kelor 3%		Ekstrak Nanas 5%	
	%	gram	%	gram	%	gram
Madu	99	99	97	97	95	95
Ekstrak Bahan Fortifikan	1	1	3	3	5	5
Total	100	100	100	100	100	100

3.4 Rencana Jadwal Penelitian

Tabel 7. Rencana Jadwal Penelitian

Kegiatan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli
Penyusunan Proposal dan Bimbingan							
Seminar Usulan Penelitian							
Pelaksanaan Penelitian							
Pengolahan Data dan Penyusunan Tugas Akhir							
Bimbingan dan Diskusi Laporan Tugas Akhir							
Daftar Sidang Tugas Akhir							
Sidang Tugas Akhir							
Revisi Pasca Sidang							

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan



Gambar 12. Madu Murni, Bubuk Telang, Bubuk Kelor, dan Bubuk Nanas

4.1.1 Respon Kimia

Analisis kimia yang akan dilakukan pada penelitian pendahuluan yaitu aktivitas antioksidan dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis Metode DPPH (AOAC, 1995), analisis kadar pH dilakukan menggunakan pH meter (Sudarmadji et al., 1989), analisis kadar air menggunakan metode Destilasi (AOAC, 2005), analisis Aw dengan menggunakan alat Aw meter (AOAC, 2005), dan analisis kadar gula pereduksi dilakukan dengan metode *Luff Schoorl* (AOAC, 2005).

4.1.1.1 Analisis Aktivitas Antioksidan

Penelitian pendahuluan analisis aktivitas antioksidan dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui besar aktivitas antioksidan yang dimiliki oleh masing-masing bahan baku, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.

Tabel 8. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Aktivitas Antioksidan Metode DPPH

Bahan Baku	Aktivitas Antioksidan/IC ₅₀ (ppm)
Madu Murni	68,82
Bubuk Telang	95,88
Bubuk Kelor	85,94
Bubuk Nanas	99,82

Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan nilai IC₅₀ dari madu murni sebesar 68.82 ppm. Menurut Aini et al. (2022) aktivitas antioksidan pada madu monofloral spesies lebah *Apis mellifera* dengan pelarut metanol memiliki nilai IC₅₀ 80,607 ppm. Selanjutnya berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai IC₅₀ dari bubuk telang sebesar 95.88 ppm, sedangkan dalam penelitian Putri et al. (2024) hasil IC₅₀ dalam ekstrak bunga telang sebesar 53.546 ppm. Selanjutnya berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai IC₅₀ dari bubuk kelor sebesar 85.94 ppm, sedangkan dalam penelitian Ansory et al. (2023) hasil IC₅₀ dalam ekstrak daun kelor sebesar 63.993 ppm. Dan berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai IC₅₀ dari bubuk nanas sebesar 99.82 ppm, sedangkan dalam penelitian Alaydrus et al. (2019) dalam penelitian kulit nanas, didapatkan hasil IC₅₀ tertinggi dari perlakuan P3 (larutan DPPH digunakan untuk mencukupkan volume konsentrasi ekstrak uji) yaitu sebesar 78.403 ppm.

4.1.1.2 Analisis pH

Penelitian pendahuluan analisis pH dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui nilai pH yang dimiliki oleh masing-masing bahan baku, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.

Tabel 9. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis pH

Bahan Baku	pH
Madu Murni	4,23
Bubuk Telang	4,88
Bubuk Kelor	5,41
Bubuk Nanas	4,32

Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan nilai pH dari madu murni sebesar 4,23, menurut Faisal M. Sakri (2022), pH madu asli berkisar antara 3,4 sampai 4,5, sedangkan madu palsu biasanya memiliki pH 2,4 sampai 3,3 atau di atas 5. Selanjutnya berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai pH dari bubuk telang sebesar 4,88, menurut Unawahi et al. (2022) nilai pH dari ekstrak bunga telang metode UAE menghasilkan nilai pH 3,6. Selanjutnya berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai pH dari bubuk kelor sebesar 5,41, pada penelitian Rahman & Dwianti (2022) nilai pH dari bubuk kelor yaitu 5,97. Dan berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai pH dari bubuk nanas sebesar 4,32, menurut Jan dan Masih (2012) di kutip dalam jurnal Perdani et al. (2017) nilai pH pada nanas memiliki standar kurang dari 4,21.

4.1.1.3 Analisis Kadar Air

Penelitian pendahuluan analisis kadar air dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui kadar air yang dimiliki oleh masing-masing bahan baku, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.

Tabel 10. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Kadar Air

Bahan Baku	Kadar Air (%)
Madu Murni	20,91
Bubuk Telang	9,45
Bubuk Kelor	8,10
Bubuk Nanas	8,78

Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan kadar air dari madu murni sebesar 20,91%, menurut Khabibi et al. (2022) kadar air yang dimiliki oleh madu *Apis mellifera* sebesar 20,4%. Selanjutnya berdasarkan hasil penelitian didapatkan kadar air dari bubuk telang sebesar 9,45%, kadar air dari bubuk kelor sebesar 8,10%, dan kadar air dari bubuk nanas sebesar 8,78%. Dalam jurnal Subadra & Deru (2024) syarat standarisasi kadar air simplisia yaitu tidak melebihi 10%.

4.1.1.4 Analisis Aktivitas Air (Aw)

Penelitian pendahuluan analisis Aw dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui nilai Aw yang dimiliki oleh masing-masing bahan baku, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.

Tabel 11. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Aktivitas Air (Aw)

Bahan Baku	Aktivitas Air
Madu Murni	0,63
Bubuk Telang	0,50
Bubuk Kelor	0,48
Bubuk Nanas	0,53

Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan nilai Aw dari madu murni sebesar 0,63, nilai Aw dari bubuk telang sebesar 0,50, nilai Aw dari bubuk kelor sebesar 0,48, dan nilai Aw dari bubuk nanas sebesar 0,53. Menurut Chiachung Chen (2019) nilai Aw madu yang baik berkisar antara 0,50-0,65.

4.1.1.5 Analisis Gula Pereduksi

Penelitian pendahuluan analisis gula pereduksi dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui kadar gula pereduksi yang dimiliki oleh masing-masing bahan baku, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.

Tabel 12. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Gula Pereduksi

Bahan Baku	Gula Pereduksi (%)
Madu Murni	64,92
Bubuk Telang	4,64
Bubuk Kelor	0,80
Bubuk Nanas	5,44

Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan kadar gula pereduksi dari madu murni sebesar 64,92%, menurut SNI (2018) kadar gula pereduksi pada madu budidaya minimal 65%. Selanjutnya berdasarkan hasil penelitian kadar gula pereduksi dari bubuk telang sebesar 4,64%, kadar gula pereduksi dari bubuk kelor sebesar 0,80%, dan kadar gula pereduksi dari bubuk nanas sebesar 5,44%.

4.1.2 Respon Fisik

Analisis fisik yang dilakukan pada penelitian pendahuluan yaitu, analisis ukuran partikel dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) (Tahir et al., 2025), analisis viskositas dengan menggunakan alat viscometer Brookfield (Dianingsih et al., 2016), analisis intensitas warna dengan menggunakan alat chromameter (Konica Minolta, 2002), analisis total padatan terlarut (TPT) menggunakan alat refraktometer (Wahyudi dan Dewi, 2017), dan analisis waktu larut (Husni *et al.*, 2020).

4.1.2.1 Analisis Ukuran Partikel (*Particle Size Analyzer*)

Penelitian pendahuluan analisis ukuran partikel dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui rata-rata ukuran partikel yang dimiliki oleh madu murni, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.

Tabel 13. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Ukuran Partikel

Bahan Baku	<i>Z-Average</i> (d.nm)	Indeks Polidispersitas (PDI)
Madu Murni	722,6	0,453

Berdasarkan hasil analisis PSA, didapatkan ukuran partikel dari madu murni 722,6 nm, dengan indeks polidispersitas sebesar 0,453. Menurut Tahir et al. (2025), ukuran tersebut termasuk ke dalam partikel yang halus karena berada dalam *range* 100-2500 nm. Dan memiliki ukuran partikel yang seragam karena memiliki indeks polidispersitas di bawah 0,5.

4.1.2.2 Analisis Viskositas

Penelitian pendahuluan analisis viskositas dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui nilai viskositas yang dimiliki oleh madu murni, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.

Tabel 14. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Viskositas

Bahan Baku	Viskositas (Cp)
Madu Murni	2165

Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan nilai viskositas dari madu murni sebesar Cp 2165, menurut Minarti et al. (2016), pada penelitiannya

mendapatkan hasil besar viskositas pada madu panen 11 hari sebesar 11,43 poise dan untuk umur panen 17 hari sebesar 33,67 poise.

4.1.2.3 Analisis Intensitas Warna

Penelitian pendahuluan analisis intensitas warna dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui nilai L^* , a^* , dan b^* yang dimiliki oleh masing-masing bahan baku, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.



Gambar 13. Madu Murni, Bubuk Telang, Bubuk Kelor, dan Bubuk Nanas

Tabel 15. Hasil Penelitian Pendahuluan Intensitas Warna

Bahan Baku	Intensitas Warna		
	L^*	a^*	b^*
Madu Murni	76,83	1,05	29,38
Bubuk Telang	40,26	3,89	9,82
Bubuk Kelor	48,15	3,09	27,74
Bubuk Nanas	74.63	3,05	28,09

Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan nilai L^* dari madu murni sebesar 76,83, nilai a^* dari madu murni sebesar 1,05, nilai b^* dari madu murni sebesar 29,38. Menurut Saputri et al. (2023) hasil pengujian warna dari madu hutan kecamatan Lunyuk di suhu ruang memiliki nilai L^* sebesar 54,5, nilai a^* sebesar 1,1, dan nilai b^* sebesar 37,7. Nilai L^* dari bubuk telang sebesar 40,26, nilai a^* dari bubuk telang sebesar 3,89, nilai b^* dari bubuk telang sebesar 9,82. Nilai L^*

dari bubuk kelor sebesar 48,15, nilai a^* dari bubuk kelor sebesar 3,09, nilai b^* dari bubuk kelor sebesar 27,74. Dan nilai L^* dari bubuk nanas sebesar 74,63, nilai a^* dari bubuk nanas sebesar 3,05, nilai b^* dari bubuk nanas sebesar 28,09.

4.1.2.4 Analisis Total Padatan Terlarut

Penelitian pendahuluan analisis total padatan terlarut dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui total padatan terlarut yang dimiliki oleh madu murni, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.

Tabel 16. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Total Padatan Terlarut

Bahan Baku	Total Padatan Terlarut (°Brix)
Madu Murni	75,85

Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan nilai total padatan terlarut dari madu murni sebesar 75,85 °Brix, menurut Zakka & Totong (2025) dalam penelitiannya terhadap madu murni dibeberapa lokasi apotek didapatkan hasil total padatan terlarut berkisar antara 79,83% hingga 85,53%.

4.1.2.5 Analisis Waktu Larut

Penelitian pendahuluan analisis waktu larut dilakukan sebagai gambaran awal untuk mengetahui waktu larut yang dimiliki oleh masing-masing bahan baku, sebelum akhirnya dicampurkan dan dilakukan penelitian utama.

Tabel 17. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Waktu Larut

Bahan Baku	Waktu Larut (s)
Madu Murni	10
Bubuk Telang	105,54
Bubuk Kelor	55,41
Bubuk Nanas	69,31

Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan lama waktu larut dari madu murni selama 10 detik, lama waktu larut dari bubuk telang selama 105,54 detik, lama waktu larut dari bubuk kelor selama 55,41 detik, dan lama waktu larut dari bubuk nanas selama 69,31 detik.

4.2 Hasil Penelitian Utama



Gambar 14. Madu Fortifikasi

4.2.1 Analisis Kimia

Analisis kimia yang akan dilakukan pada penelitian utama yaitu aktivitas antioksidan dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis Metode DPPH (AOAC, 1995), analisis kadar pH dilakukan menggunakan pH meter (Sudarmadji et al., 1989), analisis kadar air menggunakan metode Destilasi (AOAC, 2005), analisis Aw dengan menggunakan alat Aw meter (AOAC, 2005), dan analisis kadar gula pereduksi dilakukan dengan metode *Luff Schoorl* (AOAC, 2005).

4.2.1.1 Analisis Aktivitas Antioksidan

Antioksidan merupakan suatu senyawa atau komponen kimia yang dalam kadar atau jumlah tertentu mampu menghambat atau memperlambat kerusakan akibat proses oksidasi (Sayuti & Yenrina, 2015). Dimana antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut dapat di hambat (Winarti, 2010). Berdasarkan pernyataan tersebut aktivitas antioksidan dalam makanan dapat membantu melindungi tubuh dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas.

Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam parameter IC_{50} , yang menyatakan konsentrasi sampel yang dibutuhkan untuk menghambat 50% radikal bebas. Semakin rendah nilai IC_{50} maka konsentrasi sampel yang digunakan untuk

menangkal 50% radikal bebas semakin kecil, yang berarti sampel tersebut lebih kuat dalam menangkal radikal bebas (Saputri & Putri, 2017).

Analisis aktivitas antioksidan madu dilakukan dengan menggunakan metode DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl). Metode DPPH memberikan informasi reaktivitas senyawa yang diuji dengan suatu radikal stabil. DPPH memberikan serapan kuat pada panjang gelombang 517 nm dengan warna violet gelap. Penangkap radikal bebas menyebabkan elektron menjadi berpasangan yang kemudian menyebabkan penghilangan warna yang sebanding dengan jumlah elektron yang diambil (Sayuti & Yenrina, 2015).

Analisa aktivitas antioksidan pada sampel madu ditentukan berdasarkan kemampuan antioksidan pada madu untuk melawan radikal bebas (DPPH). Elektron pada DPPH yang tidak berpasangan akan membentuk ikatan dengan hidrogen yang didonasikan oleh antioksidan pada madu. Reaksi ini akan mengubah warna ungu pada larutan DPPH menjadi warna kuning. Derajat perubahan warna ini diukur menggunakan spektrofotometer UV-visible untuk menentukan aktivitas antioksidan madu (Saputri & Putri, 2017).

Analisis aktivitas antioksidan memiliki persamaan regresi $y = ax + b$ dan nilai r^2 . Pada persamaan regresi tersebut, koefisien y merupakan nilai IC_{50} , sedangkan koefisien x pada persamaan ini dianggap sebagai ekstrak yang diuji aktivitas antioksidannya serta merupakan nilai konsentrasi yang dibutuhkan untuk meredam 50% aktivitas DPPH. Sedangkan untuk nilai r^2 yang mendekati nilai +1 memiliki arti bahwa dengan seiring meningkatnya konsentrasi ekstrak semakin besar pula aktivitas antioksidannya (Novatama et al., 2016).

Menurut tabel ANAVA (Lampiran 19) menunjukkan madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap nilai aktivitas antioksidan madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 18. Hasil Penelitian Utama Analisis Aktivitas Antioksidan Metode DPPH

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon (ppm)	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$87,60 \pm 0,20$	b
Daun Kelor 3% (a_2)	$75,45 \pm 0,08$	a
Nanas 5% (a_3)	$92,23 \pm 0,13$	c

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

Tabel 19. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Antioksidan Madu Murni

Bahan Baku	Analisis Antioksidan (ppm)
Madu Murni	68,82

Tabel 20. Pengukuran IC_{50} Aktivitas Antioksidan Metode DPPH

Nilai IC_{50}	Keterangan
<50	Sangat Kuat
50 – 100	Kuat
101 – 150	Sedang
151 – 200	Lemah
200 – 1000 ppm	Sangat Lemah

Sumber : (Mardawati et al., 2010)

Tingginya nilai IC_{50} pada madu fortifikasi dengan telang dan nanas dibandingkan dengan kelor menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan dari kedua bahan tersebut relatif lebih rendah. Hal tersebut terjadi karena nilai IC_{50} menunjukkan konsentrasi yang dibutuhkan untuk menghambat 50% aktivitas radikal bebas. Artinya, bahan dengan IC_{50} yang kecil mampu memberikan efek antioksidan yang tinggi meskipun dalam jumlah kecil.

Penurunan aktivitas antioksidan ini menunjukkan bahwa penambahan bahan fortifikan tidak selalu menghasilkan efek sinergis. Meskipun bunga telang, daun kelor, dan nanas diketahui kaya akan senyawa antioksidan seperti flavonoid, senyawa fenolik, vitamin C, antosianin, dan karotenoid, ketika dicampurkan ke

dalam matriks madu dapat terjadi interaksi antarsenyawa bioaktif yang justru menurunkan kemampuan mendonorkan atom hidrogen atau elektron kepada radikal DPPH. Fenomena ini dikenal sebagai efek antagonistik antioksidan, yaitu kondisi ketika kombinasi dua atau lebih antioksidan menghasilkan aktivitas yang lebih rendah dibandingkan aktivitas masing-masing komponen secara terpisah (Hassan et al., 2021).

Selain itu, madu merupakan sistem pangan yang kompleks karena mengandung gula sederhana (fruktosa dan glukosa) dalam jumlah tinggi, protein, asam organik, mineral, enzim, dan senyawa fenolik. Ketika senyawa fenolik dari bahan fortifikan ditambahkan ke dalam madu, sebagian senyawa tersebut dapat membentuk ikatan hidrogen maupun kompleks non-kovalen dengan protein, polisakarida, atau komponen lain dalam madu. Terbentuknya kompleks tersebut menyebabkan sebagian gugus hidroksil (-OH) fenolik yang berperan sebagai donor hidrogen menjadi kurang tersedia untuk bereaksi dengan radikal DPPH sehingga aktivitas antioksidan yang terukur menjadi lebih rendah.

Perbedaan aktivitas antioksidan antar perlakuan juga dipengaruhi oleh jenis senyawa bioaktif yang terkandung pada masing-masing fortifikan. Daun kelor mengandung flavonoid (quercetin dan kaempferol), asam fenolat, vitamin C, β -karoten, serta isothiocyanate yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan tinggi. Kandungan senyawa tersebut menyebabkan madu fortifikasi daun kelor memiliki nilai IC_{50} paling rendah dibandingkan fortifikasi telang maupun nanas, sehingga kemampuan antioksidannya relatif lebih baik (Hassan et al., 2021).

Sebaliknya, bunga telang memiliki aktivitas antioksidan yang terutama berasal dari antosianin golongan ternatin serta flavonoid. Antosianin diketahui cukup sensitif terhadap panas, cahaya, oksigen, dan perubahan pH sehingga selama proses pengeringan, ekstraksi, maupun penyimpanan sehingga sebagian senyawa dapat mengalami degradasi (M.S. Putri, 2019). Akibatnya, kemampuan antiradikal yang masih tersisa pada madu fortifikasi bunga telang menjadi lebih rendah dibandingkan madu murni. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai IC_{50} sebesar 87,60 ppm.

Madu fortifikasi nanas menunjukkan nilai IC_{50} tertinggi (92,23 ppm) sehingga aktivitas antioksidannya paling rendah di antara ketiga perlakuan fortifikasi. Aktivitas antioksidan buah nanas terutama berasal dari vitamin C, senyawa fenolik, dan karotenoid (Hayati & Maharani, 2024). Akan tetapi, vitamin C merupakan senyawa yang mudah mengalami oksidasi akibat paparan panas, oksigen, maupun cahaya selama proses pengolahan. Penurunan kadar vitamin C tersebut menyebabkan kontribusi antioksidan nanas terhadap madu menjadi tidak optimal sehingga nilai IC_{50} meningkat dibandingkan madu murni. Selain itu, kandungan senyawa fenolik pada nanas umumnya lebih rendah dibandingkan daun kelor sehingga kemampuan penangkapan radikal bebasnya juga relatif lebih kecil.

Jika dibandingkan antar bahan, daun kelor secara konsisten memberikan nilai IC_{50} yang lebih rendah dibandingkan bunga telang dan nanas. Hal ini sejalan dengan penelitian pendahuluan dari bahan baku, dimana bubuk daun kelor memiliki nilai IC_{50} paling rendah bila dibandingkan dengan kedua bahan lainnya, yaitu sebesar 85,94 ppm. Sehingga madu dengan tambahan daun kelor memiliki nilai IC_{50} yang paling rendah.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa daun kelor merupakan bahan fortifikan yang paling potensial dalam meningkatkan aktivitas antioksidan pada madu.

4.2.1.2 Analisis pH

pH merupakan satuan konsentrasi ion hidrogen yang biasa disebut dengan derajat keasaman untuk menunjukkan indikasi asam atau basa pada sebuah larutan (Sari et al., 2024). Kadar keasaman madu dapat menentukan keaslian jenis madu, madu bersifat asam dengan pH berkisar antara 3,2 - 4,5. Nilai pH madu cukup rendah tersebut disebabkan asam organik yang terdapat dalam madu (Alhamdani et al., 2022).

Menurut tabel ANAVA (Lampiran 20) menunjukkan madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap nilai pH madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 21. Hasil Penelitian Utama Analisis pH

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$4,46 \pm 0,01$	b
Daun Kelor 3% (a_2)	$4,54 \pm 0,04$	c
Nanas 5% (a_3)	$4,28 \pm 0,02$	a

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

Tabel 22. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis pH Madu Murni

Bahan Baku	pH
Madu Murni	4,23

Keasaman madu secara alami terutama berasal dari asam glukonat, yaitu asam organik yang terbentuk melalui oksidasi glukosa oleh enzim glukosa oksidase. Selain asam glukonat, madu juga mengandung asam sitrat, asam malat, asam asetat, dan beberapa asam organik lainnya yang berkontribusi terhadap rendahnya pH madu. Asam glukonat merupakan asam organik dengan konsentrasi tertinggi pada madu sehingga menjadi komponen utama yang menentukan tingkat keasaman madu (Silva et al., 2016; Bogdanov et al., 2008).

Salah satu penyebab meningkatnya pH madu fortifikasi adalah adanya penambahan mineral dari bunga telang, daun kelor, maupun nanas. Daun kelor diketahui kaya akan kalium, kalsium, magnesium, natrium, dan fosfor, sedangkan bunga telang dan nanas juga mengandung berbagai mineral meskipun dalam jumlah lebih rendah. Mineral-mineral tersebut umumnya berada dalam bentuk garam organik yang dapat meningkatkan kapasitas penyangga (*buffer capacity*) larutan sehingga ion H^+ bebas berkurang dan nilai pH sedikit meningkat (Leone et al., 2015). Hal tersebut menjelaskan mengapa madu fortifikasi daun kelor memiliki pH tertinggi, karena daun kelor merupakan bahan fortifikan dengan kandungan mineral paling tinggi dibandingkan bunga telang maupun nanas. Di sisi lain, madu murni sendiri juga mengandung mineral, tetapi jumlahnya relatif rendah sehingga diduga

penambahan bahan kaya mineral dapat sedikit menggeser keseimbangan pH ke arah yang kurang asam.

Selain berasal dari mineral, kenaikan pH juga dapat diduga dapat disebabkan oleh efek pengenceran relatif terhadap asam organik madu. Meskipun jumlah asam glukonat di dalam madu tidak berubah secara kimia, penambahan bubuk fortifikan menyebabkan proporsi komponen non-asam dalam sistem meningkat sehingga konsentrasi relatif asam organik menjadi sedikit lebih rendah. Akibatnya, konsentrasi ion H^+ bebas menurun dan nilai pH mengalami sedikit peningkatan.

Madu fortifikasi nanas menunjukkan nilai pH 4,28, yang mengalami peningkatan paling kecil dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena buah nanas mengandung asam sitrat dan asam malat sebagai asam organik utama yang memberikan rasa asam khas pada buah. Keberadaan kedua asam organik tersebut masih memberikan kontribusi terhadap keasaman produk sehingga peningkatan pH akibat penambahan mineral tidak sebesar pada perlakuan daun kelor maupun bunga telang (Hossain et al., 2015).

Madu fortifikasi daun kelor 3% menghasilkan pH $4,54 \pm 0,04$, sedikit melebihi rentang pH yang baik untuk madu. Berdasarkan analisis pendahuluan bahan baku, hal tersebut bisa terjadi karena pH bahan baku bubuk daun kelor yang digunakan cukup besar dibandingkan dengan bahan baku bunga telang dan nanas, yaitu 5,41. Sedangkan madu murni yang digunakan memiliki pH 4,23, oleh karena itu diduga madu murni yang dicampurkan dengan bahan fortifikan bubuk kelor 3% menyebabkan kenaikan pH dari madu murni. Namun berdasarkan hasil penelitian, pH madu fortifikasi daun kelor 3% masih termasuk memiliki pH yang asam, sehingga aktivitas bakterinya masih bisa terjaga dengan baik.

Perubahan nilai pH yang terjadi masih dalam kisaran wajar untuk madu, sehingga madu fortifikasi ini tetap berada dalam kategori aman dan stabil secara kimia. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Septiana et al. (2019) dalam jurnal “Aktivitas Antioksidan dan Sifat Fisikokimia Madu Temulawak yang Ditambah Ekstrak Jahe”, menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi bahan rempah

(temulawak dan jahe) juga mengalami peningkatan pH secara bertahap dari 3,35 menjadi 4,00.

4.2.1.3 Analisis Kadar Air

Kadar air dalam madu dapat menentukan kualitas madu, apabila kadar airnya tinggi maka kualitas madu menjadi rendah. Kadar air madu dipengaruhi oleh iklim, dan penanganan pasca panen (Gairola et al., 2013). Prasetya & Andi (2014) menjelaskan bahwa kandungan kadar air yang tinggi pada madu akan merangsang aktifitas khamir untuk tumbuh dan berkembang dalam madu. Umur panen juga mempengaruhi komposisi air pada madu. Madu yang dipanen pada umur tua mempunyai kadar air lebih sedikit daripada madu yang dipanen pada umur yang lebih muda. Semakin lama madu berada dalam sarang lebah maka penguapan kadar air pada madu akan semakin sempurna.

Hasil analisis kadar air menunjukkan perbedaan antar bahan satu sama lain. Namun semua perlakuan menunjukkan kadar air memenuhi standar maksimum yang ditetapkan dalam SNI 8672:2018, yaitu maksimal 22%. Menurut Tabel ANAVA (Lampiran 21) menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kadar air madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 23. Hasil Penelitian Utama Analisis Kadar Air

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon (%)	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$16,20 \pm 0,02$	b
Daun Kelor 3% (a_2)	$14,18 \pm 0,01$	a
Nanas 5% (a_3)	$16,53 \pm 0,59$	b

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

Tabel 24. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Kadar Air Madu Murni

Bahan Baku	Kadar Air (%)
Madu Murni	20,91%

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan seluruh bahan fortifikan menyebabkan penurunan kadar air dibandingkan madu murni. Penurunan kadar air

setelah fortifikasi diduga disebabkan oleh penambahan bubuk fortifikan yang memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan madu murni. Penambahan bahan dengan kadar air rendah menyebabkan proporsi air dalam campuran menurun sehingga kadar air madu fortifikasi menjadi lebih rendah. Dengan kata lain, bubuk fortifikan berperan sebagai bahan padatan yang meningkatkan total padatan produk sekaligus menurunkan persentase air dalam sistem. Fenomena serupa juga dilaporkan pada berbagai penelitian fortifikasi pangan, di mana penambahan bahan kering (*powder*) meningkatkan total padatan dan menurunkan kadar air produk (Fellows, 2017).

Madu fortifikasi daun kelor menghasilkan kadar air paling rendah. Hal ini diduga karena bubuk daun kelor mengandung serat pangan yang cukup tinggi, terutama selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen tersebut memiliki banyak gugus hidroksil (-OH) yang mampu berinteraksi dengan molekul air melalui ikatan hidrogen, sehingga sebagian air menjadi lebih terikat di dalam matriks bahan. Akibatnya, jumlah air bebas yang terukur sebagai kadar air menjadi lebih rendah.

Sebaliknya, madu fortifikasi nanas memiliki kadar air tertinggi di antara perlakuan fortifikasi. Meskipun bubuk nanas telah dikeringkan, buah nanas secara alami mengandung gula sederhana seperti fruktosa, glukosa, dan sukrosa serta asam organik yang bersifat higroskopis, yaitu mudah berinteraksi dengan uap air di lingkungan. Selain itu, kandungan serat pada nanas lebih rendah dibandingkan daun kelor sehingga kemampuannya dalam mengikat air relatif lebih kecil. Kondisi tersebut menyebabkan madu fortifikasi nanas masih memiliki kadar air yang sedikit lebih tinggi dibandingkan madu fortifikasi bunga telang dan daun kelor (Hossain et al., 2015).

Parameter kadar air menjadi faktor terpenting untuk kualitas madu karena hubungannya dengan fermentasi madu, kerusakan madu dapat disebabkan karena terjadinya fermentasi oleh mikroorganisme selama penyimpanan yang dipicu oleh kadar air yang tinggi (Evahelda et al., 2015). Tingginya kadar air madu juga disebabkan karena sifat madu yang mudah menyerap air atau higroskopis dan juga dapat menyerap kelembapan udara di sekitarnya (Hasan et al., 2020). Madu dapat menyerap air sampai 33% beratnya dalam udara yang lembab. Apabila kadar airnya

meningkat maka akan menyebabkan terjadinya fermentasi serta akan menurunkan berat jenis madu tersebut (Hasan et al., 2020).

Menurut Mahdi et al. (2023), bahan yang telah mengalami pengeringan lebih higroskopis dibandingkan dengan bahan awal. Sifat higroskopis merupakan kemampuan suatu bahan untuk menyerap molekul air di lingkungannya. Ketiga madu fortifikasi tersebut mengalami penurunan kadar air bila dibandingkan dengan kadar air dari madu murni, hal tersebut terjadi karena diduga ketiga bahan fortifikan yang sudah mengalami pengeringan memiliki sifat higroskopis yang lebih tinggi. Sehingga madu fortifikasi mengalami penurunan kadar air ketika digabungkan dengan bubuk bahan fortifikan.

4.2.1.4 Analisis Aktivitas Air (Aw)

Aktivitas air (Aw) merupakan parameter yang mempengaruhi stabilitas dan kesegaran pangan, laju reaksi kimia, aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroba (Anggraeni et al., 2022). Aktivitas air (Aw) menggambarkan derajat aktivitas air bebas dalam bahan pangan, baik kimia dan biologis. aktivitas air sangat erat kaitannya dengan kadar air dalam bahan terhadap daya simpan (Anggraeni et al., 2022).

Tinggi rendahnya nilai aktivitas air akan mempengaruhi waktu simpan dan kualitas dari bahan makanan. *Range* nilai aktivitas air yaitu 0 – 1. Semakin besar nilai aktivitas air maka semakin kecil daya tahan bahan makanan begitu pula sebaliknya semakin kecil nilai aktivitas air maka semakin lama daya simpan bahan makanan tersebut. Analisis ini menggunakan alat yang dinamakan *water activity* meter. Prinsip dari alat ini adalah menghitung tekanan uap air dari bahan dibagi dengan air murni pada suhu yang sama (Afistia et al., 2024).

Menurut Tabel ANAVA (Lampiran 22) menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap aktivitas air (Aw) madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 25. Hasil Penelitian Utama Analisis Aktivitas Air (Aw)

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$0,53 \pm 0,02$	b
Daun Kelor 3% (a_2)	$0,50 \pm 0,01$	a
Nanas 5% (a_3)	$0,59 \pm 0,01$	c

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

Tabel 26. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Aktivitas Air (Aw) Madu Murni

Bahan Baku	Aktivitas Air (Aw)
Madu Murni	0,63

Menurut Safitri dan Purnobasuki (2022), di dalam madu terdapat interaksi yang sangat kuat antara molekul air dengan molekul gula, hal tersebut menyebabkan molekul air bebas yang tersedia bagi mikroorganisme menjadi sangat sedikit. Madu memiliki *water activity* (Aw), dengan nilai antara 0.5-0.65 (Chiachung Chen, 2019). Hal inilah yang menjadi penyebab organisme bersel satu akan mengalami hambatan pada pertumbuhannya dengan aktivitas air yang terlalu rendah.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh perlakuan fortifikasi mengalami penurunan nilai aw dibandingkan madu murni. Penurunan aktivitas air setelah fortifikasi diduga disebabkan oleh penambahan bubuk fortifikan yang memiliki kadar air dan aktivitas air lebih rendah dibandingkan madu murni. Penambahan bahan dengan aktivitas air yang lebih rendah menyebabkan keseimbangan air dalam sistem bergeser sehingga jumlah air bebas di dalam madu berkurang. Akibatnya, nilai aktivitas air madu fortifikasi menjadi lebih rendah dibandingkan madu murni. Hal ini umum terjadi pada pencampuran bahan pangan dengan kadar air rendah, di mana distribusi kelembapan akan bergerak menuju kondisi kesetimbangan sehingga aktivitas air produk akhir ikut menurun (Labuza & Altunakar, 2007).

Selain dipengaruhi oleh aktivitas air awal bahan, penurunan aw juga berkaitan dengan peningkatan total padatan akibat penambahan bubuk fortifikan.

Semakin tinggi kandungan padatan terlarut dalam suatu sistem, semakin banyak molekul air yang berikatan dengan komponen penyusun seperti gula, protein, serat, maupun senyawa fenolik. Ikatan tersebut mengurangi jumlah air bebas sehingga nilai aktivitas air menjadi lebih rendah. Menurut Barbosa-Cánovas et al. (2020), peningkatan kandungan padatan dalam suatu bahan akan menurunkan aktivitas air karena air menjadi lebih terikat secara fisik maupun kimia oleh komponen penyusun pangan.

Madu fortifikasi daun kelor menunjukkan nilai aw paling rendah. Hasil tersebut diduga berkaitan dengan kandungan serat pangan yang tinggi pada daun kelor, terutama selulosa, hemiselulosa, dan pektin. Serat memiliki banyak gugus hidroksil (-OH) yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air sehingga meningkatkan jumlah air terikat (*bound water*) dan mengurangi jumlah air bebas (*free water*) yang dapat diukur sebagai aktivitas air.

Sebaliknya, madu fortifikasi nanas memiliki nilai aw tertinggi di antara seluruh perlakuan fortifikasi. Hal ini diduga karena bubuk nanas memiliki nilai aw awal yang juga paling tinggi bila dibandingkan bubuk bunga telang dan daun kelor. Selain itu, kandungan serat pangan pada nanas lebih rendah dibandingkan daun kelor sehingga kemampuan mengikat air juga relatif lebih kecil. Akibatnya, jumlah air bebas yang tersisa dalam sistem masih lebih tinggi sehingga nilai aktivitas air madu fortifikasi nanas lebih besar dibandingkan perlakuan lainnya (Hossain et al., 2015).

Peningkatan dan penurunan aktivitas air juga dapat terjadi karena dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan, peningkatan nilai Aw selama penyimpanan disebabkan adanya degradasi molekul berupa pelepasan air yang terikat yang menyebabkan terjadinya pembentukan air bebas (Afistia et al., 2024).

Hasil penelitian juga menunjukkan adanya hubungan yang sejalan antara kadar air dan aktivitas air. Madu murni memiliki kadar air (20,91%) dan nilai aw (0,63) tertinggi, sedangkan madu fortifikasi daun kelor memiliki kadar air (14,80%) dan nilai aw (0,50) terendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa penurunan kadar air akibat penambahan bubuk fortifikan turut mengurangi jumlah air bebas yang tersedia di dalam sistem. Namun demikian, kadar air dan aktivitas air tidak selalu

berbanding lurus karena aktivitas air lebih dipengaruhi oleh keadaan air di dalam bahan, yaitu apakah air tersebut berada dalam bentuk bebas atau terikat oleh komponen penyusun pangan (Labuza & Altunakar, 2007).

Menurut Afistia et al. (2024) peningkatan nilai A_w dapat mengurangi umur simpan produk pangan. Hal ini disebabkan oleh jumlah air bebas yang terdapat pada produk pangan digunakan oleh mikroorganisme seperti bakteri, kapang, dan khamir untuk tumbuh dan meningkatkan terjadinya reaksi kimia maupun enzimatik selama masa penyimpanan.

Pada jurnal Saputro & Susanto (2016) ada kisaran aktivitas air (A_w) tertentu, jenis mikroorganisme yang mampu tumbuh akan berbeda-beda. Pada a_w 0,60–0,65, mikroba yang masih dapat tumbuh adalah ragi osmofilik yang toleran terhadap tekanan osmotik tinggi. Ketika a_w meningkat ke 0,65–0,75, pertumbuhan didominasi oleh jamur xerofilik yang mampu hidup pada kondisi kering. Selanjutnya, pada a_w 0,75–0,80, mikroorganisme yang berkembang umumnya adalah bakteri halofilik. Pada kisaran a_w 0,80–0,87, pertumbuhan mulai didominasi oleh beberapa jamur dan bakteri seperti *Staphylococcus aureus*. Pada a_w 0,87–0,91, khamir (yeast) lebih banyak ditemukan tumbuh. Kemudian pada a_w 0,91–0,95, berbagai mikroorganisme seperti bakteri kokus, *Lactobacillus*, sel vegetatif dari *Bacillaceae*, serta beberapa kapang dapat berkembang. Sementara itu, pada a_w 0,95–1,00, hampir semua jenis mikroorganisme dapat tumbuh, terutama bakteri Gram negatif berbentuk batang, spora bakteri, serta beberapa jenis khamir.

4.2.1.5 Analisis Kadar Gula Pereduksi

Gula pereduksi merupakan golongan gula (karbohidrat) yang dapat mereduksi senyawa-senyawa penerima elektron. Gula pereduksi adalah gula karbohidrat seperti fruktosa dan glukosa, sedangkan gula nonpereduksi adalah sukrosa (Minarti et al., 2016). Menurut Ratnayani et al. (2008), standar mutu madu salah satunya didasarkan pada kandungan gula pereduksi (glukosa dan fruktosa) total, sedangkan jenis gula pereduksi yang terdapat pada madu tidak hanya glukosa dan fruktosa, tetapi juga terdapat maltosa dan dekstrin. Komposisi gula madu dipengaruhi oleh jenis bunga yang digunakan oleh lebah, serta daerah dan kondisi iklim (Minarti et al., 2016).

Hasil analisis gula pereduksi menunjukkan perbedaan antar bahan satu sama lain. Namun semua perlakuan menunjukkan kadar gula pereduksi telah melebihi standar minimum yang ditetapkan dalam SNI 8672:2018, yaitu minimal 65%. Menurut Tabel ANAVA (Lampiran 23) menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kadar gula pereduksi madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 27. Hasil Penelitian Utama Analisis Gula Pereduksi

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon (%)	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$68,43 \pm 0,27$	b
Daun Kelor 3% (a_2)	$67,53 \pm 0,16$	a
Nanas 5% (a_3)	$70,41 \pm 0,16$	c

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

Tabel 28. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Gula Pereduksi Madu Murni

Bahan Baku	Gula Pereduksi (%)
Madu Murni	64,92

Gula pereduksi pada madu terutama terdiri atas fruktosa dan glukosa, yang merupakan hasil hidrolisis sukrosa oleh enzim invertase yang berasal dari lebah. Kedua monosakarida tersebut memiliki gugus aldehida atau keton bebas sehingga mampu mereduksi pereaksi *Luff-Schoorl*. Oleh karena itu, semakin tinggi kandungan glukosa dan fruktosa dalam madu, semakin tinggi pula kadar gula pereduksi yang terukur (Bogdanov et al., 2008).

Peningkatan kadar gula pereduksi setelah fortifikasi diduga disebabkan oleh adanya kontribusi gula sederhana dari bahan fortifikan. Buah nanas diketahui mengandung glukosa, fruktosa, dan sukrosa dalam jumlah yang cukup tinggi. Selama proses pengolahan maupun analisis, sebagian sukrosa dapat mengalami hidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa, sehingga meningkatkan jumlah gula pereduksi dalam produk. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan

bahwa madu fortifikasi nanas memiliki kadar gula pereduksi tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Meskipun bunga telang dan daun kelor bukan merupakan sumber gula utama seperti nanas, kedua bahan tersebut tetap mengandung sejumlah karbohidrat sederhana yang dapat berkontribusi terhadap peningkatan kadar gula pereduksi. Madu fortifikasi daun kelor menunjukkan kadar gula pereduksi paling rendah di antara ketiga perlakuan fortifikasi. Hal ini diduga karena daun kelor lebih didominasi oleh komponen serat, protein, mineral, dan senyawa fenolik dibandingkan gula sederhana, sehingga kontribusinya terhadap peningkatan gula pereduksi relatif lebih kecil.

Peningkatan kadar gula pereduksi juga dapat dipengaruhi oleh proses hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Sukrosa merupakan gula non-pereduksi, sedangkan glukosa dan fruktosa merupakan gula pereduksi. Dalam suasana asam seperti madu (pH sekitar 4,2–4,5), hidrolisis sukrosa dapat berlangsung secara perlahan sehingga menghasilkan monosakarida yang dapat terukur sebagai gula pereduksi. Menurut Belitz et al. (2009), hidrolisis sukrosa menghasilkan satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa, sehingga meningkatkan kandungan gula pereduksi dalam bahan pangan.

Metode *Luff Schoorl* menjadi salah satu metode klasik yang masih banyak digunakan untuk analisis gula pereduksi dan sukrosa pada bahan pangan. Metode ini didasarkan pada reaksi reduksi ion Cu^{2+} menjadi Cu^+ oleh gula pereduksi dalam suasana alkali, yang kemudian diukur melalui titrasi iodometri. Dibandingkan metode spektrofotometri atau kromatografi, metode *Luff Schoorl* memiliki keunggulan dalam hal kesederhanaan prosedur, biaya rendah, dan hasil yang cukup akurat (Hanifa & Zainul, 2025). Oleh karena itu, metode ini masih relevan digunakan dalam penelitian analisis kimia pangan, termasuk madu.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Wulandari (2017), madu suhu ruang memiliki kadar gula pereduksi sebesar 51,625%, sedangkan pada madu suhu dingin memiliki kadar gula pereduksi sebesar 62,5%. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kadar gula pereduksi madu antara lain, kadar air, kelembapan, dan masa panen. Ada penelitian yang menunjukkan bahwa kandungan air yang

tinggi pada madu dapat merangsang aktivitas khamir untuk tumbuh dan berkembang di dalam madu, sehingga menyebabkan proses fermentasi. Hal ini diduga menjadi penyebab kandungan glukosa pada madu suhu ruang lebih rendah daripada madu suhu dingin karena madu suhu ruang memiliki kadar air lebih tinggi daripada madu suhu dingin (Wulandari, 2017).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hasan et al. (2020), sampel madu Riau yang dilakukan uji menunjukkan kadar gula pereduksi yang cukup tinggi. Kadar gula pereduksi tertinggi dari madu BKL1 yaitu 95.37% dan terendah madu RHI1 sebesar 69.41%. kadar gula pereduksi pada madu dipengaruhi oleh lama penyimpanan, semakin lama penyimpanan madu maka semakin tinggi pula kadar gula pereduksinya. Hal tersebut juga dijelaskan oleh Shapla et al. (2018), bahwa perbedaan waktu penyimpanan madu dapat mempengaruhi kadar gula pereduksinya. Komposisi gula pada madu berpengaruh terhadap sifat-sifat fungsional madu, yaitu kemampuan madu dalam menahan air serta memperpanjang masa simpan. Glukosa dan fruktosa akan mempengaruhi sifat higroskopis madu.

4.2.2 Analisis Fisik

Analisis fisik yang dilakukan pada penelitian pendahuluan yaitu, analisis ukuran partikel dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) (Karlina et al., 2025), analisis viskositas dengan menggunakan alat viscometer Brookfield (Dianingsih et al., 2016), analisis intensitas warna dengan menggunakan alat chromameter (Konica Minolta, 2002), analisis total padatan terlarut (TPT) menggunakan alat refraktometer (Wahyudi dan Dewi, 2017), dan analisis waktu larut (Husni et al., 2020).

4.2.2.1 Analisis *Particle Size Analyzer* (PSA)

Particle size analyzer (PSA) merupakan alat yang menggunakan prinsip hamburan cahaya dinamis untuk mengukur distribusi ukuran partikel yang mengalami gerak brown (Nuraeni et al., 2013). Gerak Brown (*Brownian motion*) adalah fenomena fisika yang menggambarkan gerakan acak dan tak teratur dari partikel-partikel kecil yang terendam dalam sebuah medium, seperti cairan atau gas. Gerak Brown terjadi karena partikel-partikel tersebut terus-menerus bertabrakan dengan molekul-molekul medium di sekitarnya. Kecepatan gerak Brownian

berhubungan langsung dengan ukuran partikel, di mana partikel yang lebih kecil bergerak atau terdifusi lebih cepat daripada partikel yang lebih besar (Berne & Pecora, 2000).

Berdasarkan hasil analisis PSA, didapatkan hasil ukuran partikel dari madu fortifikasi sebagai berikut.

Tabel 29. Hasil Penelitian Utama *Particle Size Analyzer*

Madu Fortifikasi	<i>Z-Average</i> (d.nm)	Indeks Polidispersitas (PDI)
Bunga Telang 1% (a ₁)	2355	0,256
Daun Kelor 3% (a ₂)	2231	0,390
Nanas 5% (a ₃)	3278	0,457

Tabel 30. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Ukuran Partikel Madu Murni

Bahan Baku	<i>Z-Average</i> (d.nm)	Indeks Polidispersitas (PDI)
Madu Murni	722,6	0,453

Nilai indeks polidispersitas ketiga madu fortifikasi tersebut masuk ke dalam kisaran algoritma distribusi yang beroperasi paling baik, yaitu masuk dalam kisaran 0,08-0,7 (Tahir et al., 2025). Dalam jurnal Tahir et al., (2025), juga dinyatakan bahwa nilai indeks polidispersitas yang mendekati nol menunjukkan distribusi partikel yang homogen atau seragam, sedangkan nilai indeks polidispersitas yang melebihi 0,5 menunjukkan partikel memiliki tingkat heterogenitas yang tinggi. Menurut pernyataan tersebut, dapat disimpulkan bahwa ketiga bahan fortifikan yang dicampurkan ke dalam madu menghasilkan madu fortifikasi dengan distribusi partikel yang homogen atau seragam.

Peningkatan nilai *Z-average* setelah fortifikasi diduga disebabkan oleh terbentuknya agregat partikel di dalam sistem madu. PSA berbasis *Dynamic Light Scattering* (DLS) mengukur diameter hidrodinamik, yaitu ukuran partikel beserta lapisan molekul pelarut yang mengelilinginya, sehingga nilai yang diperoleh dapat

menjadi jauh lebih besar dibandingkan ukuran partikel primer apabila terjadi agregasi (Stetefeld et al., 2016; Bhattacharjee, 2016).

Selain itu, madu merupakan sistem yang kaya akan gula sederhana dengan viskositas relatif tinggi. Penambahan senyawa bioaktif dari bunga telang, daun kelor, dan nanas memungkinkan terjadinya interaksi dengan komponen madu, seperti protein, polisakarida, dan senyawa fenolik, sehingga membentuk struktur agregat yang lebih besar. Peristiwa agregasi tersebut menyebabkan nilai Z-average madu fortifikasi meningkat dibandingkan madu murni,

Menurut Tahir et al. (2025), partikel diklarifikasikan menjadi 3 kategori yaitu, partikel kasar dengan ukuran 2.500-10.000 nm, partikel halus dengan ukuran 100-2500 nm, dan partikel ultra-fine dengan ukuran 1-100 nm. Berdasarkan hasil dari penelitian madu fortifikasi, madu fortifikasi telang 1% (a1) dan madu fortifikasi kelor 3% (a2) memiliki ukuran partikel yang halus karena masuk ke dalam rentang 100-2500 nm. Sedangkan madu fortifikasi nanas 5% (a3) memiliki ukuran partikel yang kasar, karena masuk ke dalam rentang 2500-10,000 nm.

Hasil PSA juga berkaitan dengan waktu larut madu fortifikasi. Madu murni yang memiliki ukuran partikel paling kecil (722,6 nm) menunjukkan waktu larut tercepat, yaitu 10 detik. Secara umum, partikel yang lebih kecil memiliki luas permukaan spesifik yang lebih besar sehingga kontak dengan pelarut meningkat dan proses pelarutan berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, peningkatan ukuran partikel akibat terbentuknya agregat menyebabkan luas permukaan efektif yang kontak dengan air menjadi lebih kecil sehingga waktu pelarutan cenderung meningkat (Sinko, 2011).

Namun demikian, hubungan antara ukuran partikel dan waktu larut pada penelitian ini tidak sepenuhnya bersifat linier. Meskipun madu fortifikasi nanas memiliki ukuran partikel terbesar (3278 nm), waktu larutnya (24,46 detik) lebih cepat dibandingkan madu fortifikasi daun kelor (51,84 detik) yang memiliki ukuran partikel lebih kecil (2231 nm). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa komposisi bahan lebih berpengaruh terhadap pelarutan dibandingkan ukuran partikel semata. Daun kelor diketahui mengandung serat pangan yang tinggi, terutama selulosa,

hemiselulosa, dan lignin, yang memiliki kelarutan rendah di dalam air. Keberadaan serat tersebut menghambat penetrasi air ke dalam partikel sehingga proses disintegrasi dan pelarutan berlangsung lebih lambat.

4.2.2.2 Analisis Viskositas

Viskositas adalah kekentalan suatu zat cair yang disebabkan oleh gesekan antar molekul-molekul penyusun zat cair tersebut, secara sederhana viskositas dapat diukur dengan mengukur laju aliran cairan melalui beban yang dicelupkan ke dalam fluida dengan volume tertentu (Putri et al., 2024). Terdapat faktor yang dapat mempengaruhi viskositas, diantaranya yaitu konsentrasi larutan, suhu, berat molekul yang terlarut dan juga sebuah tekanan. Viskositas sendiri memiliki hasil yang berbanding terbalik dengan suhu. Apabila suhu mengalami kenaikan maka viskositas fluida tersebut akan turun dan apabila suhu tersebut mengalami penurunan suhu maka suhu kekentalannya lebih besar (Putri et al., 2024).

Menurut Tabel Anava (Lampiran 25) menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap viskositas madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 31. Hasil Penelitian Utama Analisis Viskositas

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon (Cp)	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$2544,67 \pm 1,15$	b
Daun Kelor 3% (a_2)	$2976,67 \pm 0,58$	a
Nanas 5% (a_3)	$2077 \pm 1,00$	c

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

Tabel 32. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Viskositas Madu Murni

Bahan Baku	Viskositas (Cp)
Madu Murni	2165

Viskositas madu dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kadar air, komposisi gula, suhu, serta kandungan senyawa makromolekul seperti protein, polisakarida, dan serat pangan. Di antara faktor-faktor tersebut, kadar air

merupakan faktor yang paling dominan. Semakin rendah kadar air madu, semakin tinggi konsentrasi padatan terlarut sehingga gaya gesek antarmolekul meningkat dan aliran cairan menjadi lebih sulit. Sebaliknya, peningkatan kadar air akan menurunkan viskositas karena air berfungsi sebagai pelumas antarmolekul yang meningkatkan mobilitas molekul gula (da Silva et al., 2016).

Selain dipengaruhi oleh kadar air, peningkatan viskositas pada madu fortifikasi daun kelor juga diduga berkaitan dengan tingginya kandungan serat pangan pada daun kelor. Daun kelor mengandung selulosa, hemiselulosa, dan pektin yang memiliki kemampuan menyerap serta mengikat air melalui gugus hidroksil (-OH). Keberadaan serat tersebut meningkatkan interaksi antarmolekul di dalam sistem sehingga larutan menjadi lebih kental dan memiliki hambatan aliran yang lebih besar. Penelitian mengenai sifat reologi bahan pangan menunjukkan bahwa polisakarida dan serat pangan mampu meningkatkan viskositas karena membentuk jaringan yang menghambat pergerakan molekul air (Leone et al., 2015; Saini et al., 2016).

Madu fortifikasi bunga telang juga mengalami peningkatan viskositas menjadi 2544,67 cP. Peningkatan tersebut diduga disebabkan oleh adanya senyawa polisakarida, serat, dan komponen fenolik dari bunga telang yang meningkatkan jumlah padatan dalam sistem. Walaupun kandungan serat bunga telang lebih rendah dibandingkan daun kelor, penambahan bubuk bunga telang tetap meningkatkan interaksi antarmolekul sehingga viskositas madu menjadi lebih tinggi dibandingkan madu murni (Marpaung et al., 2020).

Berbeda dengan perlakuan lainnya, madu fortifikasi nanas memiliki viskositas paling rendah (2077 cP). Kondisi ini diduga berkaitan dengan komposisi kimia buah nanas yang didominasi oleh gula sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa serta memiliki kandungan serat yang lebih rendah dibandingkan daun kelor. Gula sederhana mudah terdispersi dalam fase cair dan tidak membentuk jaringan yang mampu meningkatkan kekentalan seperti polisakarida atau serat. Selain itu, kadar air madu fortifikasi nanas yang relatif lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya turut meningkatkan mobilitas molekul di dalam sistem sehingga hambatan aliran menjadi lebih kecil dan viskositas menurun.

Menurut Apriani et al. (2013), standar minimal viskositas madu yaitu 10 poise. Menurut penelitiannya madu hutan yang berasal dari Kabupaten Agam memiliki viskositas 8,3754 poise, madu dari Kabupaten Tanah Datar memiliki viskositas 17,5646 poise, madu dari Kabupaten Sijunjung memiliki viskositas 10,9615 poise, madu dari Kabupaten Solok memiliki viskositas 17,9445 poise, dan madu dari Kabupaten Padang Panjang memiliki viskositas 3,4588 poise. Oleh karena itu, berdasarkan jurnal tersebut ketiga madu fortifikasi sudah memenuhi standar minimal viskositas madu.

4.2.2.3 Analisis Intensitas Warna

Setiap produk pangan memiliki karakteristik mutu yang berbeda-beda. Menurut Nayik & Nanda (2015), indikator madu yang penting bagi konsumen adalah warna, aroma, dan rasa. Warna, aroma, dan rasa madu dipengaruhi oleh jenis tanaman sumber nektarnya. Warna madu dipengaruhi oleh kandungan mineral yang terdapat pada madu. Kandungan mineral ini dapat berasal dari tanah tempat tumbuh tanaman dan juga pengaruh kontaminan cemaran (Bogdanov et al., 2007).

Pengujian dilakukan dengan menggunakan colorimeter. Colorimeter merupakan suatu metode yang dipergunakan untuk analisis mutu fisik dengan melaksanakan pengukuran intensitas warna suatu cairan melalui pengukuran intensitas warna dari cairan tersebut. *Colorimeter* itu sendiri merupakan detektor yang dipakai untuk menentukan pemfokusan dengan analisis intensitas cahaya yang diteruskan oleh cairan. Penelitian dilakukan dengan cara mengidentifikasi nilai CIE di mana terdapat L^* (nilai kecerahan), a^* , dan b^* yang diperoleh dari hasil foto pada sampel dengan menggunakan aplikasi colorimeter (Anggoro et al., 2015).



Gambar 15. Perbandingan Warna Madu Fortifikasi

Tabel 33. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Intensitas Warna Madu Murni

Bahan Baku	Intensitas Warna		
	L*	a*	b*
Madu Murni	76,83	1,05	29,38

1. Notasi L*

Lambang L* menyatakan level kecerahan pada madu. Apabila nilai L* semakin > 50 , maka madu berwarna semakin cerah/terang. Begitupun sebaliknya, jika nilai L* < 50 , maka madu berwarna semakin kelam/gelap (Evahelda et al., 2017).

Menurut Tabel ANAVA (Lampiran 26) menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap intensitas warna L* madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 34. Hasil Penelitian Utama Analisis Intensitas Warna L*

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$36,057 \pm 0,04$	a
Daun Kelor 3% (a_2)	$38,943 \pm 0,02$	b
Nanas 5% (a_3)	$49,09 \pm 0,07$	c

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

Dalam jurnal Saputri et al. (2023), dikatakan bahwa kecerahan dari warna madu juga akan berpengaruh pada peningkatan jumlah sukrosa yang dikandungnya. Suhu juga berpengaruh terhadap adanya perubahan warna pada madu yang berdampak pada penurunan umur simpan dari madu.

Madu fortifikasi dengan tambahan bunga telang menghasilkan warna L* yang paling kecil, yang artinya madu fortifikasi dengan bunga telang memiliki warna yang paling gelap diantara madu yang lain. Hal itu terjadi karena bunga telang mengandung antosianin yang merupakan senyawa flavonoid yang berperan dalam memberikan warna merah, orange, ungu, biru, kuning pada bunga dan buah (Puspitasari et al., 2024). Menurut Unawahi et al. (2022), faktor lain yang

mempengaruhi stabilitas antosianin adalah pH dan pelarut. Penelitian menemukan bahwa antosianin stabil pada pH asam dan menjadi tidak stabil pada pH basa, yang artinya antosianin pada madu akan bersifat lebih stabil karena madu memiliki pH yang asam. Sehingga madu dengan tambahan bunga telang memiliki warna kecerahan yang paling rendah.

Madu fortifikasi daun kelor memiliki nilai L^* sebesar 38,943, sedikit lebih tinggi dibandingkan bunga telang tetapi masih jauh lebih rendah daripada madu murni. Penurunan kecerahan ini diduga disebabkan oleh keberadaan klorofil, yaitu pigmen hijau utama pada daun kelor, serta pigmen karotenoid yang turut memberikan warna hijau kekuningan. Klorofil memiliki kemampuan menyerap cahaya merah dan biru sehingga cahaya yang dipantulkan menjadi lebih sedikit dibandingkan madu murni. Akibatnya, intensitas kecerahan menurun dan nilai L^* menjadi lebih rendah (Saini et al., 2016; Leone et al., 2015).

Sementara itu, madu fortifikasi nanas memiliki nilai L^* sebesar 49,09, yang merupakan nilai tertinggi di antara ketiga perlakuan fortifikasi. Hal tersebut diduga karena pigmen utama pada buah nanas berupa karotenoid, terutama β -karoten dan xantofil, yang menghasilkan warna kuning hingga kuning-oranye. Warna tersebut memiliki tingkat kecerahan lebih tinggi dibandingkan pigmen antosianin pada bunga telang maupun klorofil pada daun kelor, sehingga penurunan nilai L^* tidak sebesar kedua perlakuan lainnya (Hossain et al., 2015).

Pada hasil penelitian Saputri et al. (2023), pada hasil penelitian di suhu 26°C, 35°C, 5°C memiliki nilai $L^* > 50$, diantaranya madu hutan Kecamatan Lunyuk suhu 26°C dengan nilai L^* 54,5, suhu 35°C dengan nilai L^* 57,1, dan suhu 5°C dengan nilai L^* 52,1. Maka madu cenderung berwarna cerah atau terang dengan warna yang paling terang terdapat pada perlakuan suhu 35°C.

Pada Penelitian madu karet asal Kabupaten Bangka Tengah yang dilakukan oleh Evahelda et al. (2017), menghasilkan nilai L^* sebesar 27,07. Sehingga madu karet Bangka dapat digolongkan sebagai madu yang berwarna gelap.

2. Notasi a^*

Lambang a^* menyatakan level *redness* (kemerahan) dan *greenish* (kehijauan), jika nilainya positif maka menyatakan bahan mengarah pada spektrum warna *red*, sementara itu nilai negatif menyatakan bahan cenderung mendekati spektrum warna *green* (Evahelda et al., 2017). Notasi a^* menyatakan warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai $a^*(+)$ dari 0 hingga +80 untuk warna merah dan nilai $a^*(-)$ dari 0 sampai -80 untuk warna hijau (Sinaga & Sindar, 2019).

Menurut Tabel ANAVA (Lampiran 27) menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap intensitas warna a^* madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 35. Hasil Penelitian Utama Analisis Intensitas Warna a^*

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon
Bunga Telang 1% (a_1)	$3,41 \pm 0,01$
Daun Kelor 3% (a_2)	$4,65 \pm 0,03$
Nanas 5% (a_3)	$2,97 \pm 0,02$

Keterangan: Perlakuan tidak berbeda nyata

Peningkatan nilai a^* diduga disebabkan oleh adanya pigmen alami dan senyawa fenolik yang terkandung pada masing-masing bahan fortifikan. Meskipun warna visual bunga telang, daun kelor, dan nanas berbeda, masing-masing bahan mengandung pigmen yang memiliki karakteristik penyerapan dan pemantulan cahaya tertentu. Pengukuran menggunakan colorimeter tidak menilai warna berdasarkan persepsi mata, tetapi berdasarkan spektrum cahaya yang dipantulkan dari permukaan sampel. Oleh karena itu, suatu sampel yang tampak hijau atau ungu tetap dapat menghasilkan nilai a^* positif apabila komponen cahaya merah yang dipantulkan lebih besar dibandingkan komponen hijau.

Madu fortifikasi daun kelor memiliki nilai a^* tertinggi (4,65). Meskipun daun kelor secara visual berwarna hijau karena kandungan klorofil, daun kelor juga mengandung karotenoid seperti lutein dan β -karoten serta senyawa fenolik yang dapat meningkatkan reflektansi pada daerah panjang gelombang merah. Madu fortifikasi bunga telang menunjukkan nilai a^* sebesar 3,41, lebih tinggi

dibandingkan madu murni namun lebih rendah dibandingkan daun kelor. Hal ini diduga berkaitan dengan kandungan antosianin golongan ternatin yang merupakan pigmen utama bunga telang. Madu fortifikasi nanas memiliki nilai a^* sebesar **2,97**, yang merupakan nilai terendah di antara madu fortifikasi, tetapi masih lebih tinggi dibandingkan madu murni. Kondisi ini diduga karena pigmen utama buah nanas adalah karotenoid, terutama β -karoten dan xantofil, yang memberikan warna kuning hingga kuning-oranye. Pigmen tersebut lebih dominan meningkatkan komponen warna kuning (notasi b^*) dibandingkan komponen merah (notasi a^*), sehingga peningkatan nilai a^* pada madu fortifikasi nanas tidak sebesar pada bunga telang maupun daun kelor (Hossain et al., 2015).

3. Notasi b^*

Lambang b^* menyatakan warna *yellow* (kuning) dan *blue* (biru) pada bahan, apabila nilainya positif menyatakan bahan mengarah pada spektrum warna *yellowish* dan ketika nilainya negatif menyatakan bahwa bahan mengarah pada spektrum warna *bluish* (Black & Panozzo, 2004). Notasi b^* menyatakan warna kromatik campuran kuning-biru dengan nilai b^* (+) dari 0 hingga +70 untuk warna kuning dan nilai b^* (-) dari 0 sampai -70 untuk warna biru (Sinaga & Sindar, 2019).

Menurut Tabel ANAVA (Lampiran 28) menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap intensitas warna b^* madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 36. Hasil Penelitian Utama Analisis Intensitas Warna b^*

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$13,06 \pm 0,02$	a
Daun Kelor 3% (a_2)	$16,93 \pm 0,02$	b
Nanas 5% (a_3)	$18,85 \pm 0,13$	c

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

Nilai b^* menggambarkan tingkat kekuningan warna madu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan fortifikan nanas 5% (a_3) memiliki nilai b^* tertinggi, yaitu $18,85 \pm 0,13$. Hal itu terjadi karena Buah nanas

banyak mengandung pigmen karotenoid dan xantofil yang memberikan warna kuning. Karotenoid mempunyai warna kuning sampai merah, sedangkan xantofil mempunyai warna kuning sampai oranye (Siregar, 2016). Sementara itu, madu yang difortifikasi bunga telang 1% (a1) memiliki nilai b^* paling rendah menandakan bahwa warna madu cenderung ke ungu atau kebiruan karena pengaruh antosianin. Secara statistik, peningkatan konsentrasi bahan fortifikan meningkatkan nilai b^* secara signifikan, dan jenis bahan memberikan perbedaan nyata terhadap nilai b^* , yang menunjukkan bahwa karakteristik pigmen setiap bahan sangat memengaruhi warna akhir madu.

Madu fortifikasi daun kelor memiliki nilai b^* sebesar 16,93, lebih tinggi dibandingkan bunga telang tetapi masih lebih rendah daripada madu murni. Hal ini diduga karena daun kelor mengandung klorofil sebagai pigmen dominan yang memberikan warna hijau serta karotenoid yang memberikan warna kuning-oranye. Meskipun karotenoid dapat meningkatkan komponen kuning, keberadaan klorofil yang lebih dominan menyebabkan pantulan cahaya kuning berkurang sehingga nilai b^* tetap lebih rendah dibandingkan madu murni. Selain itu, selama proses pengeringan, sebagian klorofil dapat mengalami degradasi menjadi feofitin yang menghasilkan warna hijau kecokelatan, sehingga turut mengurangi dominasi warna kuning pada produk (Saini et al., 2016).

Pada hasil penelitian Saputri et al. (2023), pada hasil penelitian di suhu 26°C, 35°C, 5°C memiliki nilai b^* positif menunjukkan bahwa madu cenderung mendekati spektrum kekuningan, diantaranya madu hutan Kecamatan Lunyuk suhu 26°C dengan nilai b^* 37,7, suhu 35°C dengan nilai b^* 37,7, dan suhu 5°C dengan nilai b^* 41,7. Sedangkan pada penelitian madu karet asal Kabupaten Bangka Tengah yang dilakukan oleh Evahelda et al. (2017), menghasilkan nilai b^* sebesar 1,17.

4.2.2.4 Analisis Total Padatan Terlarut

Total Padatan Terlarut (TPT) dapat disebut dengan tingkat kemanisan atau juga total gula pada suatu bahan yang didalamnya mengandung gula reduksi, asam-asam organik, gula non reduksi, garam, pektin, dan protein dimana sangat berpengaruh terhadap °brix (Erni Danggi, 2023).

Pengukuran total padatan terlarut berdasarkan penelitian Parmitasari & Hidayanto (2013). Pengukuran menggunakan alat Refraktometer Brix 0%-32% ATC. Prinsip alat yang digunakan, yaitu dengan melewati cahaya kedalamnya.

Menurut Tabel ANAVA (Lampiran 29) menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap total padatan terlarut madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 37. Hasil Penelitian Utama Analisis Total Padatan Terlarut

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon (°Brix)	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$82,51 \pm 0,57$	b
Daun Kelor 3% (a_2)	$80,52 \pm 0,58$	a
Nanas 5% (a_3)	$87,18 \pm 0,58$	c

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

Tabel 38. Hasil Penelitian Pendahuluan Total Padatan Terlarut Madu Murni

Bahan Baku	Total Padatan Terlarut (°Brix)
Madu Murni	75,85

Peningkatan total padatan terlarut pada madu fortifikasi diduga disebabkan oleh penambahan bubuk fortifikan yang menambah jumlah padatan dalam sistem madu. Meskipun konsentrasi fortifikan relatif rendah, bahan-bahan tersebut mengandung berbagai komponen padat seperti karbohidrat, serat pangan, protein, mineral, dan senyawa fenolik yang ikut terdispersi dalam madu. Penambahan komponen-komponen tersebut meningkatkan konsentrasi zat terlarut sehingga nilai °Brix madu fortifikasi menjadi lebih tinggi dibandingkan madu murni (Nielsen, 2017).

Selain penambahan padatan dari bahan fortifikan, peningkatan nilai °Brix juga berkaitan dengan penurunan kadar air pada madu fortifikasi. Berdasarkan hasil penelitian, madu murni memiliki kadar air sebesar 20,91%, sedangkan madu fortifikasi bunga telang, daun kelor, dan nanas masing-masing memiliki kadar air 16,20%, 14,80%, dan 16,53%. Penurunan kadar air menyebabkan konsentrasi zat

terlarut dalam madu meningkat karena jumlah pelarut (air) menjadi lebih sedikit. Akibatnya, indeks bias larutan yang diukur menggunakan refraktometer meningkat sehingga nilai °Brix menjadi lebih tinggi.

Madu fortifikasi bunga telang memiliki nilai °Brix sebesar 82,51, lebih tinggi dibandingkan madu fortifikasi daun kelor (80,52 °Brix). Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh komposisi kimia kedua bahan fortifikan. Bunga telang mengandung sejumlah karbohidrat larut serta senyawa fenolik yang dapat meningkatkan jumlah padatan terlarut dalam sistem. Sebaliknya, daun kelor mengandung proporsi serat pangan yang lebih tinggi, terutama selulosa dan hemiselulosa, yang tidak seluruhnya larut dalam air. Oleh karena itu, kontribusi daun kelor terhadap peningkatan total padatan terlarut relatif lebih kecil dibandingkan bunga telang.

Nilai total padatan terlarut tersebut menandakan bahwa madu fortifikasi dengan bahan fortifikan bunga telang dan daun kelor telah memenuhi standar madu yang baik menurut *US Patent Application Publication* (2011) dalam jurnal Erni Danggi (2023) yaitu berkisar 76-82 °Brix. Sedangkan madu fortifikasi nanas 5% memiliki total padatan terlarut yang melebihi standar madu yang baik. Hal tersebut dapat terjadi karena kandungan kadar air pada madu menurun dan terjadi perubahan gula pada madu, sehingga aktivitas mikroba mampu mengubah gula menjadi senyawa lainnya (Maliaentika et al., 2016). Hal ini menyebabkan madu memiliki rasa yang cenderung lebih manis jika memiliki nilai Brix yang tinggi.

Dalam Penelitian yang dilakukan oleh Erni Danggi (2023), didapatkan hasil total padatan terlarut dari madu trigona di desa Watabenua dengan rata-rata 72,53 °Brix. Nilai ini menandakan total padatan terlarut masih rendah dibandingkan dengan yang telah ditetapkan oleh *US Patent Application Publication* (2011) yaitu berkisar 76-82 °Brix.

4.2.2.5 Analisis Waktu Larut

Waktu larut dikenal sebagai ukuran lamanya waktu yang dibutuhkan suatu zat untuk sepenuhnya terdispersi atau terlarut dalam suatu pelarut tertentu hingga membentuk larutan yang homogen. Waktu larut madu merupakan salah satu indikator kemurnian fisik yang diuji secara konvensional. Menurut Prabowo et al.

(2019), madu murni umumnya memiliki waktu larut yang lebih lama dibandingkan madu tiruan atau yang dicampur bahan lain. Hal ini disebabkan oleh karakteristik madu murni yang lebih kental dan memiliki viskositas tinggi, sehingga tidak langsung tercampur dengan air saat dituang.

Menurut Tabel ANAVA (Lampiran 30) menunjukkan bahwa madu fortifikasi dengan bahan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap total padatan terlarut madu fortifikasi pada taraf nyata 5%.

Tabel 39. Hasil Penelitian Utama Analisis Waktu Larut

Madu Fortifikasi	Rata-Rata Respon (secon)	Taraf Nyata 5%
Bunga Telang 1% (a_1)	$30,97 \pm 0,34$	b
Daun Kelor 3% (a_2)	$51,84 \pm 0,40$	c
Nanas 5% (a_3)	$24,46 \pm 0,11$	a

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

Tabel 40. Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Waktu Larut Madu Murni

Bahan Baku	Total Padatan Terlarut (s)
Madu Murni	10

Peningkatan waktu larut pada seluruh madu fortifikasi diduga disebabkan oleh adanya penambahan bubuk fortifikan yang mengandung serat, protein, dan komponen padat lainnya. Penambahan bubuk menyebabkan terbentuknya partikel atau agregat yang harus terlebih dahulu mengalami pembasahan (*wetting*), penetrasi air, dan disintegrasi sebelum seluruh komponen dapat larut atau terdispersi secara merata. Tahapan tambahan tersebut menyebabkan waktu yang dibutuhkan untuk melarutkan madu fortifikasi menjadi lebih lama dibandingkan madu murni.

Madu fortifikasi daun kelor memiliki waktu larut paling lama (51,84 detik). Hal ini diduga berkaitan dengan kandungan serat pangan yang tinggi pada daun kelor, terutama selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen tersebut memiliki kelarutan yang rendah dalam air dan mampu menyerap serta mengikat air melalui gugus hidroksil (-OH). Akibatnya, sebagian air digunakan untuk proses hidrasi

serat sebelum mencapai bagian dalam partikel, sehingga proses pelarutan berlangsung lebih lambat. Selain itu, serat dapat membentuk struktur yang lebih kompak sehingga menghambat difusi air ke dalam partikel (Leone et al., 2015).

Madu fortifikasi bunga telang memiliki waktu larut sebesar 30,97 detik, lebih cepat dibandingkan daun kelor tetapi masih lebih lambat dibandingkan madu murni. Hal ini diduga karena bunga telang mengandung serat dalam jumlah lebih rendah dibandingkan daun kelor, sehingga hambatan terhadap penetrasi air juga lebih kecil. Di sisi lain, keberadaan senyawa fenolik dan pigmen antosianin yang berinteraksi dengan komponen madu dapat menyebabkan terbentuknya agregat selama pencampuran, sehingga waktu yang diperlukan untuk mendispersikan partikel tetap lebih lama dibandingkan madu murni.

Madu fortifikasi nanas memiliki waktu larut tercepat di antara seluruh madu fortifikasi (24,46 detik). Hasil tersebut diduga berkaitan dengan kandungan gula sederhana berupa glukosa, fruktosa, dan sukrosa yang tinggi pada buah nanas. Gula-gula tersebut bersifat sangat mudah larut dalam air sehingga mempercepat proses disintegrasi dan difusi komponen ke dalam pelarut. Selain itu, kandungan serat pada nanas lebih rendah dibandingkan daun kelor sehingga hambatan terhadap penetrasi air menjadi lebih kecil (Hossain et al., 2015).

Waktu larut menjadi salah satu parameter fisik yang menunjukkan seberapa cepat madu dengan bahan fortifikasi tercampur dalam air. Waktu larut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti viskositas, kadar air, dan kekentalan alami dari madu serta bahan yang ditambahkan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

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

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Pengaruh jenis bahan fortifikan terhadap respon kimia madu fortifikasi PT. Imago Randau Honey berpengaruh nyata terhadap aktivitas antioksidan, nilai pH, kadar air, nilai aktivitas air, dan kadar gula pereduksi.
2. Pengaruh jenis bahan fortifikan terhadap respon fisik madu fortifikasi PT. Imago Randau Honey berpengaruh nyata terhadap ukuran partikel, nilai viskositas, intensitas warna pada notasi L* dan notasi b*, serta analisis waktu larut, namun tidak berpengaruh terhadap intensitas warna notasi a*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap penelitian yang telah dilakukan, saran-saran yang dapat dilakukan yaitu:

1. Melakukan eksplorasi lebih banyak terkait jenis bahan fortifikasi alami yang memiliki senyawa bioaktif yang tinggi. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan sumber-sumber fortifikasi baru yang alami dan aman untuk dikonsumsi, serta dapat membuka peluang untuk mengembangkan produk pangan fungsional yang dapat mengatasi berbagai masalah kesehatan.
2. Melakukan pengujian dengan penggunaan konsentrasi bahan fortifikan yang seragam, agar pengaruh jenis bahan fortifikan terhadap karakteristik fisik dan kimia madu dapat dibandingkan secara lebih objektif tanpa dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi penambahan, sehingga interpretasi hasil penelitian menjadi lebih akurat.
3. Melakukan analisis mikrobiologi termasuk pengujian jumlah mikroba dan keberadaan spora. Analisis tersebut diperlukan untuk mengevaluasi keamanan pangan produk madu fortifikasi, mengingat penambahan bahan fortifikan berpotensi membawa kontaminan mikroba atau spora yang dapat memengaruhi mutu dan keamanan produk selama penyimpanan.

4. Melakukan pengujian umur simpan untuk mengetahui stabilitas mutu madu fortifikasi selama penyimpanan, baik dari aspek fisik, kimia, mikrobiologi, maupun sensoris, sehingga dapat ditentukan masa simpan produk yang aman dan tetap memenuhi standar mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian. (2025a, October 2). *9 Manfaat Bunga Telang Untuk Kesehatan Tubuh*. Alodokter Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. <https://www.alodokter.com/5-manfaat-bunga-telang-sebagai-obat-herbal-alami>
- Adrian. (2025b, October 2). *Daun Kelor, Manfaat Hingga Tips Mengolahnya*. Alodokter Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. <https://www.alodokter.com/daun-kelor-manfaat-hingga-tips-mengolahnya>
- Adrian. (2025c, October 10). *16 Manfaat Buah Nanas Bagi Kesehatan*. Alodokter Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Afistia, Nurhidajah, & Sya'di. (2024). Pendugaan Umur Simpan Minuman Ekstrak Beras Hitam dalam Kemasan Metalized dengan Pendekatan Arrhenius. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 14(2), 51–62.
- Aini, Susanto, & Handayani. (2022). Uji Aktivitas Antioksidan Beberapa Jenis Madu Monofloral Spesies Lebah Apis Mellifera dengan Metode DPPH dan FRAP. *Jurnal Ilmiah Sainsbertek*, 2(2), 1–10.
- Alaydrus, Widayat, & Rijai. (2019). Gambaran Hasil Aktivitas Antioksidan Berberapa Perlakuan Teknik Preparasi Pembuatan Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Nanas Menggunakan Senyawa DPPH. *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 44–47.
- Alhamdani, Syauqy, & Prasetio. (2022). Sistem Klasifikasi Kualitas Jenis-Jenis Madu berdasarkan Warna, Kecerahan, dan pH menggunakan Metode JST Backpropagation. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(6), 2584–2590.
- Anggoro, Rezki, & Siswani. (2015). Ekstraksi Multi Tahap Kurkumin dari Temulawak Menggunakan Pelarut Etanol. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2), 39–45.
- Anggraeni, Lukman, & Pramushinto. (2022). Pengaruh Lama Simpan Dan Metoda Pengemasan Terhadap Sifat Fisik Bakso Daging Ayam Pada Penyimpanan Suhu Rendah (± 5 o C). *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 25(1), 91–99.

- Angraeni, Elfika, & Rahmi. (2025). Analisis Kimia dan Karakteristik Organoleptik Puding dengan Penambahan Ekstrak Daun Kelor dan Susu Kacang Merah. *Edufortech*, 10(1), 62–77.
- Ansory, Putri, & Wulantika. (2023). Peningkatan Aktivitas Antioksidan pada Ekstrak Daun Kelor melalui Fermentasi: Studi Perbandingan Kandungan Fenolik dan Aktivitas Antioksidan. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 20(1), 54–63.
- AOAC. (1995). *Official Method Of Analysis Of The Association Official Analytical Chemists*. AOAC International.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis*. AOAC International.
- Apriani, Gunedi, & Darvina. (2013). Studi Tentang Nilai Viskositas Madu Hutan dari Beberapa Daerah di Sumatera Barat untuk Mengetahui Kualitas Madu. *Pillar of Physics*, 2, 91–98.
- Astuti, Siti, & Agustin. (2014). Komposisi Zat Gizi Tempe yang Difortifikasi Zat Besi dan Vitamin A Pada Tempe Mentah dan Matang. *Jurnal Agritech*, 34(2), 151–159.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Produksi Madu di Indonesia*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2018). *SNI Madu*.
- Berkovich, Earon, & Rimmon. (2013). Moringa oleifera Aqueous Leaf Extract Down-Regulates Nuclear Factor- κ B and Increases Cytotoxic Effect of Chemotherapy in Pancreatic Cancer Cells. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13, 1–7.
- Berne, & Pecora. (2000). *Dynamic Light Scattering with Applications to Chemistry*. John Wiley & Sons Inc.
- Bhagawan, Atmaja, & Atiqah. (2017). Optimization and Quercetin Release Test of Moringa Leaf Extract (Moringa oleifera) in Gel-Microemulsion Preparation. *Journal Islamic Pharm*, 2, 34–42.
- Bogdanov, Haldiman, & Luginbuhl. (2007). Mineral in Honey Environmental Geographical and Botanical Aspects. *Journal Apicultural Research and Bee World*, 46(4), 269–275.
- Chiachung Chen. (2019). Relationship between Water Activity and Moisture Content in Floral Honey. *Foods*, 8(30), 1–18.

- da Silva, Gauche, & Gonzaga. (2016). Honey: Chemical Composition, Stability and Authenticity. *Food Chemistry*, 309–323.
- Dzukan, Trybulec, & Milek. (2026). Penggunaan Bubuk Spirulina untuk Memperkaya Madu dengan Antioksidan dan Protein yang Mudah Dicerna. *International Journal of Molecular Science*, 27, 2–19.
- Erni Danggi. (2023). Analisis Kualitas Madu Produksi Kelompok Peternak Lebah Trigona di Desa Watabenua Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Sultra Sains*, 5(1), 20–28.
- Evahelda, Pratama, & Malahayati. (2015). Uji aktivitas enzim diastase, kadar gula pereduksi dan kadar air pada madu bangka dan madu kemasan yang dipasarkan di kota palembang. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*.
- Faisal M. Sakri. (2022). *Madu dan Khasiatnya*. Diandra Kreatif.
- Gairola, Tiwari, & Tiwari. (2013). Physico-Chemical Properties of Apis cerana-indica, Honey From Uttarkashi District of Uttarakhand, India. *Journal Global Biosci*, 2(1), 20–25.
- Golmakani, Sasani, & Sahraeian. (2025). Evaluating the Impact of Thermal Processing on Physicochemical Properties of Monofloral and Multifloral Honey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 137.
- Habryka, Socha, & Juszczak. (2020). The Effect of Enriching Honey with Propolis on the Antioxidant Activity, Sensory Characteristics, and Quality Parameters. *Molecules*, 25(1176), 2–18.
- Handito, Basuki, & Saloko. (2022). Analisis Komposisi Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Sebagai Antioksidan Alami Pada Produk Pangan. *Prosiding SAINTEK LPPM Universitas Mataram*, 4, 64–70.
- Hanifa, & Zainul. (2025). Analisis Kadar Sukrosa dan Gula Pereduksi pada Madu Trigona (Stingless Bee Honey) Menggunakan Metode Luff Schoorl . *Jurnal Pendidikan Kimia, Fisika Dan Biologi*, 1(6), 21–33.
- Hariadi. (2018). Perbandingan karakteristik fitokimia ekstrak pigmen (Antosianin) bubuk ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L) dan bunga clitoria (*Clitoria ternatea*) sebagai bubuk pewarna alami. *Jurnal Farmakognosi Dan Fitokimia*, 4(4), 3420–3429.

- Hasan, Herawati, & Purnomo. (2020). Fisikokimia Madu Multiflora Asal Riau dan Potensinya Sebagai Antibakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Chem. Prog*, 13(2), 81–90.
- Hayati, & Maharani. (2024). Peningkatan Pengetahuan tentang Pemanfaatan Buah Nanas untuk Mencegah Anemia Remaja di Madrasah Aliyah Negeri 1 Muaro Jambi. *Jurnal Abdimas Kesehatan*, 6(3), 462–468.
- Heri Sudaryanto. (2010). *Analisis Kualitas Fisik dan Kimia Madu Lebah (Apis cerana) di Desa Kuapan Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Hossain, Akhtar, & Anwar. (2015). Nutritional Value and Medicinal Benefits of Pineapple. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(1), 84–88.
- Jaafar, Osman, & Ismail. (2020). Analysis of Essential Oils of Leaves, Stems, Flowers and Roots of *Clitoria ternatea* L. *Journal of Essential Oil Research*, 32(3), 1–8.
- Joko Santoso, & Muladi Putra Mahardika. (2023). Formulasi Gummy Candy dari Ekstrak Etanol Kulit Nanas Madu (*Ananas comocus* L. merr) Sebagai Sumber Antioksidan. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 12(2), 201–208.
- Jusnita, & Syurya. (2019). Karakterisasi Nanoemulsi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.). *Jurnal Sains Farmasi Dan Klinis*, 6, 16–24.
- Kadam, Wilson, & Kaur. (2012). Physicochemical and Microbial Quality Evaluation of Foam-Mat-Dried Pineapple Powder. *Intrenational Journal of Food Science and Technology*, 47, 1654–1659.
- Khabibi, Albayudi, & Ginting. (2022). Kualitas Madu dari 3 Spesies Lebah Penghasil Madu. *Jurnal Silva Tropika*, 6(1), 43–50.
- Khoo, Azlan, & Tang. (2017). Anthocyanidins and Anthocyanins: Colored Pigments as Food, Pharmaceutical Ingredients, and the Potential Health Benefits. *Food & Nutrition Research*, 61.
- Kumala, Ardiyansyah, & Handayani. (2024). Pengaruh Variasi Konsentrasi Sari Buah Nanas (*Ananas comosus* L. merr) Terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Keju Mozzarella. *Journal of Food Industrial Technology*, 1(2), 45–51.

- Kurniadi, Sartika, & Herdiana. (2024). Kajian Formulasi Ekstrak Bunga Telang Terhadap Aktivitas Antioksidan Pada Minuman Fungsional. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 3(1), 13–28.
- Leone, A., Spada, A., & Battezzati, A. (2015). Cultivation, Genetic, Ethnopharmacology, Phytochemistry and Pharmacology of *Moringa oleifera* Leaves: An Overview Sciences. *International Journal of Molecular Sciences*, 16.
- Mahdi, Astawan, & Wulandari. (2023). Sifat Fisikokimia dan Mikrobiologi Serbuk Minuman Berbasis Konsentrat Protein Tempe pada Berbagai Suhu Penyimpanan. *Jurnal Pangan*, 32(2), 141–152.
- Makasana, Dholakiya, & Gajbhiye. (2017). xtractive determination of bioactive flavonoids from butterfly pea (*Clitoria ternatea* Linn.). *Research on Chemical Intermediates*, 43(2), 783–799.
- Maliaentika, Yuwono, & Wijayanti. (2016). Optimasi Penurunan Kadar Air Madu Metode Adsorption Drying Dengan Response Surface Methodology. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(2).
- Mardawati, Filianty, & Marta. (2010). *Jurnal Kajian Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Manggis Dalam Rangka Pemanfaatan Limbah Kulit Manggis Di Kecamatan Puspahiang Kabupaten Tasikmalaya*. 4.
- Minarti, Jaya, & Merlina. (2016). Pengaruh Masa Panen Madu Lebak pada Area Tanaman Kaliandra Terhadap Jumlah Produksi Kadar Air, Viskositas dan Kadar Gula Madu. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 11(1), 46–51.
- Moh Rivaldi Mappa, Moh Rasyid Kuna, & Hairil Akbar. (2021). Pemanfaatan Buah Nanas (*Ananas comosus* L.) Sebagai Antioksidan Untuk Meningkatkan Imunitas Tubuh di Era Pandemi Covis 19. *Community Engagement & Emergence Journal*, 3(1), 64–68.
- M.S. Putri. (2019). Konservasi Tmbuhan Obat di Kebun Raya Bali. *Buletin Udayana Mengabdi*, 18(3), 139–146.
- Muliana, & Ruslan. (2024). *Tentang Kelor*. Tim CV Jejak.
- Nayik, & nanda. (2015). Physico-chemical, enzymatic, mineral and colour characterization of three different varieties of honey from khamir valley of India with a multivariate approach. *Polish Journal of Food and Nutritions Sciences*, 65(2), 101–108.

- Novatama, Kusumo, & S. (2016). Identifikasi Betasianin dan Uji Antioksidan Ekstrak Buah Bit Merah. *Indonesian Journal Chemical Sci*, 5(3), 15–19.
- Nuraeni, Daruwati, & Maria. (2013). Verifikasi Kinerja Alat Particle Size Analyzer (PSA) Horiba LB-550 Untuk Penentuan Distribusi Ukuran Nanopartikel. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir*, 266–271.
- Palimbong, & Pariama. (2020). Potensi Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Sebagai Pewarna pada Produk Tape Ketan. *Jurnal Sains & Kesehatan*, 2(3), 228–235.
- Parmitasari, & Hidayanto. (2013). Analisis Korelasi Indeks Bias dengan Konsentrasi Sukrosa Beberapa Jenis Madu Menggunakan Portable Brix Meter. *Youngster Physics Journal*, 2(4), 191–198.
- Perdani, Kusuma, & Kumalaningsih. (2017). Karakteristik Bubuk Lobak, Nanas Madu dan Kemiri dengan Metode Pengeringan Foam Mat Drying. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), 103–111.
- Prabowo, Yuliani, & Prayitno. (2019). Penentuan Karakteristik Fisiko-Kimia Beberapa Jenis Madu Menggunakan Metode Konvensional dan Metode Kimia. *Journal of Tropical Agrifood*, 1(2), 66–73.
- Pracaya, & Kahono. (2019). *Buadidaya Nanas*. PT Sunda Kelapa Pustaka.
- Prasetya, & Andi. (2014). *Perbandingan Mutu Madu Lebah Apis mellifera Berdasarkan Kandungan Gula Pereduksi Dan Non Pereduksi Di Kawasan Karet (Hevea brasiliensis) Dan Rambutan (Nephelium Lappaceum)*. Universitas Brawijaya.
- Prasetyo, Rubiono, & Suryadhianto. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Pengaduk Terhadap Pola Pencampuran dan Konsumsi Daya Listrik pada Mixer Vertikal. *Jurnal V-Mac*, 5 (1), 9–12.
- Purba. (2016). Kelor (*Moringa oleifera*): Pemanfaatan dan Bioaktivitas. *Pro-Life*, 7(1), 1–12.
- Puspitasari, Novitasari, & Ariani. (2024). Uji Stabilitas Warna Antosianin Ekstrak Bunga Telang pada Berbagai pH dan Uji Potensi Antibakteri. *Jurnal Buana Farma*, 4(4), 388–394.
- Putri, Asshaumi, & Rahmadani. (2024). Analisis Nilai Kecepatan Terhadap Viskositas Pada Fluida. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 89–96.

- Putri, Rukmansyah, & Adriansyah. (2025). Pemanfaatan Nanas Utuh (Daging, Kulit dan Ekstrak Buah Nanas) Sebagai Produk Pangan Fungsional Berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 2(2), 24–34.
- Rahman, & Dwianti. (2022). Mutu Teh Celup dengan Campuran Bubuk Sereh dan Bubuk Kelor. *Journal of Agritechnology and Food Processing*, 2(1), 10–20.
- Ratnayani, Adhi, & Dewi. (2008). Penentuan Kadar Glukosa dan Fruktosa pada Madu Randu dan Madu Kelengkeng dengan Kromatografi Cair Metode Kinerja Tinggi. *Jurnal Universitas Udayana*, 2(2), 77–86.
- Rokhmah, Ryan, & Deasy. (2022). *Pangan dan Gizi*. Yayasan Kita Menulis.
- Safitri, & Purnobasuki. (2022). *Aplikasi Madu sebagai Aktivator Stem Cell*. Airlangga University Press.
- Saini, Sivanesan, & Keum. (2016). Phytochemicals of Moringa oleifera: A Review of Their Nutritional, Therapeutic and Industrial Significance. *Biotech*, 3, 203.
- Saputri, Pathiassana, & Gaibi. (2023). Analisis Pengaruh Suhu Terhadap Warna, Densitas, dan Viskositas Madu Hutan Lebah Apis dorsata dari Kecamatan Lunyuk-Sumbawa. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 8(1), 1–8.
- Saputri, & Putri. (2017). Aktivitas Antioksidan Madu Hutan di Beberapa Kecamatan di Kabupaten Sumbawa Besar. *Jurnal Tambora*, 2(3), 1–6.
- Saputro, & Susanto. (2016). Pembuatan Bubuk Cabai Rawit (Kajian Konsentrasi Kalsium Propionat dan Lama Waktu Perebusan Terhadap Kualitas Produk). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(1), 62–71.
- Sari, Arza, & Fiona. (2024). Analisis Kandungan Karbon Dioksida dan pH Pada Air. *Journal of Food Security and Agroindustry*, 2(2), 44–48.
- Satriyani. (2021). Review Artikel: Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor (Moringa oleifera). *Jurnal Farmasi Malahayati*, 4(1), 31–43.
- Sayuti, & Yenrina. (2015). *Antioksidan Alami dan Sintetik*. Andalas University Press.
- Selmi, Asriani, & Saepuddin. (2017). Perilaku dan Loyalitas Konsumen Madu di Kota Bengkulu. *Agrisep*, 16(1), 13–24.

- Septiana, Handayani, & Winarsi. (2019). Aktivitas Antioksidan dan Sifat Fisikokimia Madu Temulawak yang Ditambah Ekstrak Jahe. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(4), 155–160.
- Shapla, Solayman, & Khalil. (2018). Hydroxymethylfurfural (HMF) Levels in Honey and Other Food Products: Effects on Bees and Human Health. *Chemistry Central Journal*, 12(35), 1–18.
- Siagian A. (2003). *Pendekatan Fortifikasi Pangan untuk Mengatasi Masalah Kekurangan Zat Gizi Mikro*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Sinaga, & Sindar. (2019). Segmentasi Ruang warna $L^*a^*b^*$. *Jurnal Mantik Penusa* 3, 3(1), 43–46.
- Siregar. (2016). Pemanfaatan Buah Belimbing Manis dan Buah nanas dalam Pembuatan Permen Jelly. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(1), 86–96.
- Subadra, & Deru. (2024). Skrining dan Standarisasi Serbuk Simplisia Berdasarkan Perbandingan Tingkat Ketuaan Daun Nangka. *Duta Pharma Journal*, 4(2), 268–279.
- Sudarmadji, Slamet, & Haryono. (1989). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Penerbit Liberty.
- Sumarlin, Hadera, Chalid, & Sukandar. (2018). Aktivitas Antioksidan Kombinasi Madu Monoflora dengan Ekstrak Daun Namnam. *Journal of Chemistry*, 6 (1), 11–17.
- Susanti, & Nurman. (2022). Manfaat Kelor (*Moringa oleifera*) Bagi Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 3(2), 509–513.
- Syauqy, & Hanina. (2021). Pengaruh Buah Nanas (*Ananas comosus* L. merr) Terhadap Peningkatan pH Saliva yang Terpapar Minuman Berkarbonasi. *JMJ*, 9(2), 130–137.
- Tahir, Syahrana, & Putri. (2025). Karakteristik Fitosom dari Ekstrak Etanol Daun Laruna Menggunakan SEM. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 11(2), 626–633.
- Unawahi, Widyasanti, & Rahimah. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Bunga Telang sebagai Pewarna Alami pada Minuman Bersoda. *Jurnal Agointek*, 16(2), 256–263.

- Waluyo, Wilisaberta, & Saptadi. (2024). *Pemanfaatan dan Pemulihan Poliploidi Bunga Telang (Clitoria ternatea L.)*. Grup Penerbit CV Budi Utama.
- WILDiana, Lestari, & Supriyati. (2023). Alasan Konsumen dalam Membeli dan Mengonsumsi Madu sebagai Suplemen Kesehatan. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*, 20(1), 9–20.
- Winarti. (2010). *Makanan Fungsional*.
- World Health Organization. (2006). *Guidelines on food fortification with micronutrients*. World Health Organization and Agriculture Organization of the United Nations.
- Wulandari. (2017). Kualitas Madu (Keasaman, Kadar Air, dan Kadar Gula Pereduksi) Berdasarkan Perbedaan Suhu Penyimpanan. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 16–22.
- Zakka, & Totong. (2025). Profil Kualitas Madu dan Implikasi Keamanan Konsumen di Apotek Pasar Kemis. *Jurnal Ilmiah Farmasi Indonesia*, 3(2), 62–69.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Kadar Antioksidan dengan Spektrofotometer UV-Vis Metode DPPH (AOAC, 1995)

- Larutan DPPH
5 mg serbuk DPPH dilarutkan dengan metanol dalam labu ukur 50 mL. Dan diaduk dengan metanol hingga tanda batas dan didapatkan larutan DPPH 100 µg/mL.
- Preparasi Sampel
 1. 10 mg ekstrak sampel dilarutkan dalam metanol dengan konsentrasi µg/mL sebagai larutan induk.
 2. Dari larutan induk dibuat dalam berbagai konsentrasi (125,25 dan 50 µg/mL) dimasukkan kedalam tabung reaksi.
 3. Setiap tabung reaksi ditambahkan 1,0 mL DPPH kemudian ditambahkan lagi 2,0 mL metanol kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit selanjutnya serapan diukur pada panjang gelombang 517 nm.
 4. Sebagai pembanding digunakan kuersetin (konsentrasi 2; 4; 10; dan 16 µg/mL)
 5. Nilai IC₅₀ dihitung masing-masing dengan menggunakan persamaan regresi.
- Larutan Blanko
3 mL metanol dimasukkan kedalam tabung reaksi dan ditambahkan 1,0 mL larutan DPPH, dikocok sampai homogen, diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit.
- Perhitungan
Presentase inhibisi (Ics) terhadap radikal DPPH dari masing-masing konsentrasi sampel dapat dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorban Blanko} - \text{Absorban Sampel}}{\text{Absorban Blanko}} \times 100\%$$

Lampiran 2. Analisis Kadar pH Madu dengan Menggunakan pH Meter (Sudarmadji dkk., 1989)

Pengujian pH menggunakan pH meter berdasarkan metode dari Sudarmadji et al. (1997). Sampel ditimbang 2 g lalu dimasukkan ke dalam 10 ml aquades dan dihomogenkan. Kemudian ditambahkan aquades hingga 20 ml lalu diaduk merata. Larutan diukur pH nya dengan pH meter yang sudah distandardisasi. Standarisasi pH meter dilakukan dengan menggunakan larutan buffer pH 4 kemudian buffer pH 7, lalu elektroda dibilas dengan aquades kemudian dimasukkan dalam larutan sampel. Nilai pH langsung dapat diketahui dengan membaca angka yang ditunjukkan stabil pada pH meter.

Lampiran 3. Analisis Kadar Air dengan Metode Destilasi (AOAC, 2005)

- Bersihkan seluruh peralatan yang akan digunakan hingga benar-benar bersih dan bebas dari lemak. Keringkan peralatan gelas dalam oven pada suhu 105°C dan dinginkan.
- Timbang sampel sebanyak 5 gram (W_s). Masukkan sampel ke dalam labu destilasi, tambahkan 50 mL pereaksi (toulene, benzene, atau xilen), dan tambahkan batu didih secukupnya.
- Pasangkan labu destilasi dengan kondensor dan tutup labu destilasi menggunakan tutup yang sudah dipasang thermometer dan pastikan air mengalir ke dalam kondensor.
- Nyalakan kompor untuk proses pemanasan selama 30-40 menit dengan suhu rendah.
- Destilat hasil destilasi ditampung pada labu erlenmeyer dan kemudian diukur volumenya menggunakan gelas ukur (V_s)
- Perhitungan

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{V_s}{W_s} \times FD \times 100\%$$

$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{V_s}{W_s} \times FD \times 100\%$
--

Keterangan :

W_s = Berat sampel (g)

V_s = Volume destilat (mL)

FD = Faktor Destilasi

Perhitungan faktor destilasi

$$\text{Faktor Destilasi (FD)} = \frac{W}{V}$$

Keterangan :

W = Berat air yang akan didestilasi (g)

V = Berat air hasil destilasi (mL)

FD = Faktor Destilasi (g/mL)

Lampiran 4. Analisis Aktivitas Air (Aw) dengan Menggunakan Aw Meter (AOAC, 2005)

Pengujian Aw madu dilakukan dengan pengambilan sampel ke dalam wadah sampel sampai terisi setengahnya kemudian disimpan ke dalam alat Aw meter lalu dilakukan pembacaan Aw oleh alat.

Lampiran 5. Analisis Kadar Gula Pereduksi dengan Metode *LuffSchroorl* (AOAC, 2005)

- Pembakuan larutan Natrium Tiosulfat
 1. KIO₃ (yang telah dikeringkan dalam oven 120°C selama 1 jam) ditimbang sebanyak 50 gram, lalu dimasukkan ke dalam Erlenmeyer.
 2. Air ditimbang sebanyak 25 mL dan diaduk sampai larut sempurna.
 3. Larutan KI 20% sebanyak 10 mL dan larutan H₂SO₄ (Asam Sulfat) 6N sebanyak 25 mL ditambahkan, lalu ditutup dan dibiarkan selama 5 menit ditempat yang gelap.
 4. Dilakukan titrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ (Natrium Tiosulfat) sampai terbentuk warna kuning muda, lalu larutan kanji sebanyak 25 mL ditambahkan.
 5. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang.
 6. Normalitas larutan Na₂S₂O₃ (Natrium Tiosulfat) baku dilakukan perhitungan.
- Penentuan kadar gula sebelum inversi
 1. Sampel sebanyak 2-5gram ditimbang, lalu masukkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan aquadest sampai dengan tanda batas.

2. Erlenmeyer dan pipet 10 mL masing-masing sebanyak 2 buah disiapkan dan air sebagai blanko.
3. 10 mL larutan LuffSchoorl dipipet dan diaduk sampai homogen.
4. Selama 10 menit dilakukan pemanasan di atas penangas air (selama pemanasan permukaan air mendidih selalu berada sekitar 2 cm di atas permukaan cairan dalam Erlenmeyer).
5. Didinginkan dengan air dingin yang mengalir.
6. 5 mL larutan asam sulfat 6N ditambahkan dan diaduk sampai homogen.
7. 1,5 gram KI ditambahkan dan diaduk sampai semua endapan larut.
8. Larutan H₂SO₄ (Asam Sulfat) baku dilakukan titrasi sampai terbentuk warna kuning muda, ditambahkan 2,5 mL larutan kanji.
9. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang.
10. Volume larutan H₂SO₄ (Asam Sulfat) baku yang dibutuhkan dicatat untuk titrasi larutan percobaan dan blanko.

$$\text{mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{(V_b - V_s) \times \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{0,1}$$

$$\text{mg Gula Pereduksi} = d + \frac{(b-a)}{(c-a)} \times (e - d)$$

$$\text{Kadar Gula Pereduksi (\%)} = \frac{\text{mg gula pereduksi}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\%$$

Lampiran 6. Analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) (Karlina et al., 2025)

Alat Particle Size Analyzer (PSA) dengan type Malvern digunakan untuk mengukur ukuran partikel. Alat PSA harus dipanaskan terlebih dahulu selama kurang lebih 20 menit sebelum digunakan. Alat tersebut kemudian dinyalakan, disusul dengan perangkat komputer yang terpasang. Bentuk grafik distribusi umum digunakan bersama dengan prosedur otomatis. Kuvet yang bersih diisi sampel hingga 2/3 penuh. Setelah itu, penutup sensor alat ditempatkan di atas kuvet yang menampung sampel. Dengan memilih opsi "Temp.Panel", suhu awalnya dikondisikan pada 25°C sebelum diukur. Dengan memilih "Auto1" dari menu, pengukuran standar dimulai. Program ini kemudian akan secara otomatis menentukan ukuran partikel.

Lampiran 7. Analisis Viskositas dengan Viscometer Brookfield (Dianingsih et al., 2016)

Pengujian dilakukan dengan mengamati viskositas madu menggunakan viskometer brookfield. Pengujian diawali dengan memasukkan madu 20 mL ke dalam gelas, pengukuran dilakukan pada suhu 60°C kemudian masukkan spindle dari viscometer. Nilai viskositas diperoleh melalui rumus sebagai berikut.

$$\text{Nilai Viskositas} = \text{Nilai pengukuran} \times \text{faktor}$$

Lampiran 8. Analisis Intensitas Warna dengan Chromameter (Konita Minolta, 2002)

Tahap pengukuran diawali dengan menyalakan color reader dengan menekan tombol on. Sensor alat color reader ditempelkan pada bagian permukaan madu dan ditekan tombol test. Nilai L* (nilai gelap hingga cerah), a* (nilai merah hingga hijau), b* (nilai kuning hingga biru) yang tertera pada layar monitor dicatat.

Lampiran 9. Analisis Total Padatan Terlarut dengan Refractometer (Wahyudi dan Dewi, 2017)

Prisma refraktometer dibilas dengan akuades terlebih dahulu dan diseka dengan kain lembut. Permukaan prisma refraktometer ditetesi sampel sebanyak 2 – 3 tetes dan diratakan hingga menutupi seluruh permukaan prisma. Derajat Brix dihitung dengan membaca skala refraktometer.

Lampiran 10. Analisis Waktu Larut (Husni et al., 2020)

Pengujian waktu larut dilakukan untuk mengetahui kecepatan granul instan larut dalam air. Sebanyak 20 gram granul ditimbang, kemudian dilarutkan ke dalam 200 mL air dingin sambil diaduk secara kontinu. Waktu yang dibutuhkan hingga seluruh granul larut dicatat menggunakan stopwatch. Kriteria waktu larut yang baik adalah kurang dari 5 menit.

Lampiran 11. Perhitungan Kebutuhan Sampel Madu Fortifikasi

Tabel 41. Perhitungan kebutuhan sampel madu fortifikasi

No	Analisis	Bahan	Kebutuhan	Total (gram)
1.	pH	Madu Fortifikasi	2 gram x 9 sampel	18
2.	Kadar Gula Pereduksi	Madu Fortifikasi	2 gram x 9 sampel	18
3.	Kadar Antioksidan	Madu Fortifikasi	3 gram x 9 sampel	27
4.	Kadar Air	Madu Fortifikasi	5 gram x 9 sampel	45
5.	Aw	Madu Fortifikasi	2 gram x 9 sampel	18
6.	Ukuran Partikel	Madu Fortifikasi	2 gram x 9 sampel	18
7.	Intensitas Warna	Madu Fortifikasi	2 gram x 9 sampel	18
8.	Viskositas	Madu Fortifikasi	25 gram x 9 sampel	225
9.	Total Padatan Terlarut	Madu Fortifikasi	2 gram x 9 sampel	18
10.	Waktu Larut	Madu Fortifikasi	5 gram x 9 sampel	45
Total				477

Basis madu fortifikasi yang dibutuhkan penelitian utama = 477 gram $\approx$ 500 g

Lampiran 12. Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku

Tabel 42. Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku

No	Nama Bahan	Harga	Keterangan	Jumlah	Total
1.	Bubuk bunga telang	Rp50.000	Kg	1	Rp50.000
2.	Bubuk daun Kelor	Rp50.000	Kg	1	Rp50.000
3.	Bubuk nanas	Rp100.000	Kg	1	Rp100.000
4.	Madu Murni	Rp100.000	Kg	1	Rp100.000
Total					Rp300.000

Lampiran 13. Perhitungan Rincian Biaya Analisis Penelitian

Tabel 43. Rincian Biaya Analisis Penelitian

No	Analisis	Jumlah Sampel	Harga	Jumlah
1.	pH	13	Rp3.000	Rp39.000
2.	Kadar gula pereduksi metode <i>Luffschoorl</i>	13	Rp25.000	Rp325.000
3.	Kadar antioksidan metode DPPH	13	Rp200.000	Rp2.600,000
4.	Kadar air metode destilasi	13	Rp5.000	Rp65.000
5.	Aw	13	Rp0	Rp0
5.	Ukuran Partikel	13	Rp0	Rp0
6.	Intensitas warna	13	Rp15.000	Rp195.000
7.	Viskositas	10	Rp15.000	Rp150.000
8.	Total padatan terlarut	10	Rp5.000	Rp50.000
9.	Waktu larut	13	Rp0	Rp0
Total				Rp3.424.000

Lampiran 14. Perhitungan Analisis Penelitian Pendahuluan Aktivitas Antioksidan

Perhitungan Analisis Aktivitas Antioksidan

a. Madu Murni

Tabel 44. Data Hasil Penelitian Pendahuluan Analisis Aktivitas Antioksidan

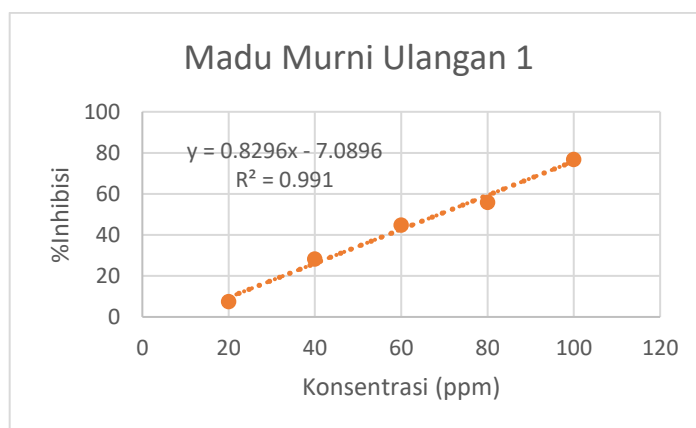
Bahan Baku	Aktivitas Antioksidan/IC ₅₀ (ppm)
Madu Murni	68,82
Bunga Telang	95,88
Daun Kelor	85,94
Nanas	99,82

Tabel 45. Hasil Analisis Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Madu Murni

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi				%Inhibisi 1	%Inhibisi 2	%Inhibisi 3
	Blanko	U1	U2	U3			
20	0,804	0,743	0,745	0,742	7,587	7,338	7,711
40	0,804	0,576	0,575	0,577	28,358	28,483	28,234
60	0,804	0,444	0,447	0,443	44,776	44,403	44,900
80	0,804	0,354	0,352	0,353	55,970	56,219	56,095
100	0,804	0,187	0,188	0,187	76,741	76,617	76,741
IC ₅₀		68,816	68,883	68,756	Ic ₅₀ = 68,82		
Rata-rata		68,82					

Keterangan :

$$\% \text{Inhibisi} = \frac{A \text{ Blanko} - A \text{ Sampel}}{A \text{ Blanko}} \times 100\%$$



Gambar 16. Kurva Aktivitas Antioksidan Madu Murni Ulangan 1

Perhitungan mencari IC₅₀ ulangan 1:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

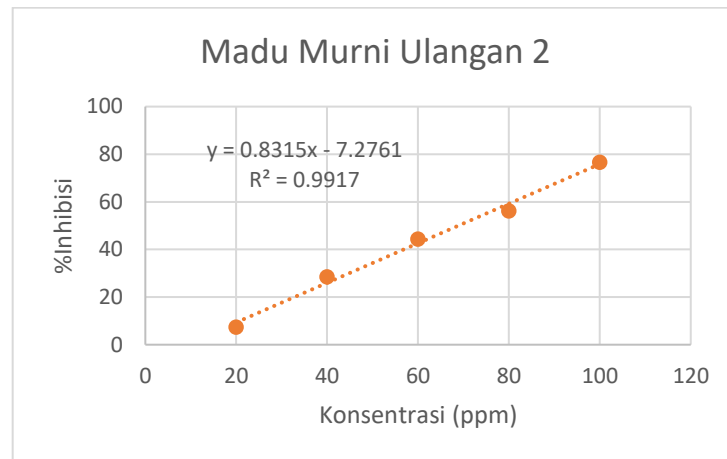
$$a = 0,8296$$

$$b = - 7,0896$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50 + 7,0896}{0,8296} = IC_{50} = 68,82 \text{ ppm}$$



Gambar 17. Kurva Aktivitas Antioksidan Madu Murni Ulangan 2

Perhitungan mencari IC_{50} ulangan 2:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

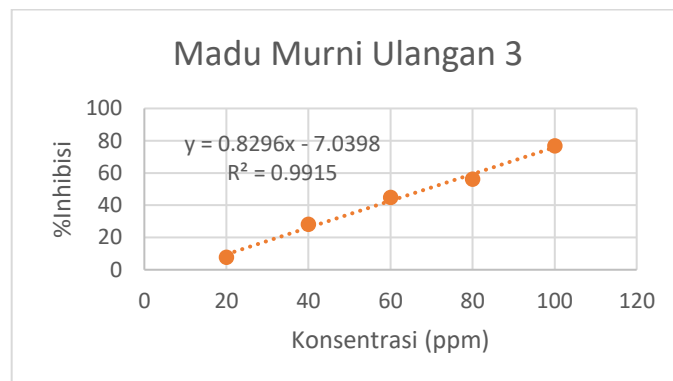
$$a = 0,8315$$

$$b = - 7,2761$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50 + 7,2761}{0,8315} = IC_{50} = 68,88 \text{ ppm}$$



Gambar 18. Kurva Aktivitas Antioksidan Madu Murni Ulangan 3

Perhitungan mencari IC_{50} ulangan 3:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

$$a = 0,8296$$

$$b = - 7,0398$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50+7,0398}{0,8296} = IC_{50} = 68,76 \text{ ppm}$$

Perhitungan rata rata IC_{50} Madu Murni :

$$IC_{50} = \frac{68,82+68,88+68,77}{3}$$

$$IC_{50} = 68,82$$

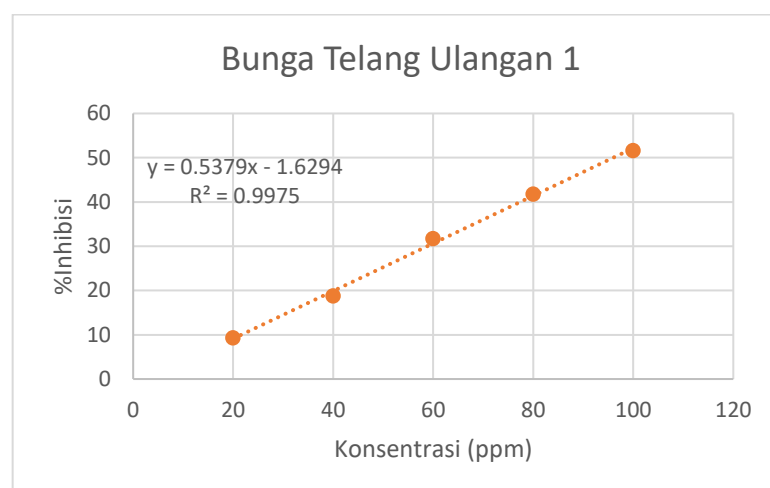
b. Bunga Telang

Tabel 46. Hasil Analisis Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Bunga Telang

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi				%Inhibisi 1	%Inhibisi 2	%Inhibisi 3
	Blanko	U1	U2	U3			
20	0,804	0,729	0,727	0,728	9,328	9,577	9,453
40	0,804	0,653	0,655	0,656	18,781	18,532	18,408
60	0,804	0,549	0,549	0,550	31,716	31,716	31,592
80	0,804	0,468	0,468	0,467	41,791	41,791	41,915
100	0,804	0,389	0,388	0,387	51,617	51,741	51,866
IC ₅₀		95,983	95,937	95,723	Ic ₅₀ = 95,88		
Rata-rata		95,88					

Keterangan: :

$$\% \text{Inhibisi} = \frac{A \text{ Blanko} - A \text{ Sampel}}{A \text{ Blanko}} \times 100\%$$



Gambar 19. Kurva Aktivitas Antioksidan Bunga Telang Ulangan 1

Perhitungan mencari IC₅₀ Ulangan 1:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

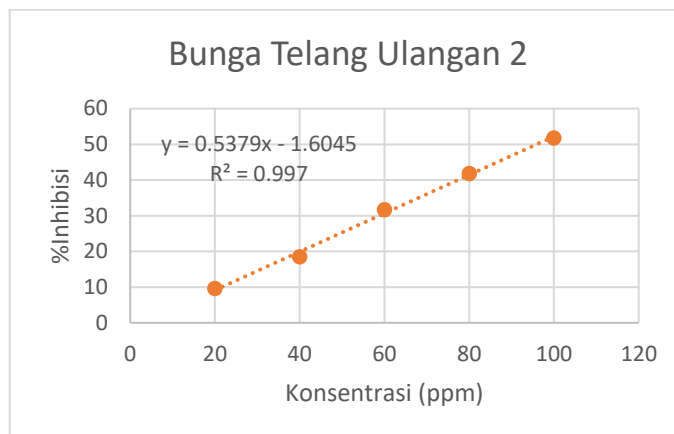
$$a = 0,5379$$

$$b = - 1,6294$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50 + 1,6294}{0,5379} = IC_{50} = 95,98 \text{ ppm}$$



Gambar 20. Kurva Aktivitas Antioksidan Bunga Telang Ulangan 2

Perhitungan mencari IC_{50} Ulangan 2:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

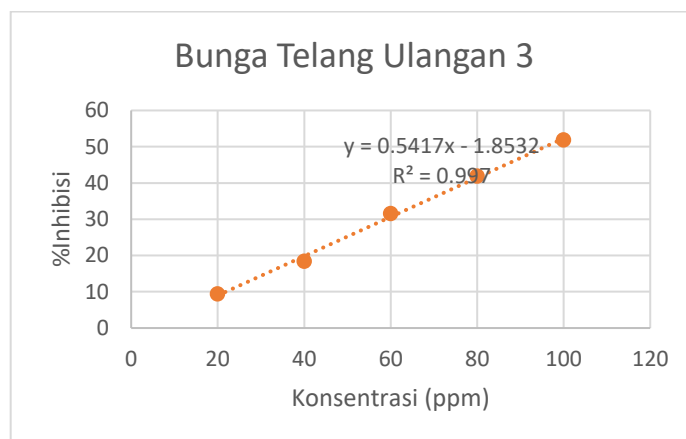
$$a = 0,5379$$

$$b = - 1,6045$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50 + 1,6045}{0,5379} = IC_{50} = 95,83 \text{ ppm}$$



Gambar 21. Kurva Aktivitas Antioksidan Bunga Telang Ulangan 3

Perhitungan mencari IC_{50} Ulangan 3:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

$$a = 0,5417$$

$$b = - 1,8532$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50+1,8532}{0,5417} = IC_{50} = 95,72 \text{ ppm}$$

Perhitungan rata rata IC_{50} Bunga Telang :

$$IC_{50} = \frac{95,98+95,93+95,72}{3}$$

$$IC_{50} = 95,88$$

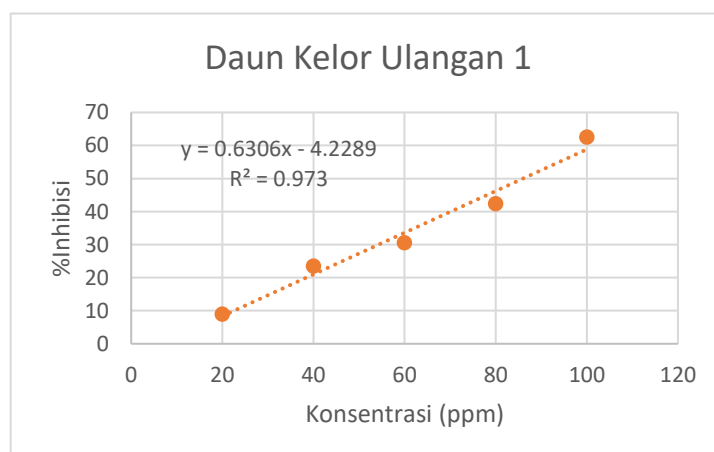
c. Daun Kelor

Tabel 47. Hasil Analisis Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Daun Kelor

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi				%Inhibisi 1	%Inhibisi 2	%Inhibisi 3
	Blanko	U1	U2	U3			
20	0,804	0,732	0,733	0,734	9,328	9,577	9,453
40	0,804	0,615	0,628	0,618	18,781	18,532	18,408
60	0,804	0,558	0,557	0,556	31,716	31,716	31,592
80	0,804	0,463	0,461	0,464	41,791	41,791	41,915
100	0,804	0,301	0,300	0,300	51,617	51,741	51,866
IC ₅₀		86,00	85,91	85,91	Ic ₅₀ = 85,94		
Rata-rata		85,94					

Keterangan: :

$$\% \text{Inhibisi} = \frac{A \text{ Blanko} - A \text{ Sampel}}{A \text{ Blanko}} \times 100\%$$



Gambar 22. Kurva Aktivitas Antioksidan Daun Kelor Ulangan 1

Perhitungan mencari IC₅₀ Ulangan 1:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

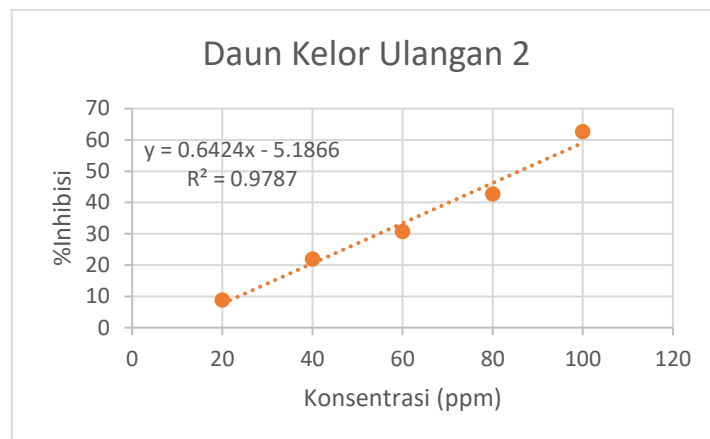
$$a = 0,6306$$

$$b = - 4,2289$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50 + 4,2289}{0,6306} = IC_{50} = 86 \text{ ppm}$$



Gambar 23. Kurva Aktivitas Antioksidan Daun Kelor Ulangan 2

Perhitungan mencari IC_{50} Ulangan 2:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

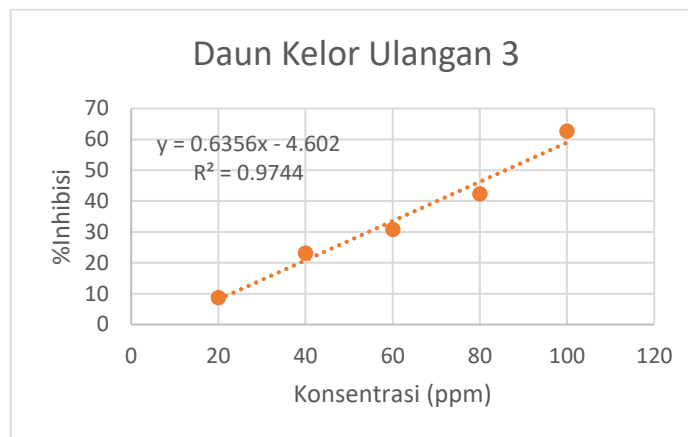
$$a = 0,6424$$

$$b = - 5,1866$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50 + 5,1866}{0,6424} = IC_{50} = 85,91 \text{ ppm}$$



Gambar 24. Kurva Aktivitas Antioksidan Daun Kelor Ulangan 3

Perhitungan mencari IC_{50} Ulangan 3:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

$$a = 0,6356$$

$$b = - 4,602$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50+4,602}{0,6356} = IC_{50} = 85,91 \text{ ppm}$$

Perhitungan rata rata IC_{50} daun kelor :

$$IC_{50} = \frac{86+85,91+85,91}{3}$$

$$IC_{50} = 85,94$$

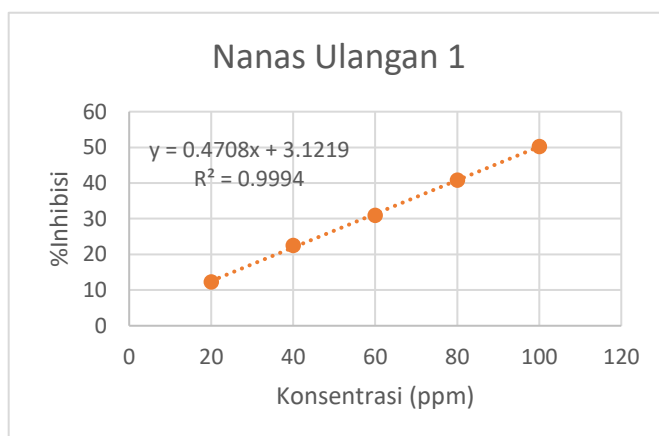
d. Nanas

Tabel 48. Hasil Analisis Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Nanas

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi				%Inhibisi 1	%Inhibisi 2	%Inhibisi 3
	Blanko	U1	U2	U3			
20	0,804	0,705	0,707	0,707	12,313	12,065	12,065
40	0,804	0,623	0,626	0,624	22,515	22,139	22,388
60	0,804	0,555	0,558	0,555	30,970	30,597	30,970
80	0,804	0,476	0,480	0,478	40,796	40,299	40,547
100	0,804	0,400	0,401	0,400	50,249	50,124	50,249
IC ₅₀		99,57	100,21	99,69	Ic ₅₀ = 99,82		
Rata-rata		99,82					

Keterangan: :

$$\% \text{Inhibisi} = \frac{A \text{ Blanko} - A \text{ Sampel}}{A \text{ Blanko}} \times 100\%$$



Gambar 25. Kurva Aktivitas Antioksidan Nanas Ulangan 1

Perhitungan mencari IC₅₀ Ulangan 1:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

$$a = 0,4708$$

$$b = 3,1219$$

$$y = 50$$

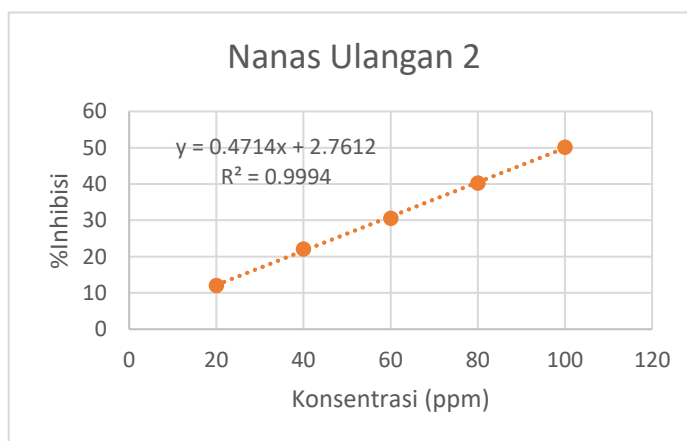
Maka :

$$x = \frac{50 - 3,1219}{0,4708} = IC_{50} = 99,57 \text{ ppm}$$

Perhitungan rata rata IC_{50} daun kelor :

$$IC_{50} = \frac{86 + 85,91 + 85,91}{3}$$

$$IC_{50} = 85,94$$



Gambar 26. Kurva Aktivitas Antioksidan Nanas Ulangan 2

Perhitungan mencari IC_{50} :

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

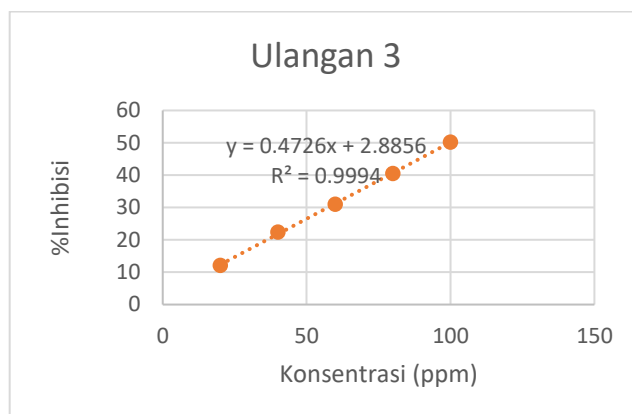
$$a = 0,4714$$

$$b = 2,7612$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50 + 2,7612}{0,4714} = IC_{50} = 100,21 \text{ ppm}$$



Gambar 27. Kurva Aktivitas Antioksidan Nanas Ulangan 3

Perhitungan mencari IC_{50} :

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

$$a = 0,4726$$

$$b = 2,8856$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50+2,8856}{0,4726} = IC_{50} = 99,70 \text{ ppm}$$

Perhitungan rata rata IC_{50} nanas :

$$IC_{50} = \frac{99,57+100,21+99,69}{3}$$

$$IC_{50} = 99,82$$

Lampiran 15. Perhitungan Analisis Penelitian Pendahuluan Kadar Air

$$\text{Faktor Destilasi} = \frac{V \text{ air hasil destilasi}}{V \text{ air yang dipipet}}$$

$$= \frac{4,251}{4,200}$$

$$= 1,0121$$

a. Madu Murni***Ulangan 1**

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram

Bobot Air = 1 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{1 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 20,24\%$$

***Ulangan 2**

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram

Bobot Air = 1 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{1 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 20,24\%$$

***Ulangan 3**

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram

Bobot Air = 1,1 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{1,1 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 22,26\%$$

Rata-rata kadar air madu murni :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{20,24 + 20,24 + 22,26}{3}$$

$$\text{Kadar air (\%)} = 20,91\%$$

b. Bunga Telang

***Ulangan 1**

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram
Bobot air = 0,4 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{0,4 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 8,10\%$$

***Ulangan 2**

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram
Bobot air = 0,5 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{0,5 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 10,12\%$$

***Ulangan 3**

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram
Bobot air = 0,5 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{0,5 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 10,12\%$$

Rata-rata kadar air bunga telang :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{8,10 + 10,12 + 10,12}{3}$$

$$\text{Kadar air (\%)} = 9,45\%$$

c. Daun Kelor

*Ulangan 1

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram
Bobot = 0,4 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{0,4 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 8,10\%$$

*Ulangan 2

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram
Bobot = 0,4 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{0,4 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 8,10\%$$

*Ulangan 3

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram
Bobot = 0,4 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{0,4 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 8,10\%$$

Rata-rata kadar air daun kelor :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{8,10+8,10+8,10}{3}$$

$$\text{Kadar air (\%)} = 8,10\%$$

d. Nanas***Ulangan 1**

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram

Bobot Air = 0,4 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{0,4 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 8,10\%$$

***Ulangan 2**

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram

Bobot Air = 0,4 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{0,4 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 8,10\%$$

***Ulangan 3**

Diketahui : Bobot Sampel = 5 gram

Bobot Air = 0,5 mL

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Bobot air (g)} \times \text{FD}}{\text{Bobot sampel (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{0,5 \times 1,0121}{5} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 10,12\%$$

Rata-rata kadar air nanas :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{8,10 + 8,10 + 10,12}{3}$$

$$\text{Kadar air (\%)} = 8,78\%$$

Lampiran 16. Perhitungan Analisis Penelitian Pendahuluan Kadar Gula Pereduksi

Diketahui :

Blanko = 14,3 mL

FP = 10

a. Madu Murni

***Ulangan 1, Ulangan 2, Ulangan 3 memiliki hasil yang sama**

Diketahui :

V Titration = 1,5 mL

Perhitungan :

Volume tio = V Blanko – V Titration

$$= 14,3 \text{ mL} - 1,5 \text{ mL} = 12,8 \text{ mL}$$

Interpolasi mencari mg gula :

$$a = 12 \text{ mL} \quad d = 30,3 \text{ mg}$$

$$b = 12,8 \text{ mL} \quad x =$$

$$c = 13 \text{ mL} \quad e = 33 \text{ mg}$$

$$x = d + \frac{(b-a)}{(c-a)} (e - d)$$

$$x = 30,3 + \frac{(12,8-12)}{(13-12)} (33 - 30,3)$$

$$x = 32,46 \text{ mg gula}$$

$$\% \text{ Gula Pereduksi} = \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\%$$

$$= \frac{32,46}{500} \times 10 \times 100\%$$

$$= 64,92\%$$

Rata-rata gula pereduksi madu murni :

$$\% \text{Gula Pereduksi Madu Murni} = \frac{64,92+64,92+64,92}{3}$$

$$\% \text{Gula Pereduksi Madu Murni} = 64,92\%$$

b. Bunga Telang

***Ulangan 1**

Diketahui :

$$V \text{ Titration} = 13,4 \text{ mL}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume tio} &= V \text{ Blanko} - V \text{ Titration} \\ &= 14,3 \text{ mL} - 13,4 \text{ mL} = 0,9 \text{ mL} \end{aligned}$$

Interpolasi mencari mg gula :

$$\begin{array}{ll} a = 0 \text{ mL} & d = 0 \text{ mg} \\ b = 0,9 \text{ mL} & x = \\ c = 1 \text{ mL} & e = 2,4 \text{ mg} \end{array}$$

$$x = d + \frac{(b-a)}{(c-a)} (e - d)$$

$$x = 0 + \frac{(0,9-0)}{(1-0)} (2,4 - 0)$$

$$x = 2,16 \text{ mg gula}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Gula Pereduksi} &= \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\% \\ &= \frac{2,16}{500} \times 10 \times 100\% \\ &= 4,32\% \end{aligned}$$

***Ulangan 2**

Diketahui :

$$V \text{ Titration} = 13,3 \text{ mL}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume tio} &= V \text{ Blanko} - V \text{ Titration} \\ &= 14,3 \text{ mL} - 13,3 \text{ mL} = 1 \text{ mL} \end{aligned}$$

Nilai mg gula : 2,5 mg gula

$$\begin{aligned} \% \text{ Gula Pereduksi} &= \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\% \\ &= \frac{2,4}{500} \times 10 \times 100\% \\ &= 4,8\% \end{aligned}$$

***Ulangan 3**

Diketahui :

$$V \text{ Titrasi} = 13,3 \text{ mL}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume tio} &= V \text{ Blanko} - V \text{ Titrasi} \\ &= 14,3 \text{ mL} - 13,3 \text{ mL} = 1 \text{ mL} \end{aligned}$$

Nilai mg gula : 2,5 mg gula

$$\begin{aligned} \% \text{ Gula Pereduksi} &= \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\% \\ &= \frac{2,4}{500} \times 10 \times 100\% \\ &= 4,8\% \end{aligned}$$

Rata-rata gula pereduksi bunga telang :

$$\% \text{Gula Pereduksi Bunga Telang} = \frac{4,8+4,8+4,32}{3}$$

$$\% \text{Gula Pereduksi Bunga Telang} = 4,64\%$$

c. Daun Kelor

*Ulangan 1

Diketahui :

$$V \text{ Titrasi} = 14,1 \text{ mL}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume tio} &= V \text{ Blanko} - V \text{ Titrasi} \\ &= 14,3 \text{ mL} - 14,1 \text{ mL} = 0,2 \text{ mL} \end{aligned}$$

Interpolasi mencari mg gula :

$$\begin{array}{ll} a = 0 \text{ mL} & d = 0 \text{ mg} \\ b = 0,2 \text{ mL} & x = \\ c = 1 \text{ mL} & e = 2,4 \text{ mg} \end{array}$$

$$x = d + \frac{(b-a)}{(c-a)} (e - d)$$

$$x = 0 + \frac{(0,2-0)}{(1-0)} (2,4 - 0)$$

$$x = 0,48 \text{ mg gula}$$

$$\% \text{ Gula Pereduksi} = \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\%$$

$$= \frac{0,48}{500} \times 10 \times 100\%$$

$$= 0,96 \%$$

***Ulangan 2**

Diketahui :

$$V \text{ Titration} = 14,2 \text{ mL}$$

Perhitungan :

$$\text{Volume tio} = V \text{ Blanko} - V \text{ Titration}$$

$$= 14,3 \text{ mL} - 14,2 \text{ mL} = 0,1 \text{ mL}$$

Interpolasi mencari mg gula :

a = 0 mL	d = 0 mg
b = 0,1 mL	x =
c = 1 mL	e = 2,4 mg

$$x = d + \frac{(b-a)}{(c-a)} (e - d)$$

$$x = 0 + \frac{(0,1-0)}{(1-0)} (2,4 - 0)$$

$$x = 0,24 \text{ mg gula}$$

$$\% \text{ Gula Pereduksi} = \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\%$$

$$= \frac{0,24}{500} \times 10 \times 100\%$$

$$= 0,48 \%$$

***Ulangan 3**

Diketahui :

$$V \text{ Titration} = 14,1 \text{ mL}$$

Perhitungan :

$$\text{Volume tio} = V \text{ Blanko} - V \text{ Titration}$$

$$= 14,3 \text{ mL} - 14,1 \text{ mL} = 0,2 \text{ mL}$$

Interpolasi mencari mg gula :

a = 0 mL	d = 0 mg
b = 0,2 mL	x =
c = 1 mL	e = 2,4 mg

$$x = d + \frac{(b-a)}{(c-a)} (e - d)$$

$$x = 0 + \frac{(0,2-0)}{(1-0)} (2,4 - 0)$$

$$x = 0,48 \text{ mg gula}$$

$$\% \text{ Gula Pereduksi} = \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\%$$

$$= \frac{0,48}{500} \times 10 \times 100\%$$

$$= 0,96 \%$$

Rata-rata gula pereduksi daun kelor :

$$\% \text{Gula Pereduksi Daun Kelor} = \frac{0,96+0,48+0,96}{3}$$

$$\% \text{Gula Pereduksi Daun Kelor} = 0,8\%$$

d. Nanas

***Ulangan 1**

Diketahui :

$$V \text{ Titration} = 13,2 \text{ mL}$$

Perhitungan :

$$\text{Volume tio} = V \text{ Blanko} - V \text{ Titration}$$

$$= 14,3 \text{ mL} - 13,2 \text{ mL} = 1,1 \text{ mL}$$

Interpolasi mencari mg gula :

$$a = 1 \text{ mL} \qquad d = 2,4 \text{ mg}$$

$$b = 1,1 \text{ mL} \qquad x =$$

$$c = 2 \text{ mL} \qquad e = 4,8 \text{ mg}$$

$$x = d + \frac{(b-a)}{(c-a)} (e - d)$$

$$x = 2,4 + \frac{(1,1-1)}{(2-1)} (4,8 - 2,4)$$

$$x = 2,64 \text{ mg gula}$$

$$\% \text{ Gula Pereduksi} = \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\%$$

$$= \frac{2,64}{500} \times 10 \times 100\%$$

$$= 5,28 \%$$

***Ulangan 2**

Diketahui :

$$V \text{ Titration} = 13 \text{ mL}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume tio} &= V \text{ Blanko} - V \text{ Titration} \\ &= 14,3 \text{ mL} - 13 \text{ mL} = 1,3 \text{ mL} \end{aligned}$$

Interpolasi mencari mg gula :

$$\begin{array}{ll} a = 1 \text{ mL} & d = 2,4 \text{ mg} \\ b = 1,3 \text{ mL} & x = \\ c = 2 \text{ mL} & e = 4,8 \text{ mg} \end{array}$$

$$x = d + \frac{(b-a)}{(c-a)} (e - d)$$

$$x = 2,4 + \frac{(1,3-1)}{(2-1)} (4,8 - 2,4)$$

$$x = 3,12 \text{ mg gula}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Gula Pereduksi} &= \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\% \\ &= \frac{3,12}{500} \times 10 \times 100\% \\ &= 6,24 \% \end{aligned}$$

***Ulangan 3**

$$V \text{ Titration} = 13,3 \text{ mL}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume tio} &= V \text{ Blanko} - V \text{ Titration} \\ &= 14,3 \text{ mL} - 13,3 \text{ mL} = 1 \text{ mL} \end{aligned}$$

Nilai mg gula : 2,4 mg gula

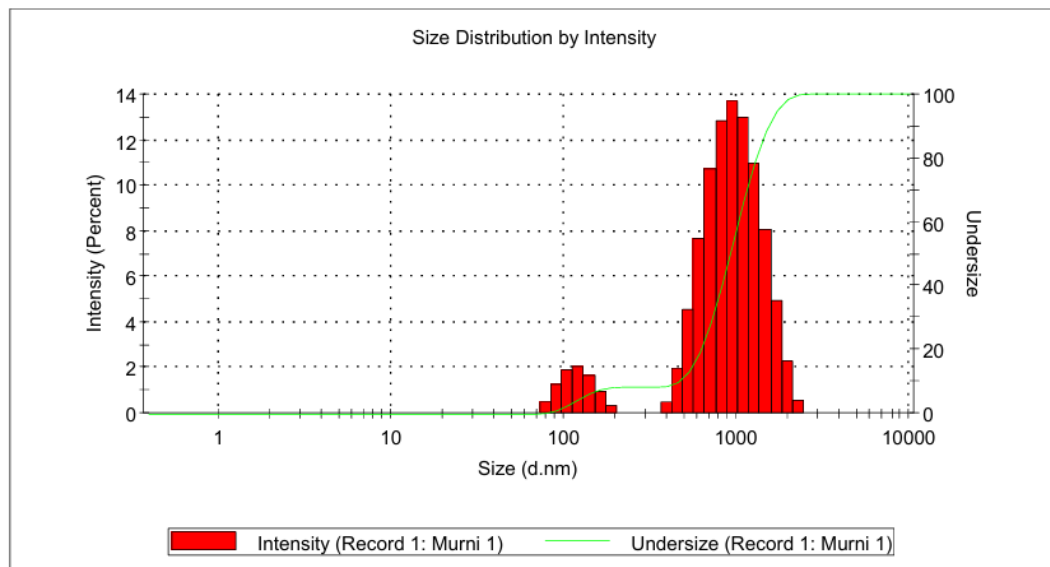
$$\begin{aligned} \% \text{ Gula Pereduksi} &= \frac{\text{mg gula}}{\text{mg sampel}} \times \text{FP} \times 100\% \\ &= \frac{2,4}{500} \times 10 \times 100\% \\ &= 4,8\% \end{aligned}$$

Rata-rata gula pereduksi nanas :

$$\% \text{Gula Pereduksi Nanas} = \frac{5,28+6,24+4,8}{3}$$

%Gula Pereduksi Nanas = 5,44%

Lampiran 17. Grafik Analisis Penelitian Pendahuluan PSA



Gambar 28. Kurva Analisis PSA Madu Murni

Lampiran 18. Perhitungan Analisis Penelitian Pendahuluan Total Padatan Terlarut

Madu Murni

Hasil pembacaan alat refraktometer = 14,8 ° Brix

Interpolasi mencari °Brix :

$$\begin{aligned}
 a &= 10 \text{ mL} & d &= 0,36 \\
 b &= 14,8 \text{ mL} & x &= \\
 c &= 15 \text{ mL} & e &= 0,37 \text{ mg} \\
 x &= d + \frac{(b-a)}{(c-a)} (e - d)
 \end{aligned}$$

$$x = 0,36 + \frac{(14,8-10)}{(15-10)} (0,37 - 0,36)$$

$$x = 0,3696 = 0,37$$

Perhitungan Total Padatan Terlarut :

$$\text{TPT} = 14,8 + 0,37$$

$$\text{TPT} = 15,17 \times 5$$

$$\text{TPT} = 75,85 \text{ ° Brix}$$

Lampiran 19. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Antioksidan Madu Fortifikasi

Tabel 49. Hasil Analisis Utama Aktivitas Antioksidan

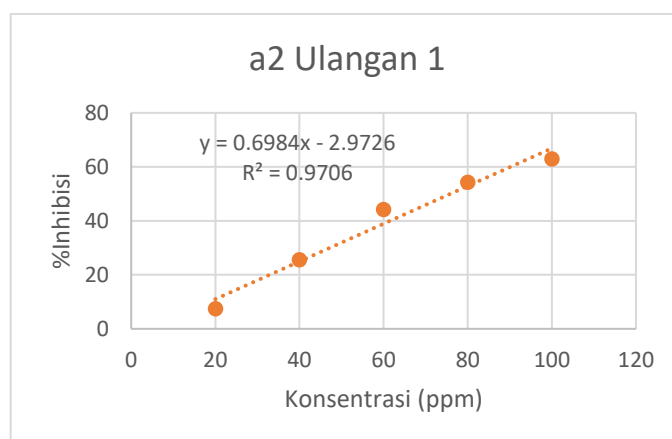
Kode Sampel	Aktivitas Antioksidan/IC ₅₀ (ppm)
a1	87,60
a2	75,83
a3	92,23

Tabel 50. Hasil Analisis Sampel IC₅₀ Tertinggi (a2)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi				%Inhibisi	%Inhibisi	%Inhibisi
	Blanko	U1	U2	U3	1	2	3
20	0,804	0.744	0.745	0.743	7.463	7.338	7.587
40	0,804	0.598	0.596	0.597	25.622	25.871	25.746
60	0,804	0.448	0.449	0.450	44.279	44.154	44.030
80	0,804	0.367	0.366	0.366	54.353	54.478	54.478
100	0,804	0.298	0.297	0.299	62.935	63.060	62.811
IC ₅₀		75.849	75.742	75.907	IC ₅₀ = 75.83 ± 0.08		
Rata-rata		75.83					
Stdev		0.08					

Keterangan: :

$$\% \text{Inhibisi} = \frac{A \text{ Blanko} - A \text{ Sampel}}{A \text{ Blanko}} \times 100\%$$



Gambar 29. Kurva Aktivitas Antioksidan Kode Sampel a2 Ulangan 1

Perhitungan mencari IC₅₀ ulangan 1:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

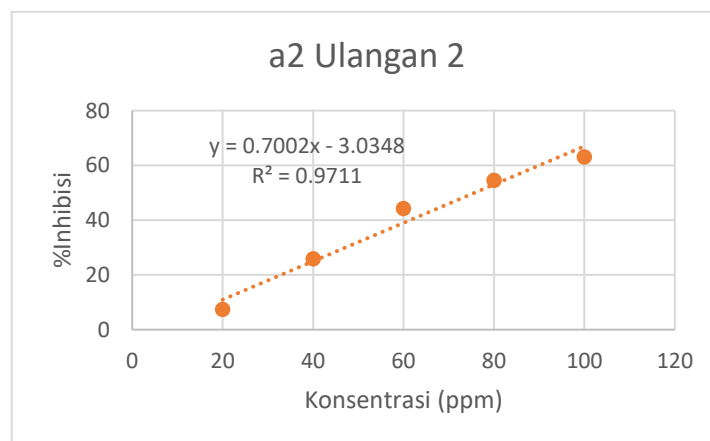
$$a = 0,6984$$

$$b = - 2,9726$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50+2,9726}{0,6984} = IC_{50} = 75,83 \text{ ppm}$$



Gambar 30. Kurva Aktivitas Antioksidan Kode Sampel a2 Ulangan 2

Perhitungan mencari IC_{50} ulangan 2:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

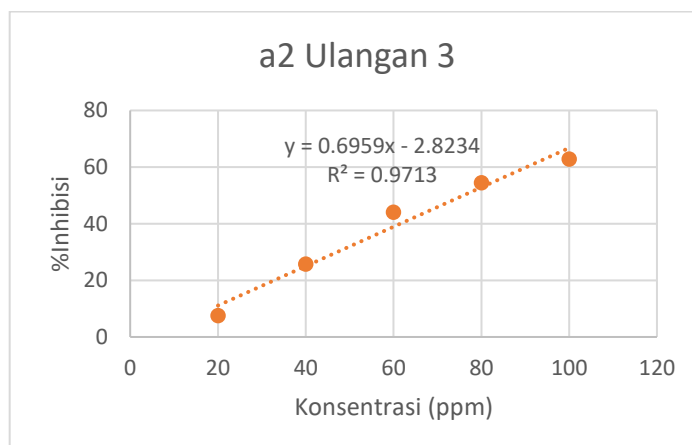
$$a = 0,7002$$

$$b = - 3,0348$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50+3,0348}{0,7002} = IC_{50} = 75,742 \text{ ppm}$$



Gambar 31. Kurva Aktivitas Antioksidan Kode Sampel a2 Ulangan 3

Perhitungan mencari IC_{50} ulangan 3:

$$y = ax + b$$

$$ax = y - b$$

$$x = \frac{y-b}{a}$$

$$IC_{50} = \frac{50-b}{a}$$

$$a = 0,6959$$

$$b = - 2,8234$$

$$y = 50$$

Maka :

$$x = \frac{50+2,8234}{0,6959} = IC_{50} = 75,907 \text{ ppm}$$

Perhitungan rata rata IC_{50} madu fortifikasi tertinggi (a2) :

$$IC_{50} = \frac{75,849+75,742+75,907}{3}$$

$$IC_{50} = 75,83$$

Tabel 51. Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan Madu Fortifikasi

Ulangan	Aktivitas Antioksidan			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	87.52	75.85	92.34	255.71	85.24
2	87.45	75.74	92.08	255.27	85.09
3	87.82	75.91	92.26	255.99	85.33
Total	262.79	227.50	276.68	766.97	255.66
Rata-rata	87.60	75.83	92.23	255.66	85.22
Stdev	0.20	0.08	0.13		

Perhitungan ANAVA Analisis Aktivitas Antioksidan Madu Fortifikasi

$$Fk = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 65359,49$$

$$\begin{aligned}
 JKK &= \frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK \\
 &= \frac{(255,71)^2 + (255,27)^2 + (255,99)^2}{3} - 65359,49 \\
 &= 0,08842
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \frac{(\sum a1)^2 + (\sum a2)^2 + (\sum a3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\
 &= \frac{(262,79)^2 + (227,50)^2 + (276,68)^2}{3} - 65359,49 \\
 &= 429
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= ((n_1)^2 + (n_2)^2 + \dots + (n_n)^2) - FK \\
 &= ((87,52)^2 + (87,45)^2 + \dots + (92,26)^2) - 65359,49 \\
 &= 428,68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP - JKK \\
 &= 428,68 - 429 - 0,08842 \\
 &= 0,04
 \end{aligned}$$

Tabel 52. ANAVA Analisis Aktivitas Antioksidan Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.08842	0.04421	4.2726262	6.94	tn
Perlakuan	2	429	214	20708	6.94	*
Galat	4	0.04	0.0103475			
Total	8	428.68				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis aktivitas antioksidan madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 S_y &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0.0103475}{3}} \\
 &= 0,059
 \end{aligned}$$

Tabel 53. Uji Lanjut Duncan Analisis Aktivitas Antioksidan Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a2	75.83	-			a
3.93	0.2308	a1	87.60	11.7640	-		b
4.01	0.2355	a3	92.23	16.3930	4.6290	-	c

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a2 berbeda nyata dengan kode sampel a1 dan a3. Kode perlakuan a1 berbeda nyata dengan kode sampel a2 dan a3. Kode perlakuan a3 berbeda nyata dengan kode perlakuan a1 dan a2.

Lampiran 20. Perhitungan Analisis Penelitian Utama pH Madu Fortifikasi

Tabel 54. Hasil Analisis pH Madu Fortifikasi

Ulangan	pH			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	4.46	4.52	4.26	13.24	4.41
2	4.45	4.58	4.28	13.31	4.44
3	4.47	4.51	4.29	13.27	4.42
Total	13.38	13.61	12.83	39.82	13.27
Rata-rata	4.46	4.54	4.28	13.27	4.42
Stdev	0.01	0.04	0.02		

Perhitungan ANAVA Analisis pH Madu Fortifikasi

$$Fk = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 176,1814$$

$$\begin{aligned} JKK &= \frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK \\ &= \frac{(13,24)^2 + (13,31)^2 + (13,27)^2}{3} - 176,1814 \\ &= 0,00082 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{(\sum a1)^2 + (\sum a2)^2 + (\sum a3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\ &= \frac{(13,38)^2 + (13,61)^2 + (12,83)^2}{3} - 176,1814 \\ &= 0,10709 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKT &= ((n_1)^2 + (n_2)^2 + \dots + (n_n)^2) - FK \\ &= ((4,46)^2 + (4,45)^2 + \dots + (4,29)^2) - 176,1814 \\ &= 0,1106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKP - JKK \\ &= 0,1106 - 0,10709 - 0,00082 \\ &= 0,00271 \end{aligned}$$

Tabel 55. ANAVA Analisis pH Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.00082	0.00041	0.6066	6.94	tn
Perlakuan	2	0.10709	0.05354	79.00	6.94	*
Galat	4	0.00271	0.000678			
Total	8	0.1106				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis pH madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 S_y &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,000678}{3}} \\
 &= 0,015
 \end{aligned}$$

Tabel 56. Uji Lanjut Duncan Analisis pH Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a3	4.277	-			a
3.93	0.05907	a1	4.46	0.18333*	-		b
4.01	0.06027	a2	4.537	0.26*	0.08*	-	c

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a3 berbeda nyata dengan kode sampel a1 dan a2. Kode perlakuan a1 berbeda nyata dengan kode sampel a2 dan a3. Kode perlakuan a2 berbeda nyata dengan kode perlakuan a1 dan a3.

Lampiran 21. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Kadar Air Madu Fortifikasi

Tabel 57. Kadar Analisis Kadar Air Madu Fortifikasi

Ulangan	Kadar Air			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	16.22	14.19	16.19	46.60	15.53
2	16.19	14.17	16.19	46.55	15.52
3	16.19	14.19	17.21	47.59	15.86
Total	48.60	42.55	49.59	140.74	46.91
Rata-rata	16.20	14.18	16.53	46.91	15.64
Stdev	0.02	0.01	0.59		

Perhitungan ANAVA Analisis Kadar Air Madu Fortifikasi

$$FK = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 2200,86$$

$$JKK = \frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(46,60)^2 + (46,55)^2 + (47,59)^2}{3} - 2200,86$$

$$= 0,22936$$

$$JKP = \frac{(\sum a1)^2 + (\sum a2)^2 + (\sum a3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK$$

$$= \frac{(48,60)^2 + (42,55)^2 + (49,59)^2}{3} - 2200,86$$

$$= 9,68269$$

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

$$= ((16,22)^2 + (16,19)^2 + \dots + (14,19)^2) - 2200,86$$

$$= 10,38$$

$$JKG = JKT - JKP - JKK$$

$$= 10,38 - 9,68369 - 0,22936$$

$$= 0,47$$

Tabel 58. ANAVA Analisis Kadar Air Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.22936	0.11468	0.9862398	6.94	tn
Perlakuan	2	9.68269	4.84134	41.6360248	6.94	*
Galat	4	0.47	0.116277778			
Total	8	10.38				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis kadar air madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 S_y &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,01163}{3}} \\
 &= 0,1969
 \end{aligned}$$

Tabel 59. Uji Lanjut Duncan Analisis Kadar Air Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a2	14.1833	-			a
3.93	0.77371	a1	16.2	2.01667*	-		b
4.01	0.78946	a3	16.53	2.34667*	0.33 ^{tn}	-	b

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a2 berbeda nyata dengan kode sampel a1 dan a3. Kode perlakuan a1 berbeda nyata dengan kode sampel a2 tetapi tidak berbeda nyata dengan kode sampel a3. Kode

perlakuan a3 berbeda nyata dengan kode perlakuan a2 tetapi tidak berbeda nyata dengan kode sampel a1.

Lampiran 22. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Aktivitas Air (Aw) Madu Fortifikasi

Tabel 60. Kadar Analisis Aw Madu Fortifikasi

Ulangan	Aktivitas Air (Aw)			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	0.52	0.50	0.59	1.61	0.54
2	0.55	0.49	0.59	1.63	0.54
3	0.52	0.51	0.60	1.63	0.54
Total	1.59	1.50	1.78	4.87	1.62
Rata-rata	0.53	0.50	0.59	1.62	0.54
Stdev	0.02	0.01	0.01		

Perhitungan ANAVA Analisis Aktivitas Air (Aw) Madu Fortifikasi

$$F_k = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 2,64$$

$$\begin{aligned} JKK &= \frac{(\sum K_1)^2 + (\sum K_2)^2 + (\sum K_3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK \\ &= \frac{(1,61)^2 + (1,63)^2 + (1,63)^2}{3} - 2,64 \\ &= 0,00009 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{(\sum a_1)^2 + (\sum a_2)^2 + (\sum a_3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\ &= \frac{(1,59)^2 + (1,50)^2 + (1,78)^2}{3} - 2,64 \\ &= 0,01362 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKT &= ((n_1)^2 + (n_2)^2 + \dots + (n_n)^2) - FK \\ &= ((0,52)^2 + (0,55)^2 + \dots + (0,60)^2) - 2,64 \\ &= 0,01449 \end{aligned}$$

$$JKG = JKT - JKP - JKK$$

$$= 0,01449 - 0,01362 - 0,00009$$

$$= 0,00078$$

Tabel 61. ANAVA Analisis Aktivitas Air (Aw) Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.00009	0.00004	0.2286	6.94	tn
Perlakuan	2	0.01362	0.00681	35.029	6.94	*
Galat	4	0.00078	0.00019			
Total	8	0.01449				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis aktivitas air (Aw) madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 S_y &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,00019}{3}} \\
 &= 0,00805
 \end{aligned}$$

Tabel 62. Uji Lanjut Duncan Analisis Aktivitas Air (Aw) Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a2	0.50	-			a
3.93	0.01196	a1	0.63	0.03000*	-		b
4.01	0.01220	a3	0.59	0.09333*	0.06333*	-	c

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a2 berbeda nyata dengan kode sampel a1 dan a3. Kode perlakuan a1 berbeda nyata

dengan kode sampel a3 dan a2. Kode perlakuan a3 berbeda nyata dengan kode perlakuan a2 dan a1.

Lampiran 23. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Kadar Gula Pereduksi Madu Fortifikasi

Tabel 63. Kadar Analisis Kadar Gula Pereduksi Madu Fortifikasi

Ulangan	Gula Pereduksi			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	68.16	67.62	70.32	206.10	68.70
2	68.43	67.62	70.32	206.37	68.79
3	68.70	67.35	70.59	206.64	68.88
Total	205.29	202.59	211.23	619.11	206.37
Rata-rata	68.43	67.53	70.41	206.37	68.79
Stdev	0.27	0.16	0.16		

Perhitungan ANAVA Analisis Kadar Gula Pereduksi Madu Fortifikasi

$$F_k = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 42588,58$$

$$\begin{aligned} JKK &= \frac{(\sum K_1)^2 + (\sum K_2)^2 + (\sum K_3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK \\ &= \frac{(206,10)^2 + (206,37)^2 + (206,64)^2}{3} - 42588,58 \\ &= 0,22936 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{(\sum a_1)^2 + (\sum a_2)^2 + (\sum a_3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\ &= \frac{(205,29)^2 + (202,59)^2 + (211,23)^2}{3} - 42588,58 \\ &= 13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKT &= ((n_1)^2 + (n_2)^2 + \dots + (n_n)^2) - FK \\ &= ((68,16)^2 + (68,43)^2 + \dots + (70,59)^2) - 42588,58 \\ &= 13,27 \end{aligned}$$

$$JKG = JKT - JKP - JKK$$

$$= 13,27 - 13 - 0,04680$$

$$= 0,19$$

Tabel 64. ANAVA Analisis Kadar Gula Pereduksi Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.04860	0.02430	0.5000000	6.94	tn
Perlakuan	2	13	7	134	6.94	*
Galat	4	0.19	0.0486			
Total	8	13.27				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis kadar gula pereduksi madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 Sy &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,0486}{3}} \\
 &= 0,12728
 \end{aligned}$$

Tabel 65. Uji Lanjut Duncan Analisis Gula Pereduksi Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a2	67.53	-			a
3.93	0.50021	a1	68.43	0.9*	-		b
4.01	0.51039	a3	70.41	2.88*	1.98*	-	c

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

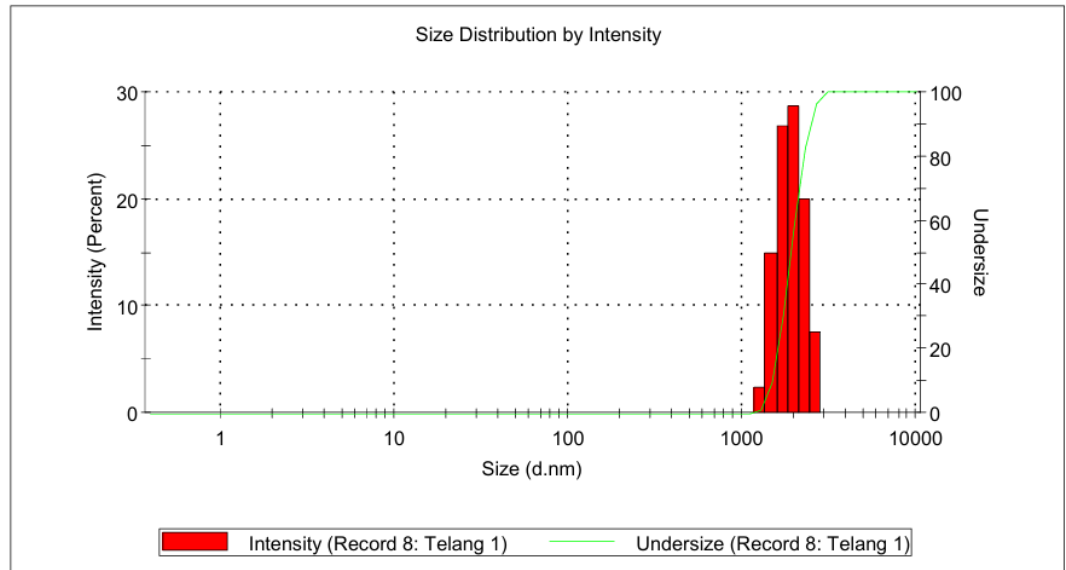
Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a2 berbeda nyata dengan kode sampel a1 dan a3. Kode perlakuan a1 berbeda nyata

dengan kode sampel a3 dan a2. Kode perlakuan a3 berbeda nyata dengan kode perlakuan a2 dan a1.

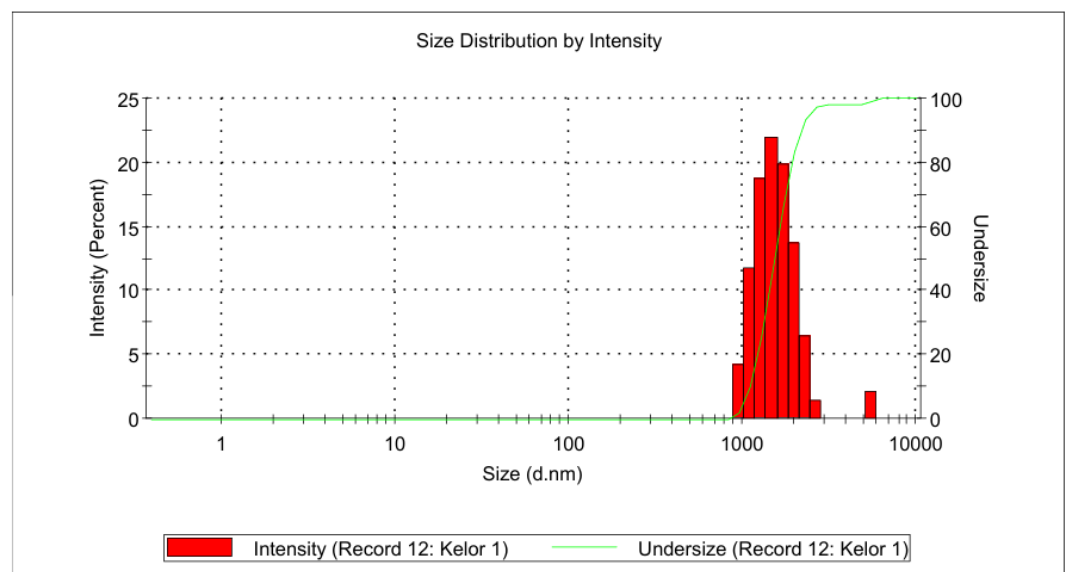
Lampiran 24. Grafik Analisis Penelitian Utama *Particle Size Analyzer* (PSA) Madu Fortifikasi

1. Kurva Analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) Madu Fortifikasi Telang 1%



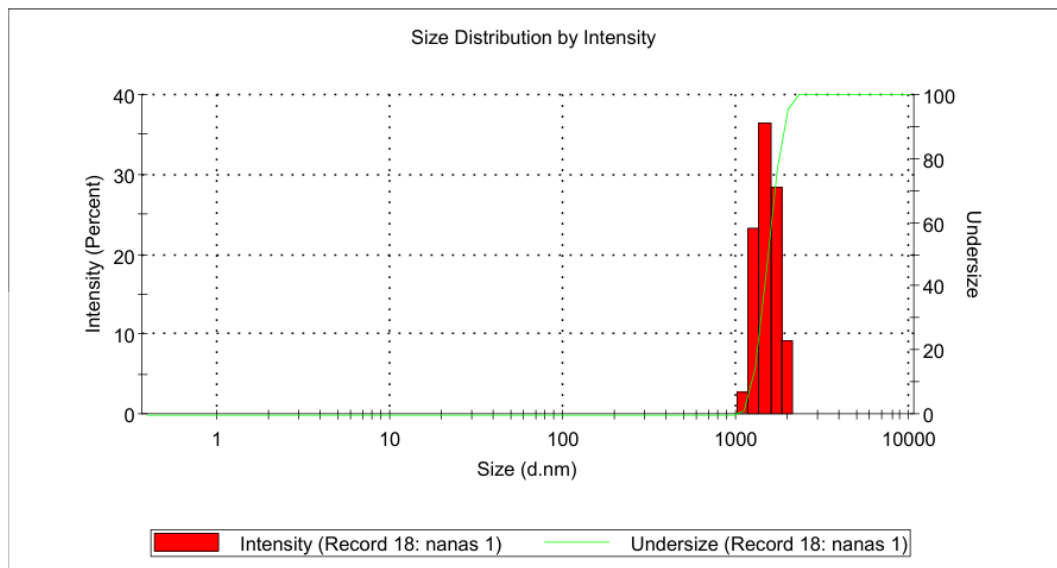
Gambar 32. Kurva Analisis PSA Madu Fortifikasi Telang 1%

2. Kurva Analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) Madu Fortifikasi Kelor 3%



Gambar 33. Kurva Analisis PSA Madu Fortifikasi Kelor 3%

3. Kurva Analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) Madu Fortifikasi Nanas 5%



Gambar 34. Kurva Analisis PSA Madu Fortifikasi Nanas 5%

Lampiran 25. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Viskositas Madu Fortifikasi

Tabel 66. Kadar Analisis Viskositas Madu Fortifikasi

Ulangan	Viskositas			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	2544	2977	2077	7598.00	2532.67
2	2544	2976	2078	7598.00	2532.67
3	2546	2977	2076	7599.00	2533.00
Total	7634	8930.00	6231.00	22795.00	7598.33
Rata-rata	2544.67	2976.67	2077.00	7598.33	2532.78
Stdev	1.15	0.58	1.00		

Perhitungan ANAVA Analisis Viskositas Madu Fortifikasi

$$F_k = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 57734669.44$$

$$\begin{aligned}
 JKK &= \frac{(\sum K_1)^2 + (\sum K_2)^2 + (\sum K_3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK \\
 &= \frac{(7598)^2 + (7598)^2 + (7599)^2}{3} - 57734669.44 \\
 &= 0,2222
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \frac{(\sum a_1)^2 + (\sum a_2)^2 + (\sum a_3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\
 &= \frac{(7634)^2 + (8930)^2 + (6231)^2}{3} - 57734669.44 \\
 &= 121474
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= ((n_1)^2 + (n_2)^2 + \dots + (n_n)^2) - FK \\
 &= ((2977)^2 + (2976)^2 + \dots + (2076)^2) - 57734669.44 \\
 &= 1214741,56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP - JKK \\
 &= 1214741,56 - 121474 - 0,2222 \\
 &= 5,11
 \end{aligned}$$

Tabel 67. ANAVA Analisis Viskositas Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.22222	0.11111	0.0869565	6.94	tn
Perlakuan	2	1214736	607368	475332	6.94	*
Galat	4	5.11	1.27777778			
Total	8	1214741.56				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis viskositas madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 Sy &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{1,2777}{3}} \\
 &= 0,65263
 \end{aligned}$$

Tabel 68. Uji Lanjut Duncan Viskositas Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a3	2077.00	-			a
3.93	2.56484	a1	2544.67	467.67*	-		b
4.01	2.61705	a2	2976.67	899.67*	432.00*	-	c

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a3 berbeda nyata dengan kode sampel a1 dan a2. Kode perlakuan a1 berbeda nyata dengan kode sampel a3 dan a2. Kode perlakuan a2 berbeda nyata dengan kode perlakuan a3 dan a1.

Lampiran 26. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi

Tabel 69. Kadar Analisis Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi

Ulangan	Intensitas Warna L*			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	36.10	38.94	49.04	124.08	41.36
2	36.02	38.96	49.17	124.15	41.38
3	36.05	38.93	49.06	124.04	41.35
Total	108.17	116.83	147.27	372.27	124.09
Rata-rata	36.06	38.94	49.09	124.09	41.36
Stdev	0.04	0.02	0.07		

Perhitungan ANAVA Analisis Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi

$$F_k = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 15398.33$$

$$\begin{aligned}
 JKK &= \frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2}{\sum \text{Sampel}} - F_k \\
 &= \frac{(124,08)^2 + (124,15)^2 + (124,04)^2}{3} - 15398.33 \\
 &= 0,00207
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \frac{(\sum a_1)^2 + (\sum a_2)^2 + (\sum a_3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\
 &= \frac{(108,17)^2 + (116,83)^2 + (147,27)^2}{3} - 15398.33 \\
 &= 281,15547
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= ((n_1)^2 + (n_2)^2 + \dots + (n_n)^2) - FK \\
 &= ((36,10)^2 + (36,02)^2 + \dots + (49,06)^2) - 15398.33 \\
 &= 281,17
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP - JKK \\
 &= 281,17 - 281,15547 - 0,00207 \\
 &= 0,01
 \end{aligned}$$

Tabel 70. ANAVA Analisis Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.00207	0.00103	0.3604651	6.94	tn
Perlakuan	2	281.15547	140.57773	49038.7442087	6.94	*
Galat	4	0.01	0.002866667			
Total	8	281.17				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis intensitas warna L* madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 Sy &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,00287}{3}} \\
 &= 0,03091
 \end{aligned}$$

Tabel 71. Uji Lanjut Duncan Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a1	36.05667	-			a
3.93	0.12148	a2	38.94333	2.88667*	-		b
4.01	0.12396	a3	49.09	13.0333*	10.14667*	-	c

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a1 berbeda nyata dengan kode sampel a2 dan a3. Kode perlakuan a2 berbeda nyata dengan kode sampel a3 dan a1. Kode perlakuan a3 berbeda nyata dengan kode perlakuan a2 dan a1.

Lampiran 27. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Intensitas Warna a* Madu Fortifikasi

Tabel 72. Kadar Analisis Intensitas Warna a* Madu Fortifikasi

Ulangan	Intensitas Warna a*			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	1.14	1.55	1,43	2.69	1.35
2	1.13	1.52	1.50	4.15	1.38
3	1.14	1.58	1.47	4.19	1.40
Total	3.41	4.65	2.97	11.03	4.13
Rata-rata	1.14	1.55	1.49	3.68	1.38
Stdev	0.01	0.03	0.02		

Perhitungan ANAVA Analisis Intensitas Warna L* Madu Fortifikasi

$$F_k = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 13,52$$

$$\begin{aligned}
 JKK &= \frac{(\sum K_1)^2 + (\sum K_2)^2 + (\sum K_3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK \\
 &= \frac{(2,69)^2 + (4,15)^2 + (4,19)^2}{3} - 13,52
 \end{aligned}$$

$$= 0,48702$$

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{(\sum a_1)^2 + (\sum a_2)^2 + (\sum a_3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\ &= \frac{(3,41)^2 + (4,65)^2 + (2,97)^2}{3} - 13,52 \\ &= 0,50596 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKT &= ((n_1)^2 + (n_2)^2 + \dots + (n_n)^2) - FK \\ &= ((1,14)^2 + (1,13)^2 + \dots + (1,47)^2) - 13,52 \\ &= 1,98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKP - JKK \\ &= 1,98 - 0,50596 - 0,48702 \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

Tabel 73. ANAVA Analisis Intensitas Warna a* Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.48702	0.24351	0.9884316	6.94	tn
Perlakuan	2	0.50596	0.25298	1.0268576	6.94	tn
Galat	4	0.99	0.246361111			
Total	8	1.98				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis intensitas warna a* madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\leq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan tidak berpengaruh nyata sehingga tidak diperlukan uji lanjut Duncan.

Lampiran 28. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Intensitas Warna b* Madu Fortifikasi

Tabel 74. Kadar Analisis Intensitas Warna b* Madu Fortifikasi

Ulangan	Intensitas Warna b*			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	13.05	16.93	18.96	48.94	16.31
2	13.08	16.91	18.71	48.70	16.23
3	13.06	16.95	18.88	48.89	16.30
Total	39.19	50.79	56.55	146.53	48.84
Rata-rata	13.06	16.93	18.85	48.84	16.28
Stdev	0.02	0.02	0.13		

Perhitungan ANAVA Analisis Intensitas Warna b* Madu Fortifikasi

$$FK = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 2385,67$$

$$JKK = \frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(48,94)^2 + (48,70)^2 + (48,89)^2}{3} - 2385,67$$

$$= 0,01069$$

$$JKP = \frac{(\sum a1)^2 + (\sum a2)^2 + (\sum a3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK$$

$$= \frac{(39,19)^2 + (50,79)^2 + (56,55)^2}{3} - 2385,67$$

$$= 52,12302$$

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

$$= ((13,05)^2 + (13,08)^2 + \dots + (18,88)^2) - 2385,67$$

$$= 52,16$$

$$JKG = JKT - JKP - JKK$$

$$= 52,16 - 52,12302 - 0,01069$$

$$= 0,02$$

Tabel 75. ANAVA Analisis Intensitas Warna b* Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.01069	0.00534	0.9223394	6.94	tn
Perlakuan	2	52.12302	26.06151	4497.6720997	6.94	*
Galat	4	0.02	0.00579			
Total	8	52.16				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis intensitas warna b* madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 S_y &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,00579}{3}} \\
 &= 0,04395
 \end{aligned}$$

Tabel 76. Uji Lanjut Duncan Intensitas Warna a* Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a1	13.06333	-			a
3.93	0.17271	a2	16.93	3.86667*	-		b
4.01	0.17623	a3	18.85	5.78667*	1.92*	-	c

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a1 berbeda nyata dengan kode sampel a2 dan a3. Kode perlakuan a2 berbeda nyata dengan kode sampel a3 dan a1. Kode perlakuan a3 berbeda nyata dengan kode perlakuan a1 dan a2.

Lampiran 29. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Total Padatan Terlarut Madu Fortifikasi

Tabel 77. Kadar Analisis Total Padatan Terlarut Madu Fortifikasi

Ulangan	Total Padatan Terlarut			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	81.85	80.85	86.85	249.55	83.18
2	82.83	79.85	87.85	250.53	83.51
3	82.85	80.85	86.85	250.55	83.52
Total	247.53	241.55	261.55	750.63	250.21
Rata-rata	82.51	80.52	87.18	250.21	83.40
Stdev	0.57	0.58	0.58		

Perhitungan ANAVA Analisis Total Padatan Terlarut Madu Fortifikasi

$$FK = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 62605,04$$

$$\begin{aligned}
 JKK &= \frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK \\
 &= \frac{(249,55)^2 + (250,53)^2 + (250,55)^2}{3} - 62605,04 \\
 &= 0,21787
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKP &= \frac{(\sum a1)^2 + (\sum a2)^2 + (\sum a3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK \\
 &= \frac{(247,53)^2 + (241,55)^2 + (261,55)^2}{3} - 62605,04 \\
 &= 70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKT &= ((n_1)^2 + (n_2)^2 + \dots + (n_n)^2) - FK \\
 &= ((81,85)^2 + (82,83)^2 + \dots + (86,85)^2) - 62605,04 \\
 &= 72,24
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JKG &= JKT - JKP - JKK \\
 &= 72,24 - 70 - 0,21787 \\
 &= 1,77
 \end{aligned}$$

Tabel 78. ANAVA Analisis Total Padatan Terlarut Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.21787	0.10893	0.2463069	6.94	tn
Perlakuan	2	70	35	79	6.94	*
Galat	4	1.77	0.442266667			
Total	8	72.24				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis total padatan terlarut madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 S_y &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,442267}{3}} \\
 &= 0,38396
 \end{aligned}$$

Tabel 79. Uji Lanjut Duncan Total Padatan Terlarut Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a2	80.52	-			a
3.93	1.50895	a1	82.51	1.99333*	-		b
4.01	1.53966	a3	87.18	6.66667*	4.67333*	-	c

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a2 berbeda nyata dengan kode sampel a1 dan a3. Kode perlakuan a1 berbeda nyata dengan kode sampel a2 dan a3. Kode perlakuan a3 berbeda nyata dengan kode perlakuan a1 dan a2.

Lampiran 30. Perhitungan Analisis Penelitian Utama Waktu Larut Madu Fortifikasi

Tabel 80. Kadar Analisis Waktu Larut Madu Fortifikasi

Ulangan	Waktu Larut			Total	Rata-rata
	Telang (a1)	Kelor (a2)	Nanas (a3)		
1	30.58	51.38	24.39	106.35	35.45
2	31.15	52.11	24.58	107.84	35.95
3	31.18	52.03	24.40	107.61	35.87
Total	92.91	155.52	73.37	321.80	107.27
Rata-rata	30.97	51.84	24.46	107.27	35.76
Stdev	0.34	0.40	0.11		

Perhitungan ANAVA Analisis Waktu Larut Madu Fortifikasi

$$FK = \frac{(\text{Total})^2}{\sum \text{Ulangan} \times \sum \text{Sampel}} = 11506,14$$

$$JKK = \frac{(\sum K1)^2 + (\sum K2)^2 + (\sum K3)^2}{\sum \text{Sampel}} - FK$$

$$= \frac{(106,35)^2 + (107,84)^2 + (107,61)^2}{3} - 11506,14$$

$$= 0,42896$$

$$JKP = \frac{(\sum a1)^2 + (\sum a2)^2 + (\sum a3)^2}{\sum \text{Ulangan}} - FK$$

$$= \frac{(92,91)^2 + (155,52)^2 + (73,37)^2}{3} - 11506,14$$

$$= 1228$$

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

$$= ((30,58)^2 + (31,15)^2 + \dots + (24,40)^2) - 11506,14$$

$$= 1228,40$$

$$JKG = JKT - JKP - JKK$$

$$= 1228,40 - 1228 - 0,42896$$

$$= 0,14$$

Tabel 81. ANAVA Analisis Waktu Larut Madu Fortifikasi

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Notasi
Kelompok	2	0.42896	0.21448	5.9947205	6.94	tn
Perlakuan	2	1228	614	17159	6.94	*
Galat	4	0.14	0.035777778			
Total	8	1228,40				

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Berdasarkan tabel ANAVA Analisis waktu larut madu fortifikasi memiliki nilai F hitung $\geq$ F tabel pada taraf 5% dan dinyatakan berpengaruh nyata sehingga diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel Uji Lanjut Duncan

$$\begin{aligned}
 Sy &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,03578}{3}} \\
 &= 0,109259
 \end{aligned}$$

Tabel 82. Uji Lanjut Duncan Analisis Waktu Larut Madu Fortifikasi

SSR 5%	LSR 5%	Rata-rata		Perlakuan			Taraf Nyata 5%
				a1	a2	a3	
-	-	a3	24.46	-			a
3.93	0.42918	a1	30.97	6.51333*	-		b
4.01	0.43792	a2	51.84000	27.3833*	20.8700*	-	c

Keterangan :

(tn) = Tidak berpengaruh nyata; (*) = Berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan uji lanjut Duncan dapat disimpulkan bahwa kode sampel a3 berbeda nyata dengan kode sampel a1 dan a2. Kode perlakuan a1 berbeda nyata dengan kode sampel a3 dan a2. Kode perlakuan a2 berbeda nyata dengan kode perlakuan a3 dan a1.

Lampiran 31. Dokumentasi Analisis Madu Fortifikasi

Analisis	Dokumentasi
Aktivitas Antioksidan	
pH	
Kadar Air	
Aktivitas Air (Aw)	

Gula Pereduksi	
Ukuran Partikel	
Viskositas	
Intensitas Warna	
Total Padatan Terlarut	

Waktu Larut	
-------------	--