

**KARAKTERISTIK MINUMAN PROBIOTIK BERBASIS KULIT PISANG
(*Musa paradisiaca*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI *Lactobacillus casei*
DAN CARBOXY METHYL CELLULOSE**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Muhammad Zakiy Asy-Syafiq
183020239



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

LEMBAR PENGESAHAN

**KARAKTERISTIK MINUMAN PROBIOTIK BERBASIS KULIT PISANG
(*Musa paradisiaca*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI *Lactobacillus casei*
DAN CARBOXY METHYL CELLULOSE**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Sidang Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

**Muhammad Zakiy Asy-Syafiq
183020239**

Menyetujui :

Pembimbing I

(Dr. Yelliantty, S.Si., M.Si)

**KARAKTERISTIK MINUMAN PROBIOTIK BERBASIS KULIT PISANG
(*Musa paradisiaca*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI *Lactobacillus casei*
DAN CARBOXY METHYL CELLULOSE**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Seminar Usulan Penelitian
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

**Muhammad Zakiy Asy-Syafiq
183020239**

Menyetujui :

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

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

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“KARAKTERISTIK MINUMAN PROBIOTIK BERBASIS KULIT PISANG (*Musa Paradisiaca*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI *Lactobacillus casei* DAN CARBOXY METHYL CELLULOSE**”

Pembuatan Tugas Akhir ini dapat tersusun dengan baik berkat dukungan, masukan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Jaka Rukmana, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pasundan Bandung.
2. Ibu Dr. Yellianty, S.Si., M.Si. selaku pembimbing yang telah membimbing dan memberi arahan serta saran yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
3. Bapak Rizal Maulana, S.T., M.T. selaku Koordinator Kerja Praktek Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pasundan Bandung
4. Orang tua tercinta yaitu Bapak Dadang Toheri dan Ibu Junaida yang telah memberikan banyak dukungan moril dan materil serta doa kepada penulis
5. Teman seperjuangan mahasiswa Non-Reguler 2018 yang berjumlah 9 orang.
6. Supervisor dan rekan kerja PT. Sanghiang Perkasa-Kalbe Nutritionals yang telah mengizinkan dan membantu melakukan penelitian di laboratorium PT. Sanghiang Perkasa-Kalbe Nutritionals.

7. Rahma Rismayanti Rahayu selaku istri penulis dan Araza Azzamy Arsyafiq selaku anak penulis yang selalu memberi doa, dukungan dan kasih sayang baik secara moril maupun materil.
8. Kepada semua pihak terkait yang sudah membantu dalam hal informasi serta membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GRAFIK	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan	5
1.4 Manfaat penelitian.....	5
1.5 Kerangka pemikiran	6
1.6 Hipotesis penelitian	13
1.7 Tempat dan Waktu Penelitian	13
II TINJAUAN UMUM.....	14
2.1. Pisang Ambon (<i>Musa parasidiaca</i> var. <i>Sapientum</i> (L) kunt.).....	14
2.2. Kulit Pisang Ambon sebagai bahan dasar Minuman Probiotik.....	17

2.3.	Minuman Probiotik	22
2.4.	Bakteri asam Laktat <i>Lactobacillus casei</i>	23
2.5.	Carboxymethyl Cellulose (CMC)	28
III METODE PENELITIAN		33
3.1.	Bahan dan Alat	33
3.1.1.	Bahan-bahan Penelitian	33
3.1.2.	Alat-alat Penelitian	33
3.2.	Metode Penelitian	34
3.2.1.	Penelitian Pendahuluan	34
3.2.2.	Rancangan Utama	34
3.2.3.	Rancangan Perlakuan	35
3.2.4.	Rancangan Percobaan	36
3.2.5.	Rancangan Analisis	39
3.2.6.	Rancangan Respon	41
3.3.	Prosedur Penelitian	42
3.4.	Jadwal Penelitian	52
IV PEMBAHASAN		53
4.1	Hasil Penelitian utama tahap 1	53
4.2	Hasil Penelitian utama tahap 2	56
4.2.1	Hasil Penelitian Respon Kimia	56
4.2.2	Hasil Penelitian Respon Mikrobiologi	62

4.2.3 Hasil Penelitian Respon Organoleptik	68
4.2.4 Hasil Penelitian Respon Fisik.....	76
4.2.5 Pembahasan Komprehensif Keterkaitan Antar Parameter dan Implikasi Hasil	80
V KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN.....	98

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar mutu minuman fermentasi menurut SNI 7552:2018	10
Tabel 2. Komposisi Unsur Kimia dalam 100 gram kulit pisang.....	19
Tabel 3. Model Rancangan Percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola Faktorial 3x3 dengan 2 kali ulangan	38
Tabel 4. Layout Rancangan Acak Kelompok Pola Faktorial 3x3	39
Tabel 5. Analisis Variansi (ANAVA) Percobaan Faktorial dengan RAK.....	39
Tabel 6. Rencana Jadwal Penelitian	52
Tabel 7. Hasil screening konsentrasi awal <i>L.casei</i>	54
Tabel 8. Prediksi Konsentrasi Akhir <i>Lactobacillus casei</i> pada setiap perlakuan ..	55
Tabel 9. Pengaruh Interaksi Konsentrasi <i>Lactobacillus casei</i> dan Konsentrasi CMC terhadap nilai pH Minuman Probiotik berbasis kulit pisang.....	57
Tabel 10. Pengaruh Interaksi Konsentrasi <i>Lactobacillus casei</i> dan Konsentrasi CMC terhadap Total Asam Laktat Minuman Probiotik berbasis kulit pisang (%)	59
Tabel 11. Pengaruh Interaksi Konsentrasi <i>Lactobacillus casei</i> dan Konsentrasi CMC terhadap Total Bakteri Asam Laktat Minuman Probiotik berbasis kulit pisang (CFU/ml)	63
Tabel 12. Pengaruh Interaksi Konsentrasi <i>Lactobacillus casei</i> dan Konsentrasi CMC terhadap Organoleptik Atribut Rasa Minuman Probiotik berbasis kulit pisang	68
Tabel 13. Pengaruh Interaksi Konsentrasi <i>Lactobacillus casei</i> dan Konsentrasi CMC terhadap Organoleptik Atribut Aroma Minuman Probiotik berbasis kulit pisang	72
Tabel 14. Tabel Uji Ranking Perbandingan Beberapa Perlakuan Unggulan	82

Tabel 15. Formulasi Bahan per Perlakuan (basis total 80 mL).....	98
Tabel 16. Kebutuhan Sampel untuk Pengujian Respon	99
Tabel 17. Kebutuhan Total Bahan	99
Tabel 18. Data hasil analisis pH setelah fermentasi.....	108
Tabel 19. Nilai Matriks Rata-Rata Data Asli Analisis Nilai pH.....	108
Tabel 20. Tabel ANAVA Analisis nilai pH	110
Tabel 21. Uji Lanjut Duncan Analisis Nilai pH	112
Tabel 22. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Nilai pH.....	113
Tabel 23. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Nilai pH.....	113
Tabel 24. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Nilai pH.....	113
Tabel 25. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Nilai pH	113
Tabel 26. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Nilai pH	114
Tabel 27. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Nilai pH.....	114
Tabel 28. Hasil Dwi Arah Analisis Nilai pH.....	114
Tabel 29. Data Hasil Analisis Kadar Total Asam Laktat U-1	115
Tabel 30. Data Hasil Analisis Kadar Total Asam Laktat U-2	115
Tabel 31. Hasil Analisis Total Asam Laktat	116
Tabel 32. Nilai Matriks Rata-rata Data Analisis Total Asam Laktat.....	116
Tabel 33. Analisis ANAVA Total Asam Laktat	118
Tabel 34. Uji Lanjut Duncan Analisis Total Asam Laktat	120
Tabel 35. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Kadar Total Asam Laktat	121
Tabel 36. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Kadar Total Asam Laktat	121

Tabel 37. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Kadar Total Asam Laktat	121
Tabel 38. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Kadar Total Asam Laktat	121
Tabel 39. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Kadar Total Asam Laktat	122
Tabel 40. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Kadar Total Asam Laktat	122
Tabel 41. Hasil Dwi Arah Analisis Kadar Total Asam Laktat.....	122
Tabel 42. Hasil analisis BAL metode Total Plate Count.....	123
Tabel 43. Nilai Matriks Rata-rata Data Asli Analisis Total BAL metode Total Plate Count.....	123
Tabel 44. Analisis ANAVA Total BAL Metode Total Plate Count.....	126
Tabel 45. Uji Lanjut Duncan Analisis BAL metode TPC	127
Tabel 46. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Total BAL metode TPC	128
Tabel 47. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Total BAL metode TPC	128
Tabel 48. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Total BAL metode TPC	128
Tabel 49. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Total BAL metode TPC	128
Tabel 50. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Total BAL metode TPC	129

Tabel 51. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Total BAL metode TPC	129
Tabel 52. Hasil Dwi Arah Analisis Total BAL metode TPC.....	130
Tabel 53. Hasil Analisis Data Asli (DA) dan Data Transformasi (DT) Atribut Rasa Minuman Probiotik Berbasis Kulit Pisang Ulangan 1	131
Tabel 54. Hasil Analisis Data Asli (DA) dan Data Transformasi (DT) Atribut Rasa Minuman Probiotik Berbasis Kulit Pisang Ulangan 2	132
Tabel 55. Nilai Matriks Rata-rata Data Asli Analisis Organoleptik Atribut Rasa	133
Tabel 56. Nilai Matriks Rata-rata Data Transformasi Analisis Organoleptik Atribut Rasa.....	133
Tabel 57. Analisis ANAVA Analisis Organoleptik atribut rasa	136
Tabel 58. Uji Lanjut Duncan Organoleptik Atribut Rasa.....	137
Tabel 59. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Rasa	138
Tabel 60. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Rasa	138
Tabel 61. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Rasa	138
Tabel 62. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Rasa	138
Tabel 63. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Rasa	139
Tabel 64. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Rasa	139

Tabel 65. Hasil Dwi Arah Analisis Organoleptik atribut Rasa.....	139
Tabel 66. Hasil Analisis Data Asli (DA) dan Data Tranformasi (DT) Atribut Aroma Minuman Probiotik Berbasis Kulit Pisang Ulangan 1	141
Tabel 67. Hasil Analisis Data Asli (DA) dan Data Tranformasi (DT) Atribut Aroma Minuman Probiotik Berbasis Kulit Pisang Ulangan 2	142
Tabel 68. Nilai Matriks Rata-rata Data Asli Analisis Organoleptik Atribut Aroma	143
Tabel 69. Nilai Matriks Rata-rata Data Transformasi Analisis Organoleptik Atribut Aroma	143
Tabel 70. Analisis ANAVA Analisis Organoleptik atribut rasa	146
Tabel 71. Uji Lanjut Duncan Organoleptik Atribut Aroma	147
Tabel 72. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Aroma	148
Tabel 73. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Aroma	148
Tabel 74. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Aroma	148
Tabel 75. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Aroma	148
Tabel 76. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Aroma	149
Tabel 77. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Aroma	149
Tabel 78. Hasil Dwi Arah Analisis Organoleptik atribut Rasa.....	149

Tabel 79. Hasil analisis visual endapan	150
---	-----

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Hasil Rata-rata Total Asam Laktat Minuman Probiotik berbasis kulit pisang	60
Grafik 2. Hasil Rata-rata Total Bakteri Asam Laktat Minuman Probiotik berbasis kulit pisang	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pisang Ambon (Cita, 2024).....	16
Gambar 2. Bakteri <i>Lactobacillus casei</i> (Rizal, 2016)	25
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian Utama Tahap 1 : Perbanyak Kultur <i>Lactobacillus casei</i>	50
Gambar 4. Diagram Air Penelitian Utama Tahap 2 : Pembuatan Minuman Probiotik Kulit Pisang.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulasi Bahan per Perlakuan.....	98
Lampiran 2. Kebutuhan Bahan Baku Penelitian.....	99
Lampiran 3. Prosedur Analisis Respon Organoleptik.....	100
Lampiran 4. Prosedur Analisis Respon Kimia.....	103
Lampiran 5. Prosedur Analisis Respon Mikrobiologi.....	106
Lampiran 6. Hasil Penelitian Utama Analisis nilai pH.....	108
Lampiran 7. Hasil Penelitian Utama Analisis Total Asam Laktat.....	115
Lampiran 8. Hasil Penelitian Utama Analisis Total Bakteri Asam Laktat (BAL) metode Total Plate Count (TPC).....	123
Lampiran 9. Hasil Penelitian Utama Analisis Organoleptik.....	131
Lampiran 10. Hasil Penelitian Utama Analisis Visual Endapan.....	150
Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian.....	153

ABSTRAK

Kulit pisang merupakan limbah agroindustri melimpah yang kaya akan nutrisi, sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai substrat minuman probiotik fungsional. Namun, produk berbasis kulit pisang cenderung memiliki viskositas rendah dan tidak stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi starter *Lactobacillus casei* dan bahan penstabil *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap karakteristik kimia, mikrobiologi, fisik, dan sensorik minuman probiotik berbasis kulit pisang, serta untuk menentukan formulasi terbaik.

Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial 3x3 dengan dua kali ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi starter *L. casei* (4%, 5%, dan 6%) dan faktor kedua adalah konsentrasi CMC (0,1%, 0,2%, dan 0,3%). Data dianalisis menggunakan ANOVA dan uji lanjut Duncan pada taraf 5%, dan penentuan perlakuan terbaik dilakukan secara objektif menggunakan metode Uji Ranking.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi *L. casei* dan CMC memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai pH, Total Asam Tertitrasi (TAT), Total Bakteri Asam Laktat (BAL), dan aroma. Berdasarkan analisis Uji Ranking, perlakuan a1b3 (4% *L. casei* dan 0,3% CMC) terpilih sebagai formulasi paling optimal. Perlakuan ini menunjukkan keseimbangan terbaik antara karakteristik fungsional (jumlah BAL peringkat kedua) dan fisik, dengan keunggulan signifikan pada penerimaan sensorik (aroma peringkat pertama). Disimpulkan bahwa kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku minuman probiotik, dengan formulasi 4% *L. casei* dan 0,3% CMC sebagai kombinasi yang direkomendasikan untuk menghasilkan produk yang seimbang secara fungsional dan sensorik.

Kata Kunci: Minuman probiotik, kulit pisang, *Lactobacillus casei*, CMC, pangan fungsional.

ABSTRACT

Banana peel is an abundant agro-industrial waste rich in nutrients, showing potential for development as a substrate for functional probiotic beverages. However, products based on banana peel tend to have low viscosity and instability. This study aimed to determine the effect of varying concentrations of Lactobacillus casei starter and Carboxymethyl Cellulose (CMC) stabilizer on the chemical, microbiological, physical, and sensory characteristics of a banana peel-based probiotic drink, and to identify the best formulation.

The research was conducted using a 3x3 Factorial Randomized Block Design with two replications. The first factor was the concentration of L. casei starter (4%, 5%, and 6%), and the second factor was the concentration of CMC (0.1%, 0.2%, and 0.3%). Data were analyzed using ANOVA and Duncan's multiple range test at a 5% significance level, and the best treatment was determined objectively using the Ranking Test method.

The results showed that the interaction between L. casei and CMC concentrations had a significant effect ($p < 0.05$) on pH, Total Titratable Acidity (TTA), Total Lactic Acid Bacteria (LAB), and aroma. Based on the Ranking Test analysis, the a1b3 treatment (4% L. casei and 0.3% CMC) was selected as the most optimal formulation. This treatment demonstrated the best balance between functional characteristics (second rank in Total LAB) and physical properties, with significant superiority in sensory acceptance (first rank in aroma). It was concluded that banana peel can be utilized as a raw material for probiotic drinks, with the formulation of 4% L. casei and 0.3% CMC being the recommended combination to produce a functionally and sensorially balanced product.

Keywords: *Probiotic drink, banana peel, Lactobacillus casei, CMC, functional food.*

I PENDAHULUAN

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

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pangan yang semakin berkembang, dibutuhkan pangan yang menyehatkan bukan hanya membuat kenyang. Karena kebutuhan tersebut maka tercipta kemajuan ilmu pengetahuan yang mendorong perkembangan produk pangan. Pengembangan produk pangan yang menyehatkan ini disebut pangan fungsional. Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) pangan fungsional merupakan pangan baik telah melalui proses maupun secara alamiah mengandung senyawa yang mempunyai fungsional fisiologis yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. A'yuni (2020) menjelaskan bahwa bahan pangan yang ditambahkan jenis bakteri tertentu melalui proses fermentasi menjadi salah satu jenis produk pangan fungsional karena mempunyai efek kesehatan pada tubuh.

Bakteri umum yang biasa digunakan sebagai pangan fungsional adalah bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat dapat digunakan sebagai pengawet makanan yang aman, sifat bakteri asam laktat yang menguntungkan bagi manusia karena memiliki kemampuan antimikroba (Suardana *et al.*, 2007). Bakteri asam laktat banyak digunakan sebagai penambah nutrisi makanan karena sifat probiotiknya (Ramos *et al.*, 2013). Menurut Emmawati (2015), *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium* merupakan kelompok bakteri asam laktat yang telah dilakukan

proses karakterisasi sebagai probiotik. *Lactobacillus casei* menghasilkan asam laktat yang dihasilkan dari proses pemecahan glukosa (Khoiriyah *et al.*, 2014)

Bakteri *Lactobacillus casei* merupakan jenis bakteri yang dapat menghasilkan enzim selulase, enzim amilase, enzim β -glucosidase, serta dapat menghasilkan enzim fitase dari aktifitas fitase yaitu perubahan asam fitat menjadi asam fosfat dan inositol pada pH 5.0 dengan suhu 25- 40°C (Ningsih dkk., 2017). Berdasarkan hasil penelitian Rizal, dkk (2016), *Lactobacillus casei* merupakan bakteri dengan perlakuan terbaik dari parameter pengujian total asam laktat, ketahanan asam, dan nilai aktivitas antibakteri terhadap bakteri pathogen bila dibandingkan dengan penggunaan bakteri asam laktat lainnya seperti *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, dan *Streptococcus thermophilus*.

Penggunaan bakteri *Lactobacillus casei* umum digunakan terhadap pembuatan pangan fungsional salah satunya adalah minuman probiotik. Menurut Herlina dan Nuraeni (2014), minuman probiotik merupakan jenis minuman yang mengandung jenis bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus casei*, mengandung kebaikan bagi usus manusia dalam hal pencernaan. Bakteri asam laktat *Lactobacillus casei* dapat bertahan hidup dalam lambung manusia dengan kondisi asam sehingga dapat menempati usus dalam kuantitas yang banyak sehingga meningkatkan keseimbangan microflora dalam usus.

Salah satu produsen utama minuman probiotik di Indonesia, *Yakult* Indonesia melaporkan peningkatan penjualan tahun demi tahun. Pada tahun 2021, Perusahaan tersebut mencatat peningkatan penjualan sebesar 15% dibandingkan tahun sebelumnya, menunjukkan minat yang semakin besar dari konsumen

terhadap produk minuman probiotik. Berdasarkan minat minuman probiotik yang semakin meningkat dikalangan masyarakat, menjadi waktu yang tepat untuk melakukan inovasi minuman probiotik yang lebih bervariasi. Minuman probiotik biasanya terbuat dengan susu sebagai bahan utama maupun terbuat dari fermentasi buah seperti tepache yang merupakan minuman fermentatif berasal dari Mexico yang berbahan dasar daging buah nanas dan jeruk (Pebiningrum et al., 2017), namun hanya sedikit dilaporkan pembuatan minuman probiotik yang memanfaatkan limbah pangan.

Salah satu limbah pangan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat minuman probiotik adalah kulit buah. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (2021), konsumsi buah terbanyak di Indonesia adalah buah pisang, dengan konsumsi mencapai 8,5 kg per kapita per tahun. Dengan tingginya konsumsi pisang, limbah kulit pisang juga cukup signifikan. Diperkirakan sekitar 30-40% berat buah pisang adalah kulitnya.

Pemanfaatan kulit pisang masih belum optimal, alasannya kulit pisang tidak lazim dikonsumsi secara langsung langsung, namun kulit pisang mengandung nutrisi yang cukup tinggi, termasuk serat, vitamin C, vitamin B6, dan sejumlah antioksidan (Ardila dan Rahmawati, 2017). Sehingga dilihat dari kandungan nutrisinya, kulit pisang berpotensi dimanfaatkan dalam pembuatan minuman probiotik, memanfaatkan kandungan nutrisinya untuk menambah nilai fungsional produk tersebut.

Kulit pisang Ambon, yang sering dianggap sebagai limbah, sebenarnya kaya akan nutrisi dan senyawa bioaktif yang dapat mendukung pertumbuhan bakteri

probiotik. Menurut studi yang dilakukan oleh Supriyadi dan Wijaya (2012), bahwa kulit pisang ambon mengandung kadar air sebesar 69,90% serta memiliki kandungan abu, lemak, protein, dan karbohidrat yang dapat dimanfaatkan sebagai substrat fermentasi.

Minuman probiotik dari kulit pisang memiliki potensi sebagai produk pangan fungsional yang kaya akan manfaat kesehatan. Namun, proses fermentasi dan komposisi kulit pisang dapat menghasilkan minuman dengan viskositas yang kurang stabil dan cenderung encer. Hal ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan sistem pangan dan penurunan kualitas sensoris produk. Oleh karena itu, diperlukan penambahan bahan penstabil untuk meningkatkan kekentalan dan stabilitas tekstur minuman probiotik tersebut.

CMC dalam produk minuman berperan sebagai bahan penstabil. CMC dapat membentuk sistem dispersi koloid dan meningkatkan viskositas sehingga partikel-partikel yang tersuspensi akan tertangkap dalam sistem tersebut dan tidak mengendap oleh pengaruh gaya gravitasi.

Oleh karena itu peneliti tertarik melakukan penelitian pembuatan minuman probiotik dari limbah kulit pisang dengan judul “Pemanfaatan kulit pisang sebagai minuman probiotik tersuplementasi *Lactobacillus casei*”

1.2 Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi konsentrasi *Lactobacillus casei* (4%, 5%, dan 6%) serta variasi konsentrasi CMC (0,1%, 0,2%, dan 0,3%) terhadap

karakteristik kimia (pH dan total asam) dan karakteristik fisik minuman probiotik berbasis kulit pisang?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh karakteristik minuman probiotik dari pemanfaatan limbah kulit pisang yang ditambahkan bakteri *Lactobacillus casei* dan CMC.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsentrasi terbaik bakteri *Lactobacillus casei* dan CMC yang ditambahkan ke dalam minuman probiotik dari pemanfaatan limbah kulit pisang.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memanfaatkan dan meningkatkan penggunaan limbah kulit pisang sebagai diversifikasi pangan fungsional yang bernilai tambah dan dapat diterima oleh masyarakat.
2. Mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap minuman probiotik komersial dengan menciptakan alternatif minuman probiotik yang lebih ekonomis dan berbahan dasar lokal.
3. Memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi *Lactobacillus casei* terhadap karakteristik minuman probiotik berbasis kulit pisang untuk menghasilkan produk yang optimal.
4. Memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi CMC terhadap kestabilan dan karakteristik minuman probiotik berbasis kulit pisang.

5. Memberikan alternatif produk minuman fungsional yang menyehatkan bagi masyarakat dengan memanfaatkan potensi limbah kulit pisang sebagai prebiotik dan probiotik.

1.5 Kerangka pemikiran

Pisang biasanya diolah menjadi berbagai jenis makanan seperti pisang rebus, pisang goreng, molen, kolak, bolu, dan sebagainya. Pemanfaatan pisang yang cukup beragam tersebut menandakan tingginya minat masyarakat terhadap konsumsi buah pisang. Hal ini akan berdampak pada banyaknya limbah kulit pisang yang dihasilkan, namun belum dapat dimanfaatkan secara produktif (Sutriono & Pato, 2016).

Kulit pisang merupakan limbah yang mengandung banyak nutrisi, termasuk protein sebesar 1,2%, karbohidrat 10,8%, lemak 3,2%, dan vitamin C sebesar 0,2% (Laily dan Diana, 2018).

Kulit pisang juga mengandung serat pangan dan oligosakarida yang merupakan karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh tubuh, namun dapat difermentasi oleh mikroflora usus. Kedua komponen tersebut dapat digunakan sebagai substrat yang baik untuk pertumbuhan bakteri asam laktat, yang berfungsi sebagai prebiotik. Senyawa prebiotik ini adalah karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh manusia, namun secara selektif menjadi 'makanan' bagi bakteri baik di dalam usus, sehingga memberikan manfaat kesehatan tambahan. (Kusuma & Zubaidah, 2016).

Probiotik adalah bakteri asam laktat yang ditambahkan dalam pangan sehingga dapat bermanfaat bagi kesehatan jika dikonsumsi dalam jumlah yang cukup. *Lactobacillus casei* adalah strain probiotik yang paling tahan terhadap

kondisi lambung. Produksi asam laktat yang dihasilkan melalui metabolisme karbohidrat oleh bakteri asam laktat dikenal sebagai fermentasi laktat. Fermentasi laktat digunakan untuk memperbaiki rasa, nilai gizi, keuntungan, dan umur simpan makanan (Febriyanti & Kusnadi, 2015).

Produk yang dianggap probiotik harus mengandung bakteri probiotik dengan jumlah minimal 10^7 cfu/ml. Bakteri ini harus tahan terhadap pengolahan, tahan terhadap garam empedu, dapat melewati asam lambung dengan pH antara 3 dan 5, dan dapat bertahan hidup di dalam saluran pencernaan untuk memberikan dampak positif pada kesehatan tubuh (Retnowati & Kusnadi, 2014).

Utami (2018) dalam penelitiannya tentang minuman probiotik fermentasi *Lactobacillus casei* dari sari buah salak menggunakan konsentrasi inokulum sebesar 5% (v/v). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut efektif dalam menghasilkan minuman probiotik dengan karakteristik yang diinginkan. Temuan ini mengindikasikan bahwa konsentrasi 5% dapat menjadi titik acuan yang baik dalam pengembangan minuman probiotik berbasis buah.

Sementara itu, Setioningsih et al. (2004) dalam studi mereka tentang produksi ale probiotik dari susu kedelai, menggunakan konsentrasi inokulum yang lebih rendah, yaitu 2% untuk *Lactobacillus casei*. Meskipun konsentrasi ini lebih rendah, penelitian ini menegaskan bahwa variasi konsentrasi inokulum dapat mempengaruhi kualitas produk probiotik akhir. Hal ini menunjukkan pentingnya optimasi konsentrasi inokulum untuk setiap jenis substrat yang berbeda.

Kristanti et al. (2007) lebih lanjut memperkuat pentingnya variasi konsentrasi inokulum dalam pengembangan minuman probiotik. Dalam penelitian mereka menggunakan nira tebu sebagai substrat, mereka menerapkan variasi jenis

dan konsentrasi inoculum, termasuk *Lactobacillus casei*. Meskipun konsentrasi spesifik tidak disebutkan, studi ini menekankan bahwa variasi konsentrasi inoculum adalah aspek krusial dalam optimasi proses fermentasi probiotik.

Idayati et al. (2016) dalam penelitian mereka tentang minuman probiotik dari kulit buah pisang, menggunakan variasi konsentrasi inoculum *Lactobacillus casei* hingga 6%. Studi ini mendemonstrasikan bahwa konsentrasi inoculum yang lebih tinggi, yaitu 6%, masih dapat menghasilkan karakteristik probiotik yang baik.

Namun, proses fermentasi dan komposisi kulit pisang dapat menghasilkan minuman dengan viskositas yang kurang stabil dan cenderung encer. Oleh karena itu, diperlukan penambahan bahan penstabil seperti Carboxymethyl cellulose (CMC) untuk meningkatkan kekentalan dan stabilitas tekstur minuman probiotik dari kulit pisang.

Menurut Samsul dkk (2016) dalam penelitiannya pembuatan minuman probiotik sari buah nanas dengan variasi penambahan konsentrasi CMC (0,1 %, 0,2 %, dan 0,3%) didapatkan bahwa perlakuan terbaik yaitu pada konsentrasi 0,2% memiliki karakteristik organoleptik yang terbaik dengan total bakteri asam laktat $12,35 \log$ koloni/ml, total asam laktat 2,85%, dan pH 3,38.

Hashemi dan Hosseini (2021) melakukan studi komparatif antara CMC dan fraksi larut air dari getah almond pahit (SBAG) dalam minuman yogurt probiotik. Mereka menggunakan CMC pada konsentrasi 0,1% dan 0,2% (w/v) sebagai pembanding. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa CMC efektif dalam mencegah pemisahan fase dan memberikan respons pengenceran geser yang kuat pada minuman. Temuan ini mengindikasikan bahwa CMC, bahkan pada

konsentrasi rendah, dapat berperan penting dalam menjaga stabilitas fisik minuman probiotik.

Kumar et al. (2021) dalam penelitian mereka tentang lassi sinbiotik yang disuplementasi Aloe vera, menggunakan CMC sebagai salah satu stabilizer pada konsentrasi 0,3 g/100 g produk. Studi ini mengungkapkan bahwa penambahan CMC meningkatkan sineresis whey dan menurunkan viskositas serta atribut sensorik. Meskipun terjadi penurunan viskositas, penggunaan CMC pada konsentrasi ini masih memberikan manfaat dalam stabilitas produk, menunjukkan pentingnya optimasi konsentrasi CMC untuk mencapai keseimbangan antara stabilitas dan karakteristik sensorik yang diinginkan.

Untuk memastikan bahwa minuman probiotik yang dihasilkan memenuhi standar mutu yang berlaku, penelitian ini juga mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7552:2018 tentang minuman fermentasi. SNI ini mengatur berbagai aspek mutu, termasuk kandungan mikrobiologi, kimia, probiotik, dan fisik dari minuman fermentasi, sehingga produk yang dihasilkan dapat diterima oleh konsumen dan memenuhi persyaratan keamanan pangan.

Tabel 1. Standar mutu minuman fermentasi menurut SNI 7552:2018

No.	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan	
			Tanpa perlakuan panas setelah fermentasi	Dengan perlakuan panas setelah fermentasi
1	Keadaan:			
1.1	Warna	-	normal	
1.2	Bau	-	normal	
1.3	Rasa	-	normal	
2	Protein (N x 6,38)	fraksi massa, %	min. 1,0	
3	Kultur bakteri	koloni/mL	min. $1,0 \times 10^6$	-
4	Kultur khamir ¹⁾	koloni/mL	min. $1,0 \times 10^4$	-
5	Cemaran logam			
5.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,02 ²⁾	
5.2	Kadmium (Cd)	mg/kg	maks. 0,05 ²⁾	
5.3	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40	
5.4	Merkuri (Hg)	mg/kg	maks. 0,02 ²⁾	
6	Cemaran arsen (As)	mg/kg	maks. 0,10 ²⁾	
7	Cemaran mikroba:		lihat Tabel 2	
CATATAN				
1) untuk minuman susu fermentasi yang bahan bakunya dari kefir dan kumys				
2) dihitung terhadap produk siap konsumsi				

Uji kestabilan penyimpanan minuman probiotik perlu dilakukan untuk mengevaluasi kualitas produk selama masa penyimpanan (Castro et al., 2013). Pengamatan dilakukan pada hari ke-1, 5, dan 7 untuk melihat terjadinya fenomena sineresis atau pemisahan fase yang dapat mempengaruhi kualitas produk (Gedik & Karahan, 2023). Metode pengukuran sineresis dilakukan dengan mengamati secara visual pembentukan dua fase dan mengukur tinggi fase yang terpisah menggunakan penggaris atau jangka sorong, kemudian dihitung persentasenya terhadap tinggi total sampel (Mondragón-Bernal et al., 2017).

Metode pasteurisasi yang sesuai untuk minuman probiotik berbasis kulit pisang perlu mempertimbangkan karakteristik produk dan kandungan senyawa bioaktifnya. Proses pasteurisasi dapat dilakukan dengan metode HTST (High Temperature Short Time) pada suhu 85°C selama 15-20 detik untuk menjaga

kualitas sensoris produk (Xu et al., 2020). Alternatif lain, pasteurisasi dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah yaitu 72°C selama 15 detik untuk mempertahankan komponen bioaktif dan nutrisi dalam produk (Zahid et al., 2022). Khusus untuk minuman yang mengandung ekstrak kulit pisang, pasteurisasi pada suhu 72°C selama 15 menit terbukti efektif dalam menjamin keamanan produk tanpa mengurangi secara signifikan senyawa bioaktif dari kulit pisang (Rizal et al., 2023).

Berdasarkan kajian literatur, tidak ditemukan adanya senyawa biokimia yang bersifat inhibitor pada kulit pisang yang dapat mempengaruhi pertumbuhan *Lactobacillus* maupun penggunaan CMC. Kulit pisang justru mengandung pektin yang dapat dihidrolisis menjadi prebiotik dan terbukti tidak menghambat pertumbuhan bakteri asam laktat (Doan et al., 2021). Penelitian lain juga mengkonfirmasi bahwa kulit pisang sebagai substrat tidak memiliki senyawa penghambat yang signifikan terhadap pertumbuhan *Lactobacillus* (Chooklin et al., 2014). Terkait dengan penggunaan CMC, studi menunjukkan bahwa CMC tidak memiliki efek penghambatan terhadap pertumbuhan *Lactobacillus*, bahkan dapat berfungsi sebagai pembawa yang baik untuk bakteriosin yang dihasilkan bakteri asam laktat (Agriopoulou et al., 2020). Lebih lanjut, penelitian tentang pengembangan produk berbasis CMC membuktikan bahwa CMC sangat kompatibel dengan *Lactobacillus plantarum* dan tidak menunjukkan efek penghambatan terhadap pertumbuhan probiotik (Zabihollahi et al., 2020).

Kebutuhan karbohidrat dalam produk minuman fermentasi sari kulit pisang dapat terpenuhi melalui beberapa sumber nutrisi yang tersedia. Kulit pisang secara alami mengandung komponen prebiotik dari kelompok karbohidrat yang tidak

tercerna, yang sangat bermanfaat untuk mendukung pertumbuhan bakteri probiotik dalam produk fermentasi (Dewi, 2023). Kandungan karbohidrat alami dalam kulit pisang ini berperan sebagai sumber energi utama yang dapat dimanfaatkan oleh bakteri asam laktat selama proses fermentasi berlangsung (Kuswinarto, 2017). Selain itu, dalam formulasi produk juga ditambahkan laktosa sebanyak 2g per 100mL yang berfungsi sebagai sumber karbohidrat tambahan yang dapat difermentasi oleh *Lactobacillus casei* menjadi asam laktat, sehingga memberikan karakteristik khas pada produk minuman fermentasi (Hidayat, 2019). Meskipun literatur tidak menyebutkan angka pasti total kandungan karbohidrat dalam produk akhir, namun dari komposisi bahan baku dan proses fermentasi yang terjadi, dapat dipastikan bahwa kebutuhan karbohidrat untuk pertumbuhan optimal bakteri dan pembentukan karakteristik produk telah terpenuhi melalui kombinasi berbagai sumber karbohidrat tersebut.

Teknik homogenisasi yang tepat dan pengontrolan pH memiliki korelasi yang sangat penting dalam mencegah pembentukan endapan pada produk. Homogenisasi yang efektif memerlukan energi yang konsisten dan parameter proses yang tepat untuk memastikan distribusi partikel yang merata dalam larutan (Delmas et al., 2023). Korelasi antara pH dan pembentukan endapan terletak pada pengaruhnya terhadap interaksi elektrostatis antar partikel dalam larutan. Ketika pH berada di luar rentang optimal, dapat terjadi agregasi partikel yang mengakibatkan pembentukan endapan (Perrechil & Cunha, 2010). Untuk mencapai hasil terbaik, proses homogenisasi sebaiknya dilakukan dengan teknik mikrofluidisasi yang telah terbukti menghasilkan emulsi lebih stabil dibandingkan metode lainnya (Qamar et al., 2019). Pengontrolan pH secara berkala sangat

penting karena pH yang tidak optimal dapat memicu agregasi partikel dan pembentukan endapan yang tidak diinginkan, sementara homogenisasi yang tepat dapat membantu meningkatkan stabilitas produk dan bioavailabilitas senyawa bioaktif di dalamnya (Betoret et al., 2015).

1.6 Hipotesis penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi konsentrasi *Lactobacillus casei* dan CMC terhadap kualitas minuman probiotik berbasis kulit pisang
2. Terdapat interaksi antara konsentrasi *Lactobacillus casei* dan CMC yang mempengaruhi karakteristik fisikokimia dan organoleptik minuman probiotik kulit pisang
3. Terdapat kombinasi optimal antara konsentrasi *Lactobacillus casei* dan CMC yang menghasilkan minuman probiotik kulit pisang dengan karakteristik terbaik sesuai standar minuman probiotik

1.7 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT Sanghiang Perkasa-Kalbe Nutritionals, Cikampek, yang bertempat di Kawasan Industri Indotaisei, Sektor 1A/Q2, Kalihurip, Kec. Cikampek, Karawang, Jawa Barat. Waktu penelitian dilaksanakan mulai dari bulan Desember 2024 hingga Selesai.

II TINJAUAN UMUM

Bab ini menguraikan mengenai: (1) Minuman Probiotik, (2) Kulit Pisang sebagai Bahan dasar Minuman probiotik, dan (3) Bakteri Asam Laktat *Lactobacillus casei*

2.1. Pisang Ambon (*Musa parasidiaca* var. *Sapientum* (L) kunt.)

Pisang sangat digemari oleh Masyarakat Indonesia, pisang merupakan tanaman hortikultura yang tersebar di seluruh negeri. Salah satu provinsi di Sumatera Utara memproduksi pisang paling banyak. Dari tahun 2015 hingga 2019, Sumatera Utara memproduksi 132.163 ton pisang, sedangkan Lampung memproduksi 1.512.975 ton dan Sumatera Selatan memproduksi 152.599 ton. (BPS Sumatera Utara, 2020)

Pisang ambon jenis pisang yang paling banyak digunakan dalam industri pangan. (Febriyanti & Kusnadi, 2015). Dengan laju pertumbuhan yang cepat, pisang ambon adalah salah satu tanaman yang paling banyak ditanam di Indonesia. Pohon dapat menghasilkan 7-10 sisir dengan 100-150 buah per pohon. Masyarakat mengonsumsi banyak pisang ambon karena mengandung senyawa yang disebut asam lemak rantai pendek, yang menjaga lapisan sel jaringan usus kecil dan meningkatkan kemampuan tubuh untuk menyerap nutrisi. (Zain, 2017).

Karakteristik fisik buah pisang, khususnya pisang ambon, sangat dipengaruhi oleh tingkat kematangannya, yang secara visual dapat diidentifikasi melalui perubahan warna kulitnya. Proses pematangan ini umumnya dibagi menjadi beberapa tahap:

1. Tahap Mentah (*Unripe*): Pada tahap ini, kulit pisang berwarna hijau pekat dan seragam. Tekstur buahnya masih keras dan padat, dengan rasa yang cenderung sepat karena kandungan patinya masih sangat tinggi.
2. Tahap Awal Matang (*Early Ripe*): Kulit pisang mulai berubah warna menjadi kuning kehijauan. Buah sudah mulai sedikit lebih lunak, namun rasa manisnya belum berkembang sepenuhnya.
3. Tahap Matang Sempurna (*Perfectly Ripe*): Kulit pisang berwarna kuning cerah dan merata. Ini adalah tahap di mana buah memiliki tekstur yang lembut namun tetap kokoh, dengan keseimbangan rasa manis dan sedikit asam yang optimal. Pada tahap inilah umumnya pisang dikonsumsi sebagai buah segar.
4. Tahap Sangat Matang (*Overripe*): Kulit pisang mulai menunjukkan bintik-bintik coklat atau kehitaman. Semakin banyak bintik, menandakan semakin tinggi tingkat kematangannya. Pada tahap ini, buah menjadi sangat lunak, dan kandungan patinya telah terkonversi maksimal menjadi gula, menghasilkan rasa yang sangat manis dan aroma yang kuat.



Gambar 1. Pisang Ambon (Cita, 2024)

Dalam taksonomi tumbuhan, kedudukan tanaman pisang dapat diklasifikasikan sebagai berikut: (Hastari, 2012)

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Ordo : Zingiberales

Famili : Musaceae

Genus : Musa

Species : Musa parasidiaca var. Sapientum (L) kunt.

Pisang mengandung banyak nutrisi. Per 100 gram daging buah terdapat gizi seperti energi (116-128 kcal), protein (1%), lemak (0.3%), karbohidrat (27%), mineral (Ca: 15mg, K: 380mg, Fe: 0.5mg, Na: 1.2mg), dan vitamin (Vit. A: 0.3mg, Vit. B1: 0.1mg, Vit. B2: 0.1mg, Vit. B6: 0.7mg, Vit. C: 20mg). Ca juga dapat menetralkan efek garam dan MSG, dan K dapat menjaga keseimbangan air tubuh dan tekanan darah normal. (Suhartanto dkk, 2012).

Buah pisang adalah produk utama tanaman pisang. Buah pisang dimakan sebagai buah meja atau dalam keadaan segar. Tepung pisang, pure, bir, cuka, kripik, sale, dodol, dan saus adalah beberapa jenis buah pisang yang dapat diproses. Jantung atau bunga pisang dapat dimakan sebagai sayuran. Buah pisang dikonsumsi sebagai makanan pokok di beberapa negara Amerika dan Afrika baik sebagai buah segar maupun olahan. (Harti dkk, 2012).

Masyarakat Indonesia terutama para pedagang menjadikan pisang ambon menjadi bahan baku utama untuk membuat aneka gorengan seperti pisang goreng, molen goreng, hingga inovasi olahan pisang keju, dimana buah pisang setelah diambil buahnya, kulitnya dibuang begitu saja di tempat pembuangan sampah dan belum banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar makanan yang menguntungkan secara ekonomi.

Kulit pisang, limbah dari buah pisang yang melimpah yang masih jarang dimanfaatkan, hanya digunakan sebagai pakan ternak atau dibuang begitu saja. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan nilai guna limbah kulit pisang.

2.2. Kulit Pisang Ambon sebagai bahan dasar Minuman Probiotik

Pisang adalah jenis tanaman yang dapat berbuah kapan saja. Pisang dapat dianggap sebagai tanaman multifungsi. Kulit, akar, umbi (bonggol), batang, dan daun dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Sebagian besar limbah pertanian berasal dari kulit pisang, yang sering menyebabkan pencemaran lingkungan (Hartono & Janu, 2013).

Pisang ambon adalah salah satu jenis pisang yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat, baik sebagai buah segar, olahan, bahan baku industri, maupun pakan ternak. Seiring dengan peningkatan produksi pisang ini, semakin banyak limbah kulit pisang yang dihasilkan. Kulit pisang adalah sampah organik, sekitar 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas, masih menjadi limbah yang tidak digunakan. (Febriyanti & Kusnadi, 2015)

Kulit pisang dapat digunakan dan diproses untuk menghasilkan berbagai produk makanan yang dikenal sebagai produk diversifikasi. Produk makanan seperti kerupuk kulit pisang, minuman jelly kulit pisang, dan dodol kulit pisang banyak mulai dibuat. Pangsa pasar penerima hasil produksi kerupuk kulit pisang mulai terbuka lebar, dan prospek bisnisnya di masyarakat cukup cerah. Hal ini juga didukung oleh pola konsumsi masyarakat yang mulai memperhatikan gizi makanan, sehingga dilakukan berbagai cara untuk mengolah kulit pisang menjadi makanan yang lebih sehat (Nafan, 2012).

Pemanfaatan kulit pisang ambon sebagai bahan dasar minuman probiotik juga sejalan dengan upaya pengurangan limbah organik. Dengan produksi pisang yang tinggi, pemanfaatan kulit pisang dapat mengurangi dampak lingkungan sekaligus menciptakan produk bernilai tambah. Studi oleh Wachirasiri dkk. (2009) menunjukkan bahwa sekitar 30-40% dari berat total buah pisang adalah kulitnya, yang sering kali menjadi limbah. Dengan mengolah kulit pisang menjadi minuman probiotik, kita dapat mengurangi jumlah limbah organik secara signifikan, seperti yang didemonstrasikan dalam penelitian Kusuma dkk. (2018) tentang pengolahan limbah kulit pisang menjadi produk pangan.

Menurut penelitian Supriyadi dan Wijaya (2012), kulit pisang ambon mengandung kadar air yang tinggi (69,90%) dibandingkan dengan jenis pisang lainnya, serta memiliki kandungan abu, lemak, protein, dan karbohidrat yang juga tertinggi. Komposisi nutrisi ini menjadikan kulit pisang ambon sebagai substrat yang ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme probiotik.

Secara spesifik, kandungan karbohidrat total dalam kulit pisang adalah sekitar 18,50%. Kandungan ini terdiri dari beberapa jenis. Pertama adalah gula sederhana seperti sukrosa, fruktosa, dan glukosa, yang berfungsi sebagai sumber energi cepat untuk fermentasi oleh *Lactobacillus casei*. Kedua adalah karbohidrat kompleks seperti serat pangan dan oligosakarida, serta pektin, yang sebagian besar berfungsi sebagai senyawa prebiotik (Kusuma, 2018)

Pektin, sebagai salah satu komponen karbohidrat kompleks utama, adalah jenis serat pangan larut air yang berperan penting dalam menentukan karakteristik fisik ekstrak. Sifatnya sebagai hidrokoloid berarti pektin dapat larut dan mengikat air, sehingga secara signifikan meningkatkan viskositas larutan. Kemampuan inilah yang menjelaskan mengapa ekstrak kulit pisang secara alami memiliki tingkat kekentalan tertentu, dan menjadi dasar penting dalam memahami interaksinya dengan penstabil tambahan seperti CMC dalam penelitian ini (Naqash et al., 2017).

Tabel 2. Komposisi Unsur Kimia dalam 100 gram kulit pisang

Kandungan Gizi	Kandungan
Air (gr)	69,93
Karbohidrat (gr)	18,50
Lemak (gr)	2,11
Protein (gr)	0,32

Kalsium (mg)	715
Fosfor (mg)	117
Zat Besi (mg)	1,60
Vitamin B (mg)	0,12
Vitamin C (mg)	17,50

Supriyadi dan Wijaya (2012)

Atikah dkk. (2019) menyimpulkan kulit pisang ambon merupakan jenis kulit pisang yang paling tinggi kandungan proksimatnya bila dibandingkan kulit pisang dari jenis pisang raja dan pisang kapok pada penelitian dengan diversifikasi limbah kulit pisang menjadi produk tepung. Senyawa-senyawa ini tidak hanya bermanfaat bagi kesehatan manusia, tetapi juga dapat berfungsi sebagai prebiotik yang mendukung pertumbuhan bakteri probiotik, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian Pramono dkk. (2018) tentang minuman sinbiotik dengan penambahan ekstrak kulit pisang.

Selain komponen nutrisi makro dan mikro yang disebutkan dalam tabel, kulit pisang juga dikenal kaya akan senyawa bioaktif dari golongan polifenol yang berfungsi sebagai antioksidan. Berdasarkan penelitian oleh Someya et al. (2002), senyawa-senyawa ini termasuk ke dalam kelompok flavonoid, seperti katekin dan epikatekin, serta kelompok asam fenolat seperti asam galat. Kehadiran senyawa-senyawa ini tidak hanya berkontribusi pada potensi fungsional produk sebagai sumber antioksidan, tetapi juga dapat memengaruhi profil sensorik, misalnya melalui senyawa tanin yang juga merupakan bagian dari polifenol.

Proses fermentasi kulit pisang ambon untuk menghasilkan minuman probiotik melibatkan penggunaan bakteri asam laktat (BAL) seperti *Lactobacillus plantarum* atau *Lactobacillus casei*. Penelitian Nurainy dkk. (2018) menunjukkan

bahwa BAL dapat tumbuh dengan baik pada substrat berbasis buah-buahan, menghasilkan asam laktat dan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan pencernaan. Lebih lanjut, Zubaidah dkk. (2012) menemukan bahwa fermentasi juga dapat meningkatkan bioavailabilitas nutrisi dan mengurangi kandungan senyawa antinutrisi yang mungkin terdapat dalam bahan baku seperti kulit pisang.

Minuman probiotik berbasis kulit pisang ambon memiliki potensi pasar yang menjanjikan. Dengan meningkatnya kesadaran konsumen akan pentingnya kesehatan pencernaan dan produk-produk alami, minuman probiotik dari kulit pisang dapat menjadi alternatif yang menarik. Selain itu, pengembangan produk ini juga mendukung konsep ekonomi sirkular dan pengurangan limbah pangan, yang semakin menjadi perhatian global.

Kulit pisang Ambon menawarkan prospek yang menjanjikan sebagai bahan utama dalam produksi minuman probiotik. Studi yang dilakukan Supriyadi dan Wijaya (2012) pada tahun 2012 mengungkapkan bahwa kulit pisang memiliki kandungan karbohidrat yang signifikan, mencapai sekitar 18,50%. Komposisi karbohidrat ini mencakup berbagai jenis gula sederhana seperti sukrosa, fruktosa, dan glukosa. Dalam proses fermentasi, bakteri asam laktat, termasuk *Lactobacillus casei*, memanfaatkan gula-gula ini sebagai sumber energi, yang kemudian menghasilkan asam laktat sebagai produk metabolit utama. Keberadaan gula alami ini menjadi nilai tambah dalam pengembangan minuman probiotik, karena dapat memberikan cita rasa manis tanpa perlu menambahkan pemanis tambahan secara berlebihan. Dengan memanfaatkan kulit pisang Ambon sebagai bahan baku utama minuman probiotik, tidak hanya memberikan solusi dalam pengelolaan limbah

organik, tetapi juga membuka peluang untuk menciptakan produk pangan fungsional yang inovatif dan kaya nutrisi.

2.3. Minuman Probiotik

Minuman probiotik merupakan salah satu jenis produk minuman fungsional yang diolah tanpa melalui proses pemanasan yang memiliki manfaat kesehatan terutama saluran cerna manusia. Minuman probiotik diolah dengan memanfaatkan probiotik tertentu menggunakan bahan dasar susu atau sari buah melalui proses fermentasi. Jenis kultur yang umumnya digunakan dalam pembuatan minuman probiotik berasal dari golongan bakteri asam laktat (Mustafa, et al., 2018). Produk yang dianggap sebagai probiotik harus mengandung bakteri asam laktat dan memiliki pH antara 3 dan 4 untuk mempertahankan keasaman asam lambung (Boro, 2017).

Bakteri asam laktat (BAL) membantu proses fermentasi saat membuat minuman probiotik. Ini adalah salah satu jenis bakteri yang membantu saluran pencernaan karena dapat mengembalikan keseimbangan flora usus (Fidyasari et al., 2020). Salah satu syarat yang harus dimiliki oleh bakteri probiotik adalah kemampuan mereka untuk menghasilkan substansi antimikroba untuk mencegah pertumbuhan bakteri patogen enterik. Asam organik, hidrogen peroksida, diasetil, dan diperkirakan juga bakteriosin, yang merupakan protein atau polipeptida yang memiliki sifat anti bakteri (Sunaryanto et al., 2014).

Menurut Juwita dan Fidyasari (2018), minuman probiotik menghasilkan asam asetat, etanol, dan asam glukonat sebagai bahan utama, dan asam laktat, asam fenolat, vitamin B, dan enzim sebagai bahan tambahan.

Minuman probiotik adalah jenis makanan fungsional dengan bahan aktif yang dapat mempengaruhi kesehatan seseorang. Makanan fungsional harus memenuhi tiga fungsi utama: sensasi (menarik warna dan penampilan, citarasa enak), nutrisi (memberikan nilai gizi tinggi), dan fisiologis (memberikan efek fisiologis yang bermanfaat bagi tubuh).

Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2018, yang menetapkan bahwa jumlah minimal bakteri asam laktat dalam produk probiotik harus mencapai 10^7 CFU/mL.

2.4. Bakteri asam Laktat *Lactobacillus casei*

Bakteri asam laktat memiliki beberapa sifat unik, termasuk kemampuan untuk berkembang biak dalam kondisi yang tidak biasa, seperti kadar pH, suhu, dan konsentrasi garam yang tinggi atau rendah, dan kemampuan untuk memfermentasikan beberapa gula-gula. Bakteri asam laktat termasuk dalam kelompok bakteri yang memenuhi standar GRAS, yang berarti bahwa mereka aman bagi manusia (Iqbal, 2019).

Berdasarkan pertumbuhannya, BAL termasuk ke dalam bakteri anaerobic maupun facultative anaerobic yang membutuhkan beberapa komponen nutrisi untuk tumbuh seperti asam amino, vitamin B1, B6, B12, biotin, purin dan pirimidin (Kasi et al., 2017).

BAL dapat fermentasi gula menjadi asam laktat dalam waktu singkat. Mikroba lain selain BAL tidak dapat berkembang karena waktu pertumbuhan BAL yang sangat cepat. Beberapa famili BAL adalah Lactobacillaceae, yang berarti Lactobacillus, dan Streptococcaceae, yang berarti terutama Leuconostoc,

Streptococcus, dan Pediococcus. Beberapa genus BAL dapat digunakan dalam campuran makanan karena tidak menghasilkan toksin dan tidak berbahaya bagi kesehatan (Finanda et al., 2021).

Berdasarkan hasil penelitian Rizal, dkk (2016), *Lactobacillus casei* merupakan bakteri dengan perlakuan terbaik dari parameter pengujian total asam laktat, ketahanan asam, dan nilai aktivitas antibakteri terhadap bakteri pathogen bila dibandingkan dengan penggunaan bakteri asam laktat lainnya seperti *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, dan *Streptococcus thermophilus*.

Lactobacillus casei memiliki batang pendek panjang 1,5–5,0 mm dan lebar 0,6– 0,7 mm dalam koloni tunggal maupun berantai. Bakteri ini gram positif dan katalase negatif; mereka tidak membentuk endospora atau kapsul; mereka tidak memiliki flagela, dan mereka tumbuh dengan baik dalam kondisi anaerob fakultatif. Berdasarkan suhu pertumbuhannya, bakteri ini termasuk bakteri mesofil, yang dapat hidup pada suhu antara 15 dan 41°C dan pH 3,5 atau lebih, tetapi kondisi pertumbuhan terbaik mereka adalah pada suhu 37 derajat Celcius dan pH 6,8 (Suseno et al., 2012). Menurut Holt et al. dalam Candraningtyas (2019), taksonomi *Lactobacillus casei* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Bacteria

Division : Firmicutes

Class : Bacilli

Ordo : Lactobacillales

Famili : Lactobacillaceae

Genus : *Lactobacillus*

Species : *Lactobacillus casei*



Gambar 2. Bakteri *Lactobacillus casei* (Rizal, 2016)

Lactobacillus casei memproduksi probiotik manusia, kultur starter asam untuk fermentasi, dan kultur khas untuk menghasilkan rasa pada varietas keju (Boro, 2017). *Lactobacillus casei* adalah jenis bakteri homofermentatif asam laktat yang memfermentasi glukosa menjadi asam laktat sebanyak 90% dalam produk minuman fermentasi laktat. *Lactobacillus casei* juga membuat senyawa-senyawa inhibitor (asam laktat, asam asetat), H₂O₂, dan bakteriosin, yang keduanya memiliki kemampuan untuk menghentikan pertumbuhan dan pembunuhan bakteri patogen dalam usus.

Bakteri *Lactobacillus casei* adalah golongan BAL yang sering ditemukan dalam makanan fermentasi, produk olahan ikan, daging, susu, dan buah-buahan. *L.casei* adalah bakteri gram positif, anaerob, berbentuk batang, tidak membentuk spora, dan menghasilkan banyak asam laktat. *L.casei* juga berfungsi sebagai starter dalam produk minuman fermentasi. Bakteri ini adalah bakteri homofermentatif

asam laktat, yang berarti mereka dapat mengubah glukosa menjadi banyak asam laktat dan juga menghasilkan sejumlah kecil asam sitrat, yang mengubah rasa minuman fermentasi laktat (Tambunan, 2016).

Secara lebih rinci, proses fermentasi homofermentatif yang dilakukan oleh *Lactobacillus casei* merupakan jalur metabolisme yang sangat efisien untuk menghasilkan energi dalam kondisi anaerob. Mekanisme ini dimulai dengan pemecahan sumber karbohidrat—baik gula sederhana dari kulit pisang maupun laktosa yang ditambahkan—menjadi glukosa. Melalui jalur glikolisis, satu molekul glukosa kemudian dipecah menjadi dua molekul piruvat. Dalam kondisi tanpa oksigen, piruvat ini selanjutnya direduksi oleh enzim laktat dehidrogenase (LDH) menjadi asam laktat sebagai produk akhir utama. Efisiensi jalur ini sangat tinggi, di mana lebih dari 90% gula yang digunakan akan dikonversi menjadi asam laktat. Akumulasi asam laktat inilah yang secara langsung menyebabkan penurunan pH, menciptakan profil rasa asam yang khas, dan berfungsi sebagai pengawet alami yang menghambat pertumbuhan mikroba patogen (Tambunan, 2016).

Penentuan waktu inkubasi yang optimal dalam fermentasi sari kulit pisang menggunakan *Lactobacillus casei* dapat ditentukan melalui analisis kurva pertumbuhan bakteri yang terdiri dari empat fase utama. Fase pertama adalah fase lag (0-4 jam) dimana *Lactobacillus casei* melakukan adaptasi terhadap media fermentasi sari kulit pisang dan terjadi sintesis enzim yang diperlukan untuk metabolisme substrat, namun belum terjadi pembelahan sel yang signifikan (Widowati & Misgiyarta, 2018). Selanjutnya memasuki fase log atau eksponensial (4-16 jam) dimana pertumbuhan sel mencapai kecepatan maksimum dengan aktivitas metabolisme yang sangat tinggi, ditandai dengan peningkatan produksi

asam laktat secara pesat sebagai metabolit primer (Rahayu et al., 2020). Pada fase stasioner (16-24 jam), jumlah sel yang tumbuh seimbang dengan sel yang mati, terjadi akumulasi asam laktat maksimum, nutrisi mulai berkurang dan pH media mencapai titik terendah (Kusuma et al., 2019). Fase terakhir adalah fase kematian (>24 jam) yang ditandai dengan jumlah sel yang mati lebih banyak daripada sel yang tumbuh akibat akumulasi produk metabolit yang bersifat toksik, sehingga terjadi penurunan viabilitas sel secara signifikan. Berdasarkan analisis kurva pertumbuhan tersebut, waktu inkubasi optimal untuk fermentasi sari kulit pisang menggunakan *Lactobacillus casei* adalah 16-18 jam, dimana pada periode ini *Lactobacillus casei* berada di akhir fase eksponensial menuju awal fase stasioner dengan jumlah sel bakteri mencapai maksimum (10^8 - 10^9 CFU/mL), produksi metabolit primer (asam laktat) optimal, pH medium mencapai kisaran yang diinginkan (3,8-4,2), serta karakteristik organoleptik produk terbaik tercapai.

Penambahan *Lactobacillus casei* ke dalam filtrat kulit pisang memerlukan pengaturan pH yang tepat untuk memastikan pertumbuhan optimal bakteri probiotik tersebut. pH optimal untuk penambahan *Lactobacillus casei* berada pada rentang 5.5-6.5, dengan pH 6.0 sebagai kondisi ideal untuk pertumbuhan dan viabilitas sel (Johnson et al., 2021). Sebelum inokulasi, filtrat kulit pisang perlu diatur pH-nya menjadi 6.0 ± 0.2 menggunakan larutan buffer atau NaOH food grade untuk menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri (Martinez et al., 2022). Pengaturan pH ini sangat krusial karena kondisi yang terlalu asam ($\text{pH} < 4.5$) atau terlalu basa ($\text{pH} > 7.0$) dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas metabolisme bakteri, yang pada akhirnya mempengaruhi kualitas produk fermentasi (Kim et al., 2020). Selama proses fermentasi, pH media akan secara

alami mengalami penurunan akibat produksi asam laktat oleh *Lactobacillus casei*, sehingga pengaturan pH awal yang tepat menjadi faktor penting dalam keberhasilan proses fermentasi dan menjaga viabilitas probiotik (Anderson et al., 2023).

Lactobacillus casei memiliki persyaratan karbohidrat optimal untuk pertumbuhannya, khususnya dalam penggunaan laktosa sebagai sumber karbon. Konsentrasi laktosa yang optimal untuk pertumbuhan *Lactobacillus casei* berkisar antara 4,5-5,0%, di mana pada konsentrasi ini bakteri dapat melakukan metabolisme dengan efisien untuk menghasilkan biomassa dan asam laktat. Dalam metabolismenya, *Lactobacillus casei* memiliki sistem enzim yang kompleks yang memungkinkan pemecahan laktosa menjadi glukosa dan galaktosa melalui jalur metabolisme homofermentatif. Efisiensi fermentasi laktosa oleh *Lactobacillus casei* menunjukkan hasil optimal pada konsentrasi 20-40 g/L, namun perlu diperhatikan bahwa produktivitas dapat dipengaruhi oleh akumulasi produk metabolit.

2.5. Carboxymethyl Cellulose (CMC)

Carboxymethyl Cellulose (CMC) merupakan derivat selulosa yang memiliki peran penting dalam industri pangan Indonesia. Senyawa ini dihasilkan melalui proses modifikasi kimia selulosa dengan sodium monochloroacetate dalam lingkungan basa. Struktur molekulnya terdiri dari rantai β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopyranose yang telah mengalami substitusi dengan gugus karboksimetil, dengan tingkat substitusi yang bervariasi (Ferdiansyah et al., 2017).

Karakteristik fungsional CMC sangat bergantung pada derajat substitusi (DS) dan massa molekulnya. Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa CMC

dengan DS yang lebih tinggi memiliki kelarutan yang lebih baik dalam air dan menghasilkan larutan yang lebih kental. Dalam aplikasi pangan, konsentrasi CMC yang umum digunakan berkisar antara 0,1% hingga 1,5%, tergantung pada efek yang diinginkan dan jenis produk yang dibuat (Widaningrum et al., 2015).

Kemampuan CMC dalam pembentukan gel dan peningkatan viskositas larutan menjadi fokus penelitian di Indonesia. Sifat hidrofilik CMC memungkinkannya untuk mengikat air dan membentuk struktur jaringan tiga dimensi, yang berperan penting dalam perbaikan tekstur, pencegahan sineresis, dan peningkatan stabilitas produk pangan selama penyimpanan (Ferdiansyah et al., 2017).

Keunggulan utama CMC sebagai penstabil dalam produk pangan adalah efektivitasnya pada rentang pH yang luas. Viskositas larutan CMC mencapai kondisi paling stabil dan optimal pada rentang pH 4 hingga 10. Dalam rentang ini, gugus karboksimetil pada struktur CMC tetap terionisasi, menyebabkan rantai polimer mengembang dan mempertahankan daya pengentalan yang maksimal. Stabilitas pada kondisi asam inilah yang membuat CMC menjadi pilihan yang sangat sesuai untuk minuman fermentasi seperti produk dalam penelitian ini, yang memiliki pH akhir di kisaran 4-5 (Imeson, 2010).

Selain stabil terhadap pH, CMC juga menunjukkan ketahanan yang baik terhadap hidrolisis atau pemutusan rantai polimer selama proses pengolahan termal. Hidrolisis yang dapat menyebabkan penurunan viskositas secara signifikan umumnya hanya terjadi pada kombinasi kondisi yang ekstrem, yaitu pH yang sangat asam (di bawah 4) dan pemanasan pada suhu tinggi dalam periode yang

lama. Mengingat kondisi proses dalam penelitian ini melibatkan pH produk akhir di atas 4.5 dan perlakuan pasteurisasi yang terkontrol (72°C selama 15 menit), maka degradasi atau hidrolisis CMC yang signifikan sangat kecil kemungkinannya terjadi, sehingga fungsinya sebagai penstabil diyakini tetap efektif (Imeson, 2010).

Studi tentang penggunaan CMC dalam minuman probiotik di Indonesia telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Penambahan CMC pada konsentrasi 0,1-0,3% terbukti dapat meningkatkan stabilitas dan kualitas sensoris minuman probiotik berbasis sari buah. CMC berperan dalam mencegah pemisahan fase dan mempertahankan konsistensi minuman selama penyimpanan (Nuraeni et al., 2018).

Interaksi CMC dengan komponen pangan lainnya juga menjadi topik penelitian yang menarik di Indonesia. Beberapa studi menunjukkan bahwa CMC dapat berinteraksi dengan polisakarida lain seperti pati dan kitosan, membentuk kompleks yang mempengaruhi sifat fisikokimia produk akhir (Setiani et al., 2013). Dalam konteks pengembangan minuman probiotik berbasis kulit pisang, pemahaman tentang interaksi antara CMC dan senyawa bioaktif dari kulit pisang menjadi penting untuk mengoptimalkan stabilitas dan kualitas produk.

Selain fungsinya sebagai penstabil, penelitian di Indonesia juga mengungkapkan potensi CMC sebagai sumber serat pangan. Penambahan CMC dalam formulasi produk pangan dapat meningkatkan kandungan serat, membuka peluang untuk pengembangan minuman probiotik fungsional dengan manfaat kesehatan tambahan (Nuraeni et al., 2018).

Namun, perlu digarisbawahi bahwa substrat utama penelitian ini, kulit pisang ambon, merupakan sumber pektin yang signifikan, dengan kandungan yang dapat

berkisar antara 1.6% hingga 4.5%. Pektin, sama seperti CMC, adalah sebuah hidrokoloid yang fungsi utamanya dalam industri pangan adalah sebagai agen pembentuk gel dan penstabil. Oleh karena itu, sistem yang diteliti bukanlah sekadar medium dengan satu jenis penstabil (CMC), melainkan sebuah sistem *bi-hidrokoloid* yang kompleks. Interaksi antara pektin alami dan CMC yang ditambahkan dapat bersifat sinergis maupun antagonis, yang berpotensi besar memengaruhi reologi, stabilitas fisik, dan persepsi sensorik produk akhir. (Nurhayati et al., 2016)

Aspek keamanan penggunaan CMC telah diatur dalam regulasi Indonesia. Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia telah memasukkan CMC dalam daftar bahan tambahan pangan yang diizinkan, dengan batas penggunaan yang disesuaikan dengan kebutuhan produk (BPOM RI, 2013). Meskipun demikian, optimasi konsentrasi CMC tetap diperlukan untuk memastikan keamanan dan kualitas produk yang optimal.

Penambahan CMC sebaiknya dilakukan di awal proses fermentasi dengan beberapa pertimbangan penting. Pertama, CMC (Carboxymethyl Cellulose) berfungsi sebagai stabilizer dan pengental yang berperan dalam menjaga kestabilan suspensi selama proses fermentasi berlangsung. Ketika ditambahkan di awal, CMC dapat membentuk matriks yang seragam dengan bahan-bahan lainnya, sehingga mencegah terjadinya pengendapan komponen selama fermentasi. Hal ini penting karena selama proses fermentasi, bakteri asam laktat membutuhkan substrat yang terdistribusi secara merata untuk pertumbuhan optimal.

Penambahan CMC di awal akan membantu mengoptimalkan viskositas medium fermentasi. Viskositas yang tepat penting untuk metabolisme bakteri asam laktat, karena dapat mempengaruhi transfer nutrisi dan membantu bakteri tersebar merata dalam medium. CMC juga memiliki kemampuan mengikat air yang baik, sehingga ketika ditambahkan di awal dapat membantu menstabilkan kadar air selama fermentasi dan mencegah sineresis (keluarnya air dari sistem koloid).

III METODE PENELITIAN

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

3.1. Bahan dan Alat

3.1.1. Bahan-bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisang ambon (*Musa paradisiaca* var. *Sapientum*) yang didapat dari pasar Sukaseuri, Cikampek. Pisang yang dipilih berada pada tahap matang sempurna (*Perfectly Ripe*), yang secara visual ditandai dengan kulit berwarna kuning cerah dan merata, untuk memastikan keseragaman bahan baku. Bahan lain yang digunakan adalah kultur murni *Lactobacillus casei* untuk sebagai agen probiotik, CMC, laktosa, susu skim yang diperoleh dari supermarket.

Bahan yang digunakan untuk analisis dalam penelitian yaitu aquadest, media deMan Rogosa Sharpe Agar (MRSA) dan Tryptic Soy Broth (TSB) untuk pertumbuhan kultur, media Plate Count Agar untuk pertumbuhan non selektif, Alkohol 70%, larutan NaOH 0,1 N, larutan NaCl, pH meter, indikator fenolftalein, media MRS agar (de Man, Rogosa and Sharpe agar), dan formulir uji organoleptik dengan skala hedonik.

3.1.2. Alat-alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam proses pembuatan minuman probiotik antara lain blender, timbangan, baskom, plastik, kain saring, wadah botol kaca, inkubator, autoclave, pH meter.

Alat yang digunakan untuk analisis dalam penelitian ini adalah Biological Safety Cabinet (BSC), cawan petri, tips steril, mikropipet 1ml, botol kaca 500 ml dan 100 ml, inkubator, colony counter, jarum ose, vortex, gelas ukur, Erlenmeyer, buret, pipet tetes, pH meter, alat titrasi, alat penghitung koloni, formulir uji organoleptik, alat tulis, dan peralatan penyajian sampel seperti gelas atau wadah kecil.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan yaitu analisis untuk menentukan konsentrasi optimal inokulum *Lactobacillus casei*. Penelitian ini penting mengingat penggunaan kultur murni dari Kwik-Stik yang belum diketahui konsentrasi awalnya, serta kebutuhan untuk mencapai minimal 10^7 CFU/ml *Lactobacillus* pada produk akhir sesuai standar minuman probiotik.

Konsentrasi inokulum optimal yang diperoleh dari penelitian pendahuluan ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan rentang konsentrasi starter (4%, 5%, dan 6%) dalam penelitian utama pembuatan minuman probiotik sari kulit pisang. Pendekatan ini memastikan bahwa penelitian utama dimulai dengan parameter yang sudah dioptimalkan, meningkatkan probabilitas keberhasilan dalam mencapai standar minuman probiotik yang diinginkan.

3.2.2. Rancangan Utama

Penelitian utama bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi konsentrasi *Lactobacillus casei* dan variasi konsentrasi CMC terhadap karakteristik produk akhir minuman probiotik sari limbah kulit pisang dengan respon kimia

(kadar total asam dan pH), respon mikrobiologi (perhitungan total bakteri asam laktat), yang kemudian dilanjutkan dengan respon organoleptik yang terdiri dari (aroma dan rasa). Adapun variasi konsentrasi inokulum *Lactobacillus casei* yang ditambahkan yaitu 4%, 5%, dan 6%. Sedangkan variasi konsentrasi CMC yang ditambahkan yaitu 0,1%, 0,2%, dan 0,3%.

3.2.3. Rancangan Perlakuan

Model rancangan perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari 2 faktor dengan masing-masing faktor memiliki 3 taraf, diantaranya sebagai berikut :

Faktor 1. Faktor perlakuan konsentrasi starter *Lactobacillus* (A), terdiri dari tiga taraf yaitu:

a1 : 4%

a2 : 5%

a3 : 6%

Faktor 2. Faktor perlakuan konsentrasi CMC (B), terdiri dari tiga taraf yaitu:

b1 : 0,1%

b2 : 0,2%

b3 : 0,3%

Pemilihan variasi konsentrasi inokulum 4%, 5%, dan 6% dalam penelitian ini didasarkan pada tinjauan literatur yang menunjukkan efektivitas konsentrasi serupa dalam produksi minuman probiotik. Utami (2018) menggunakan

konsentrasi 5% *Lactobacillus casei* dengan hasil yang baik, sementara Idayati et al. (2016) mendemonstrasikan efektivitas konsentrasi hingga 6%. Dengan memilih rentang 4-6%, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan konsentrasi inokulum untuk produk spesifik yang dikembangkan, sambil tetap berada dalam rentang yang telah terbukti efektif dalam literatur.

Rentang konsentrasi CMC yang dipilih adalah 0,1%, 0,2%, dan 0,3%. Pemilihan ini didasarkan pada kajian literatur terkini yang menunjukkan keefektifan konsentrasi tersebut dalam formulasi minuman probiotik dan produk susu fermentasi. Studi oleh Arancibia et al. (2011) membuktikan bahwa CMC pada rentang konsentrasi ini efektif sebagai bahan dasar dalam minuman susu rendah lemak. Selanjutnya, penelitian Kumar et al. (2021) mengaplikasikan CMC pada level 0,3% dalam pengembangan lassi sinbiotik yang diperkaya Aloe vera, mendemonstrasikan kesesuaian konsentrasi tersebut untuk produk fermentasi. Sementara itu, Hashemi dan Hosseini (2021) mengeksplorasi penggunaan CMC pada konsentrasi 0,1% dan 0,2% dalam minuman yogurt probiotik, yang terbukti efektif mencegah pemisahan fase. Dengan mengadopsi rentang 0,1-0,3%, penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi CMC optimal yang spesifik untuk produk yang dikembangkan, sekaligus mengevaluasi dampaknya terhadap stabilitas, karakteristik reologi, dan profil sensorik minuman probiotik, sambil tetap berpijak pada rentang yang telah divalidasi dalam studi-studi sebelumnya.

3.2.4. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan pola faktorial 3x3 yang terdiri dari dua faktor dengan pengulangan percobaan sebanyak 2 kali.

Sehingga percobaan yang diperoleh sebanyak 18 satuan percobaan. Untuk membuktikan adanya perbedaan pengaruh perlakuan terhadap respon variabel atau parameter yang diamati, maka dilakukan analisis data dengan model matematika sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + K_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dimana :

Y_{ijk} = Hasil pengamatan dari kelompok ke-k yang memperoleh taraf ke-i dari Faktor perlakuan konsentrasi starter *Lactobacillus casei* (A) dan taraf ke-j dari Faktor perlakuan konsentrasi CMC (B)

μ = Nilai rata-rata respon yang sesungguhnya/nilai tengah populasi

K_k = Pengaruh dari taraf kelompok ke-k

A_i = Pengaruh perlakuan konsentrasi starter *Lactobacillus casei* pada taraf ke-i

B_j = Pengaruh perlakuan konsentrasi CMC pada taraf ke-j

$(AB)_{ij}$ = Pengaruh interaksi konsentrasi starter *Lactobacillus casei* dan konsentrasi CMC pada taraf ke-i (dari faktor perlakuan konsentrasi starter *Lactobacillus casei*) dan taraf ke-j (dari faktor perlakuan konsentrasi CMC).

ϵ_{ijk} = Pengaruh acak (galat percobaan) pada taraf ke-i (dari faktor perlakuan konsentrasi starter *Lactobacillus casei*), taraf ke-j (dari faktor perlakuan konsentrasi CMC), interaksi konsentrasi starter *Lactobacillus casei* dan konsentrasi CMC yang ke-i dan ke-j.

i = 1, 2, 3 (banyaknya variasi konsentrasi starter *Lactobacillus casei* (a₁,a₂,a₃))

j = 1, 2, 3 (banyaknya variasi konsentrasi CMC (b₁,b₂,b₃))

k = banyaknya ulangan

Model rancangan pola dua faktorial dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 3. Model Rancangan Percobaan Rancangan Acan Kelompok (RAK) pola Faktorial 3x3 dengan 2 kali ulangan

Konsentrasi starter <i>Lactobacillus casei</i>	Konsentrasi CMC	Kelompok Ulangan	
		1	2
a ₁ (4%)	b ₁ (0,1%)	a ₁ b ₁	a ₁ b ₁
	b ₂ (0,2%)	a ₁ b ₂	a ₁ b ₂
	b ₃ (0,3%)	a ₁ b ₃	a ₁ b ₃
a ₂ (5%)	b ₁ (0,1%)	a ₂ b ₁	a ₂ b ₁
	b ₂ (0,2%)	a ₂ b ₂	a ₂ b ₂
	b ₃ (0,3%)	a ₂ b ₃	a ₂ b ₃
a ₃ (6%)	b ₁ (0,1%)	a ₃ b ₁	a ₃ b ₁
	b ₂ (0,2%)	a ₃ b ₂	a ₃ b ₂
	b ₃ (0,3%)	a ₃ b ₃	a ₃ b ₃

Sumber : Gasperz (2006)

Berdasarkan rancangan faktorial diatas, dapat dibuat tabel angka acak dalam denah (layout) percobaan faktorial 3x3 dengan RAK pada tabel berikut :

Tabel 4. Layout Rancangan Acak Kelompok Pola Faktorial 3x3

Kelompok Ulangan ke-1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
a_3b_3	a_3b_2	a_1b_2	a_1b_1	a_2b_2	a_1b_3	a_2b_1	a_2b_3	a_3b_1
Kelompok Ulangan ke-2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
a_2b_3	a_1b_3	a_3b_3	a_1b_1	a_3b_2	a_2b_2	a_1b_2	a_3b_1	a_2b_1

3.2.5. Rancangan Analisis

Rancangan analisis dapat dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang dicobakan terhadap respon yang diteliti yang disusun pada tabel Analisis Variansi (ANAVA). Berdasarkan rancangan diatas, maka dapat dibuat Analisis Variansi (ANAVA) untuk mendapatkan kesimpulan mengenai pengaruh perlakuan dimana analisis variansi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Analisis Variansi (ANAVA) Percobaan Faktorial dengan RAK

Sumber keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F tabel (5%)
Kelompok	(r-1)	JKK	KTK	-	-
Perlakuan	(ab-1)	JKP	KTP	-	-
Faktor (A)	(a-1)	JK(A)	KT(A)	KT(A)/KTG	-
Faktor (B)	(b-1)	JK(B)	KT(B)	KT(B)/KTG	-
Interaksi (AB)	(a-1)(b-1)	JK(AB)	KT(AB)	KT(AB)/KTG	-
Galat	(r-1)(ab-1)	JKG	KTG		

Total	r.ab-1	JKT	
-------	--------	-----	--

(Sumber: Gasperz, 1995)

Keterangan :

r = replikasi (ulangan)

t = perlakuan

A = konsentrasi starter *Lactobacillus casei* (A)

B = konsentrasi CMC (B)

db = derajat bebas

JK = jumlah kuadrat

KT = kuadrat tengah

Kesimpulan dari hipotesis adalah hipotesis diterima jika ada pengaruh nyata antara rata-rata dari masing-masing perlakuan atau disebut berbeda nyata. Hipotesis ditolak jika tidak ada pengaruh dari masing-masing perlakuan.

Berdasarkan rancangan percobaan diatas, selanjutnya ditentukan daerah penolakan hipotesis, yaitu :

1. Hipotesis ditolak (H_0) jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ pada taraf 5%, maka konsentrasi starter *Lactobacillus casei* dan konsentrasi CMC tidak berpengaruh terhadap karakteristik minuman probiotik kulit pisang.
2. Hipotesis diterima (H_1), jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ pada taraf 5%, maka konsentrasi starter *Lactobacillus casei* dan konsentrasi CMC berpengaruh terhadap karakteristik minuman probiotik kulit pisang. Kemudian akan dilanjutkan dengan

uji lanjut Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dari masing-masing perlakuan pada taraf 5%.

Analisis dilakukan apabila terdapat pengaruh nyata antara rata-rata dari masing-masing perlakuan ($F_{hitung} \geq F_{tabel}$) adalah dengan melakukan uji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan untuk mengetahui kelompok sampel yang memiliki perbedaan mencolok.

3.2.6. Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan pada penelitian ini meliputi respon kimia, fisika, mikrobiologi, dan respon organoleptik.

- a. Respon Kimia yang akan dilakukan meliputi Pengukuran pH menggunakan pH meter (SNI, 1992) dan Pengukuran Total Asam Tertitrasi dengan metode titrasi (AOAC, 2005).
- b. Respon Mikrobiologi yang akan dilakukan adalah Penghitungan Total Bakteri Asam Laktat (BAL) dengan metode Total Plate Count (TPC) menggunakan media MRS agar (de Man, Rogosa and Sharpe agar) (ISO 15214:1998)
- c. Respon Organoleptik yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji kesukaan panelis terhadap respon produk yang diuji dengan skala hedonik yang ditransformasikan ke skala numerik. Uji organoleptik ini dilakukan pada 30 orang panelis yang terlatih dan respon yang diuji terhadap produk minuman probiotik meliputi rasa, aroma, dan warna. Uji visual tambahan yang dilakukan adalah mengamati apakah ada endapan atau tidak.

- d. Respon Fisik yang akan dilakukan adalah Analisis Stabilitas Fisik (Pengamatan Visual Endapan).

3.3. Prosedur Penelitian

a) Penelitian utama tahap 1 : Perbanyak kultur *Lactobacillus casei*

1. Persiapan Kultur Murni *Lactobacillus casei*

Tahap awal dimulai dengan persiapan kultur murni *Lactobacillus casei* dalam bentuk kwikstik. Kwikstik yang disimpan dalam kulkas dikeluarkan dan dibiarkan hingga mencapai suhu ruang. Setelah itu, dilakukan pemecahan ampul sesuai petunjuk pada kwikstik dan penekanan bagian atas untuk melepaskan kultur ke ujung swab. Proses ini harus dilakukan secara aseptis untuk menghindari kontaminasi pada kultur murni.

2. Penggoresan pada Media Natrium Agar

Kultur dari kwikstik selanjutnya digoreskan pada media Natrium Agar yang telah disiapkan dalam cawan petri steril. Penggoresan dilakukan menggunakan teknik streak quadrant untuk mendapatkan koloni terpisah. Proses ini memerlukan ketelitian dan kesterilan untuk memastikan tidak ada kontaminasi dari mikroorganisme lain. Penggoresan harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak merusak permukaan media agar.

3. Inkubasi Anaerob Tahap Pertama

Media yang telah digores kemudian diinkubasi dalam kondisi anaerob menggunakan anaerobic jar yang dilengkapi dengan gas pack. Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 24 jam. Kondisi anaerob sangat penting dijaga untuk memastikan pertumbuhan optimal *Lactobacillus casei* yang bersifat anaerob

fakultatif. Suhu dan waktu inkubasi harus dijaga konstan selama proses berlangsung.

4. Inokulasi pada Susu Skim

Setelah masa inkubasi, koloni yang tumbuh pada media Natrium Agar diinokulasikan ke dalam media susu skim steril. Pengambilan koloni dilakukan dengan menggunakan ose steril, diambil sebanyak 1-2 ose dan dipindahkan ke dalam media susu skim. Proses ini dilakukan secara aseptis untuk menjaga kemurnian kultur dan menghindari kontaminasi.

5. Enumerasi dengan Pengenceran Bertingkat

Proses enumerasi dilakukan melalui pengenceran bertingkat hingga pengenceran 10^{-8} menggunakan media MRS-agar. Tahap ini dimulai dengan menyiapkan 8 tabung berisi pengencer steril. Setiap pengenceran dilakukan dengan mengambil 1 ml suspensi dan menambahkannya ke dalam 9 ml pengencer, dilanjutkan dengan homogenisasi menggunakan vortex. Dari setiap tingkat pengenceran, dilakukan plating pada media MRS-agar.

6. Inkubasi Anaerob Tahap Kedua

Hasil plating dari pengenceran bertingkat diinkubasi kembali dalam kondisi anaerob pada suhu 37°C selama 24 jam. Seperti pada inkubasi pertama, kondisi anaerob diciptakan menggunakan anaerobic jar dengan gas pack baru. Suhu dan waktu inkubasi harus dijaga konstan untuk memastikan pertumbuhan optimal bakteri.

7. Perhitungan Konsentrasi Optimal

Berdasarkan hasil pembacaan, dilakukan perhitungan untuk menentukan konsentrasi optimal kultur yang akan ditambahkan pada sari kulit pisang.

Perhitungan ini meliputi penentuan CFU/ml dan pertimbangan faktor pengenceran. Hasil perhitungan didokumentasikan dengan baik untuk menjamin ketepatan konsentrasi yang akan digunakan.

8. Penyiapan Kultur dengan Konsentrasi Optimal

Tahap akhir adalah penyiapan kultur *Lactobacillus casei* dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Kultur disiapkan dalam kondisi aktif dan dijaga dalam kondisi optimal hingga siap digunakan. Penyimpanan kultur dilakukan dengan memperhatikan suhu dan kondisi yang sesuai untuk mempertahankan viabilitas bakteri.

b) Penelitian utama tahap 2 : Pengolahan minuman probiotik kulit pisang dengan variasi konsentrasi starter dan konsentrasi CMC

1. Sortasi dan Pencucian

Proses dimulai dengan sortasi dan pencucian kulit buah pisang. Tahap ini bertujuan untuk memisahkan kotoran serta kulit buah pisang yang rusak dari bahan baku yang akan digunakan. Pencucian juga membantu menghilangkan kotoran yang menempel pada kulit pisang.

2. Pengerokan

Setelah dicuci, kulit pisang mengalami proses pengerokan. Tahap ini bertujuan untuk memisahkan bagian dalam kulit pisang yang akan digunakan dari ampas atau bagian yang tidak diperlukan. Ampas yang dihasilkan dipisahkan dan tidak digunakan dalam proses selanjutnya.

3. Penimbangan

Kulit pisang yang telah diolah kemudian ditimbang. Tahap ini penting untuk memastikan konsistensi jumlah bahan yang akan diproses lebih lanjut dan untuk perhitungan yang akurat dalam langkah-langkah berikutnya.

4. Blanching

Proses blanching dilakukan pada kulit pisang yang telah ditimbang. Blanching bertujuan untuk menginaktivasi enzim, melunakkan tekstur, dan mengurangi mikroorganisme pada permukaan kulit pisang. Blansing menggunakan air panas (hot water blanching) dapat dilakukan pada suhu 80°C selama 5 menit, metode ini efektif untuk inaktivasi enzim penyebab pencoklatan dan mempertahankan kualitas nutrisi bahan (Taiwo & Adeyemi, 2009).

Urutan proses di mana pengerokan dilakukan sebelum blansir merupakan pilihan metodologis yang strategis. Menurut prinsip pengolahan pangan, perlakuan panas seperti blansir akan lebih efektif jika diterapkan langsung pada bahan yang akan digunakan. Dengan membuang lapisan kulit luar terlebih dahulu, transfer panas ke bagian dalam kulit pisang menjadi lebih cepat dan merata, sehingga memastikan inaktivasi enzim dan pengurangan senyawa tanin yang tidak diinginkan menjadi lebih optimal. Prosedur ini sejalan dengan praktik umum dalam pengolahan kulit pisang untuk produk turunan lainnya, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian pembuatan tepung kulit pisang oleh Pratama et al. (2020).

Perlakuan panas ini kemungkinan besar memiliki dua dampak kritis lain yang tidak didiskusikan. Pertama, kulit pisang secara alami mengandung tanin, senyawa polifenol yang dapat memberikan rasa sepat dan berpotensi menghambat pertumbuhan mikroba. Proses *blanching* diketahui efektif dalam mengurangi

konsentrasi senyawa yang labil terhadap panas seperti tanin, sehingga membuat substrat lebih kondusif untuk fermentasi. Kedua, pemanasan pada bahan kaya pektin dapat mengubah struktur dan kelarutan pektin itu sendiri, yang pada gilirannya memengaruhi sifat fungsionalnya sebagai hidrokoloid alami dalam sistem. (Banowati, 2023)

5. Penghancuran dengan Blender

Pada tahap penelitian awal, rasio 1:1 dan 1:5 (bubur kulit pisang:air) menghasilkan campuran yang terlalu kental (viskositas tinggi) sehingga sangat sulit untuk melalui proses penyaringan secara efektif. Viskositas yang tinggi ini disebabkan oleh tingginya kandungan padatan terlarut dari kulit pisang, terutama senyawa hidrokoloid seperti pektin, yang mengikat air dan membentuk struktur semi-padat. Oleh karena itu, rasio ekstraksi disesuaikan menjadi 1:10.

Pemilihan rasio 1:10 ini didukung oleh berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa rasio bahan dan pelarut yang lebih tinggi dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi sekaligus menjaga viskositas campuran pada tingkat yang dapat diolah. Rasio yang lebih tinggi menciptakan gradien konsentrasi yang lebih besar antara bahan padat dan pelarut, yang mendorong transfer massa senyawa target dari kulit pisang ke dalam air menjadi lebih efektif. Beberapa studi ekstraksi senyawa dari kulit pisang juga menggunakan rasio dalam rentang ini, seperti 1:10 untuk ekstraksi senyawa antibakteri dan 1:12 untuk ekstraksi pektin, yang terbukti optimal. Dengan demikian, rasio 1:10 dipilih sebagai kompromi yang ideal antara efisiensi ekstraksi yang tinggi dan kemudahan proses penanganan (penyaringan) karena menghasilkan viskositas ekstrak yang lebih rendah. (Adhiksana, 2017)

6. Penyaringan

Hasil penghancuran kemudian disaring untuk memisahkan cairan (sari kulit buah) dari ampas yang tersisa. Metode yang efektif adalah menggunakan sistem penyaringan bertingkat, dimulai dengan penyaringan kasar menggunakan kain saring untuk menghilangkan partikel besar, dilanjutkan dengan filter yang lebih halus untuk mendapatkan filtrat yang lebih murni (Ababa, 2019). Proses ini menghasilkan sari kulit buah yang akan digunakan dalam tahap selanjutnya

7. Penambahan Bahan

Pada tahap ini, dilakukan penambahan laktosa dan CMC (Carboxymethyl Cellulose) dengan konsentrasi 0,1%, 0,2%, dan 0,3% sebanyak 10% dari sari kulit buah yang dihasilkan. Khusus untuk CMC, penambahannya dilakukan dengan cara menaburkan CMC secara perlahan ke dalam sari kulit buah sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer pada suhu ruang (25-30°C). Pengadukan dilakukan secara kontinyu selama minimal 30 menit untuk memastikan CMC terhidrasi sempurna dan tidak terbentuk gumpalan. Setelah itu, larutan didiamkan selama beberapa saat untuk melepaskan gelembung udara yang terperangkap. Penambahan CMC ini bertujuan untuk meningkatkan tekstur dan stabilitas produk dengan membentuk sistem koloid yang homogen dan mencegah pemisahan fase dalam produk akhir.

8. Homogenisasi

Campuran sari kulit buah dengan bahan tambahan kemudian dihomogenisasi. Proses ini bertujuan untuk mencampur semua bahan secara merata dan menghasilkan tekstur yang konsisten. Homogenisasi dilakukan menggunakan

magnetic stirrer pada kecepatan 400 rpm selama 15 menit pada suhu ruang ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$) untuk memastikan distribusi CMC dan bahan lainnya tercampur secara merata.

9. Pasteurisasi

Campuran homogen dipanaskan pada suhu 72°C selama 15 menit. Tahap ini bertujuan untuk pasteurisasi, menghilangkan patogen, dan memperpanjang umur simpan produk.

Protokol pasteurisasi yang dipilih (72°C selama 15 menit) merupakan perlakuan panas yang lebih intensif dibandingkan standar industri umum seperti *High Temperature Short Time* (HTST), yang biasanya dilakukan pada suhu 72°C selama 15 detik. Meskipun efektif untuk menjamin keamanan mikrobiologis dalam matriks pangan yang baru dan kaya partikulat, paparan panas yang lebih lama berisiko menyebabkan degradasi senyawa fungsional dan nutrisi yang sensitif terhadap panas, serta berpotensi memengaruhi profil sensorik produk akhir.

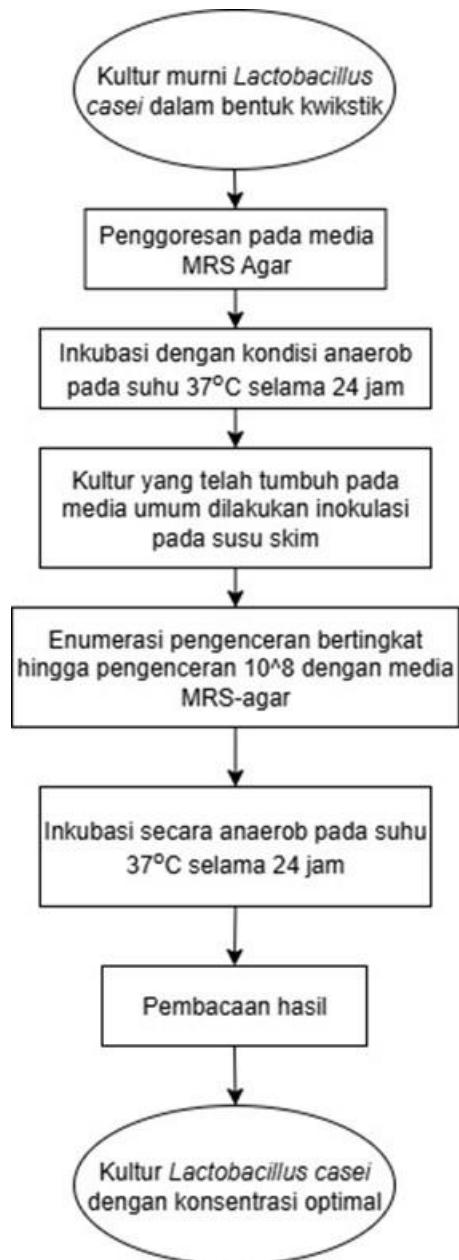
10. Tempering

Setelah dipanaskan, campuran dilakukan *tempering* untuk menghentikan proses pemanasan hingga suhu 37°C pada *Biological Safety Cabinet* (BSC) dan mempersiapkannya untuk tahap fermentasi.

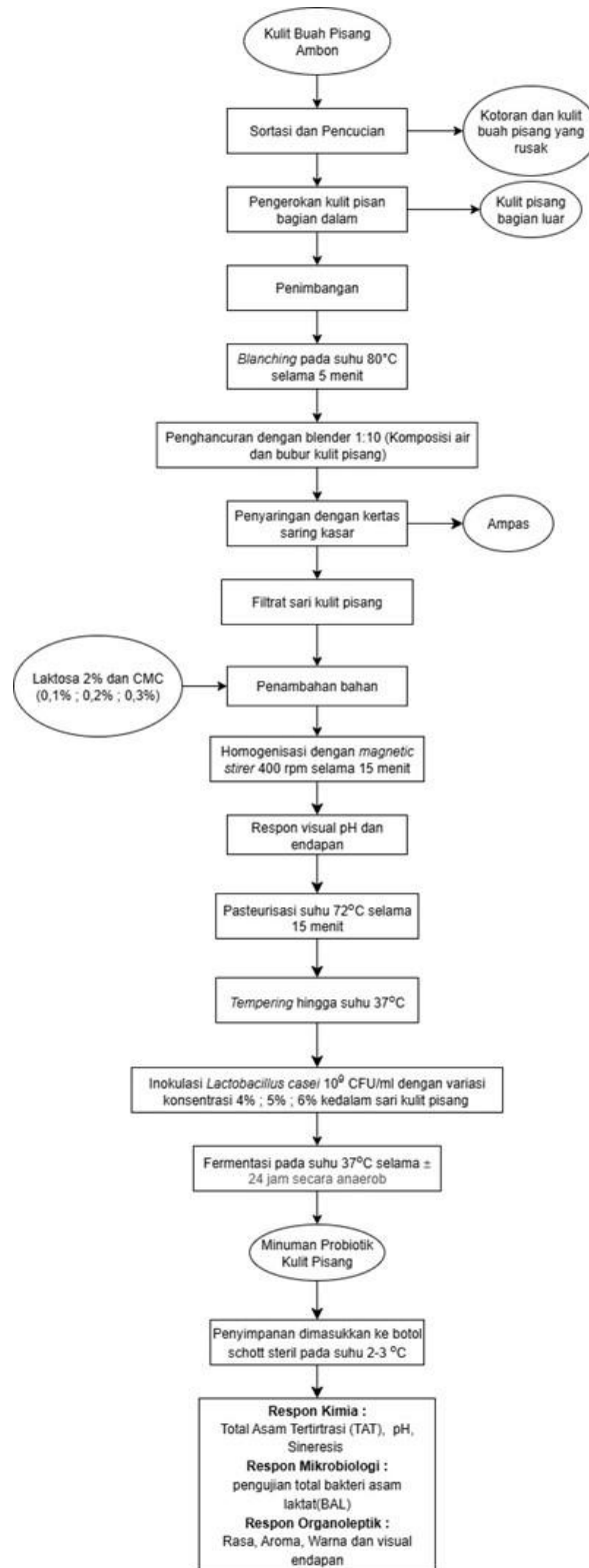
11. Inokulasi dan Fermentasi

Tahap terakhir adalah inkubasi dengan menambahkan inokulum *Lactobacillus casei* dengan konsentrasi 4%, 5%, dan 6%. Selanjutnya dilakukan fermentasi pada

suhu 37°C selama 48 jam. Proses ini memungkinkan terjadinya fermentasi yang akan menghasilkan produk akhir berupa minuman probiotik dari kulit pisang.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian Utama Tahap 1 : Perbanyak Kultur *Lactobacillus casei*



Gambar 4. Diagram Air Penelitian Utama Tahap 2 : Pembuatan Minuman Probiotik Kulit Pisang

3.4. Jadwal Penelitian

Tabel 6. Rencana Jadwal Penelitian

Kegiatan	2024				2025
	September	Oktober	November	Desember	Januari
Penyusunan Proposal dan Bimbingan					
Seminar Usulan					
Penelitian					
Pengolahan Data dan Penyusunan Tugas Akhir					
Sidang Tugas Akhir					

IV PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas mengenai : (4.1) Hasil penelitian utama tahap 1, (4.2) Hasil penelitian utama tahap 2.

Sebelum masuk ke pembahasan hasil yang lebih rinci, penting untuk memperjelas definisi substrat' dalam konteks penelitian ini, karena istilah tersebut memiliki beberapa tingkatan makna. Pertama, pada level makro, substrat adalah ekstrak kulit pisang ambon secara keseluruhan yang berfungsi sebagai medium dasar bagi pertumbuhan mikroba. Kedua, pada level biokimia, substrat fermentasi adalah molekul spesifik yang menjadi sumber energi bagi *Lactobacillus casei*, yaitu karbohidrat dari kulit pisang (glukosa, fruktosa) dan laktosa yang ditambahkan. Ketiga, pada level fungsional, substrat fungsional merujuk pada senyawa prebiotik seperti oligosakarida dan pektin dari kulit pisang, yang nantinya dapat menjadi substrat bagi mikroflora di dalam usus konsumen. Memahami ketiga tingkatan ini akan membantu dalam menginterpretasikan hasil penelitian secara komprehensif.

4.1 Hasil Penelitian utama tahap 1

Penelitian utama tahap 1 yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu perbanyakan kultur *Lactobacillus casei* dan penentuan konsentrasi optimal yang akan digunakan dalam pembuatan minuman probiotik berbasis kulit pisang. Perbanyakan kultur dilakukan menggunakan metode streak quadrant pada media MRS agar yang diikuti dengan inkubasi anaerob pada suhu 37°C selama 24 jam. Koloni yang tumbuh kemudian diinokulasikan ke dalam media susu skim steril untuk perbanyakan.

Penentuan konsentrasi optimal kultur *Lactobacillus casei* dilakukan melalui metode pengenceran bertingkat dan perhitungan jumlah koloni. Hasil screening inokulum *Lactobacillus casei* dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Hasil *screening* konsentrasi awal L.casei

Pengenceran	jumlah koloni (cfu)	aktual
-5	>300	
-6	>300	
-7	53	$5,3 \times 10^8$
-8	1	$1,0 \times 10^8$

Hasil perhitungan jumlah koloni pada pengenceran 10^{-7} menunjukkan jumlah bakteri *Lactobacillus casei* sebesar $5,3 \times 10^8$ CFU/ml. Menurut Peraturan Kepala BPOM RI Nomor 30 Tahun 2018, jumlah minimal bakteri asam laktat dalam produk probiotik harus mencapai 10^7 CFU/ml. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi kultur yang diperoleh telah memenuhi standar minimal untuk digunakan sebagai starter dalam pembuatan minuman probiotik.

Pengenceran 10^{-5} dan 10^{-6} menghasilkan jumlah koloni yang terlalu banyak (>300 koloni) sehingga tidak dapat dihitung secara akurat. Hal ini sesuai dengan prinsip Standard Plate Count yang menyatakan bahwa perhitungan koloni yang valid berada pada rentang 25-250 koloni per cawan petri (Sutton, 2011). Sementara itu, pengenceran 10^{-8} menghasilkan jumlah koloni yang terlalu sedikit (1 koloni) sehingga kurang representatif untuk perhitungan.

Berdasarkan hasil screening tersebut, konsentrasi kultur *Lactobacillus casei* yang digunakan untuk penelitian utama adalah $5,3 \times 10^8$ CFU/ml. Konsentrasi ini menjadi dasar untuk menentukan rentang konsentrasi starter yang digunakan dalam

penelitian utama tahap 2, yaitu 4%, 5%, dan 6%. Pemilihan rentang konsentrasi ini sejalan dengan penelitian Utami (2018) yang menggunakan konsentrasi inokulum 5% dalam pembuatan minuman probiotik dari sari buah salak, serta penelitian Idayati et al. (2016) yang menunjukkan efektivitas konsentrasi hingga 6% dalam pembuatan minuman probiotik berbasis buah.

Proses pembuatan inokulum menggunakan prinsip pengenceran bertingkat (serial dilution) untuk memperoleh konsentrasi bakteri yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Prinsip pengenceran ini sangat penting untuk memastikan jumlah bakteri yang diinokulasikan pada setiap perlakuan tepat dan dapat direproduksi. Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah koloni bakteri asam laktat (CFU/mL) adalah sebagai berikut:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Prediksi jumlah total bakteri asam laktat (CFU) yang akan terdapat pada setiap perlakuan dapat dihitung berdasarkan volume starter yang ditambahkan ke dalam media fermentasi. Tabel berikut menyajikan prediksi konsentrasi akhir *Lactobacillus casei* pada setiap perlakuan:

Tabel 8. Prediksi Konsentrasi Akhir *Lactobacillus casei* pada setiap perlakuan

Perlakuan	% Starter	Volume Starter (mL)	Konsentrasi Starter (CFU/mL)	Prediksi Total BAL (CFU/mL)	
				Pertumbuhan Minimal	Pertumbuhan Maksimal
a1	4	3.2	$5,3 \times 10^8$	$2,12 \times 10^7$	$2,12 \times 10^9$
a2	5	4	$5,3 \times 10^8$	$2,65 \times 10^7$	$2,65 \times 10^9$
a3	6	4.8	$5,3 \times 10^8$	$3,18 \times 10^7$	$3,18 \times 10^9$

Menurut Widowati dan Misgiyarta (2018), konsentrasi starter yang optimal sangat penting untuk memastikan pertumbuhan bakteri probiotik yang baik selama proses fermentasi. Konsentrasi yang terlalu rendah dapat menyebabkan lambatnya proses fermentasi dan rendahnya jumlah bakteri asam laktat pada produk akhir, sementara konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan produksi asam yang berlebihan dan mempengaruhi karakteristik sensoris produk.

Lactobacillus casei merupakan bakteri asam laktat homofermentatif yang dapat menghasilkan asam laktat hingga 90% dari metabolisme glukosa (Tambunan, 2016). Dengan konsentrasi starter yang optimal, diharapkan *Lactobacillus casei* dapat tumbuh dengan baik pada substrat kulit pisang dan menghasilkan minuman probiotik dengan karakteristik yang diinginkan, baik dari segi mikrobiologis, kimia, maupun organoleptik.

4.2 Hasil Penelitian utama tahap 2

4.2.1 Hasil Penelitian Respon Kimia

4.2.1.1 Nilai pH

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANOVA), faktor A yaitu konsentrasi starter *Lactobacillus casei* memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai pH minuman probiotik berbasis kulit pisang ($F_{hitung} = 76.86 > F_{tabel} = 4.46$). Tabel dwi arah menunjukkan interaksi antara variasi konsentrasi *Lactobacillus casei* dan variasi konsentrasi CMC dapat dilihat pada tabel x dibawah ini

Tabel 9. Pengaruh Interaksi Konsentrasi *Lactobacillus casei* dan Konsentrasi CMC terhadap nilai pH Minuman Probiotik berbasis kulit pisang

Konsentrasi starter <i>Lactobacillus casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	5.49 C c	5 C b	4.71 A a
a2	5.14 B b	4.55 A a	4.63 A a
a3	4.88 A b	4.76 B a	4.93 B b

Peningkatan konsentrasi starter *Lactobacillus casei* terbukti menurunkan pH minuman probiotik, akibat meningkatnya produksi asam laktat selama fermentasi (Khoiriyah et al., 2014). Nilai pH terendah (4,55) tercapai pada kombinasi a2b2, menandakan fermentasi paling optimal pada perlakuan tersebut. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa semakin banyak inokulum bakteri asam laktat, semakin cepat pH turun karena produksi asam meningkat (Utami, 2018; Idayati et al., 2016). pH rendah juga penting untuk menghambat mikroba patogen dan meningkatkan daya simpan produk (Wijaya et al., 2021).

Selain itu, variasi konsentrasi CMC sebagai penstabil juga berpengaruh nyata terhadap pH ($F_{hitung} = 182,77 > F_{tabel} = 4,46$). CMC dapat memperlambat difusi substrat dan metabolit sehingga mempengaruhi kestabilan pH selama fermentasi dan penyimpanan (Hashemi & Hosseini, 2021; Kumar et al., 2021).

Interaksi antara konsentrasi starter dan CMC ($F_{\text{hitung}} = 55,30 > F_{\text{tabel}} = 3,84$) menunjukkan bahwa kombinasi keduanya dapat mengoptimalkan aktivitas fermentasi dan menghasilkan pH lebih rendah, sesuai dengan pendapat Dewi (2023) tentang pentingnya interaksi bahan penstabil dan probiotik.

Nilai pH hasil fermentasi pada semua perlakuan masih berada dalam rentang standar mutu minuman probiotik yang ditetapkan oleh SNI 7552:2018, yaitu pH 3,5–4,5 untuk minuman fermentasi. Hal ini menunjukkan bahwa produk minuman probiotik berbasis kulit pisang yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan keamanan dan mutu yang berlaku.

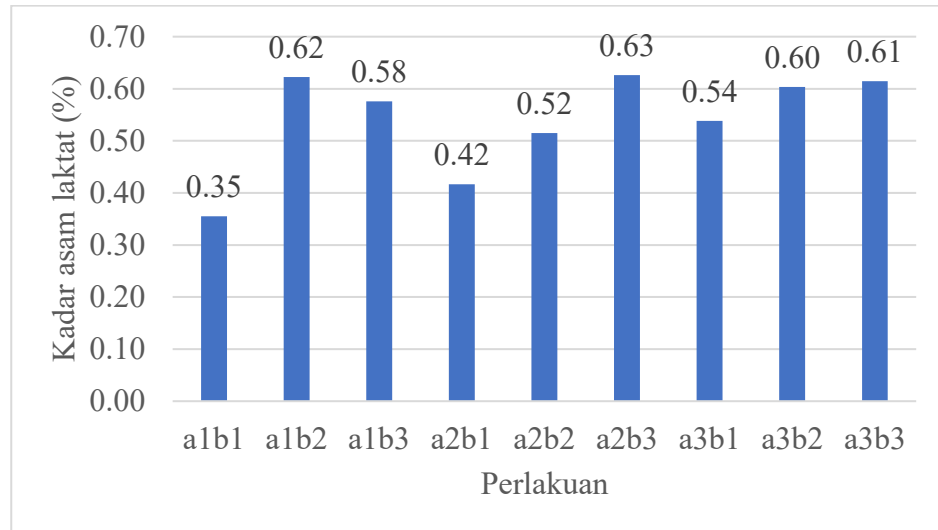
4.2.1.2 Total Asam Laktat

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANOVA) yang disajikan pada Lampiran 7, diketahui bahwa faktor A (konsentrasi starter *Lactobacillus casei*), faktor B (konsentrasi CMC), dan interaksi antara keduanya (AB) memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai Total Asam Tertitiasi (TAT) atau total asam laktat minuman probiotik berbasis kulit pisang. Nilai untuk faktor A adalah 22.118, untuk faktor B adalah 118.197, dan untuk interaksi AB adalah 19.829, yang semuanya lebih besar dari nilai pada taraf signifikansi 5% (4.46 untuk faktor A dan B, serta 3.84 untuk interaksi AB). Rata-rata nilai TAT yang dihasilkan berkisar antara 0.35% (pada perlakuan a1b1: 4% starter, 0.1% CMC) hingga 0.63% (pada perlakuan a2b3: 5% starter, 0.3% CMC). Perbedaan spesifik antar perlakuan dapat diinterpretasikan lebih lanjut melalui tabel dwi arah yang tertera pada Tabel 26 .

Tabel 10. Pengaruh Interaksi Konsentrasi *Lactobacillus casei* dan Konsentrasi CMC terhadap Total Asam Laktat Minuman Probiotik berbasis kulit pisang (%)

Konsentrasi Starter <i>Lactobacillus casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	A 0.35% a	B 0.62% b	A 0.58% b
a2	B 0.42% a	A 0.52% a	A 0.63% b
a3	C 0.54% a	B 0.6% b	A 0.61% b

Pengaruh konsentrasi starter *Lactobacillus casei* (Faktor A) terhadap TAT menunjukkan kecenderungan bahwa peningkatan konsentrasi starter dapat meningkatkan produksi asam laktat. Sebagai contoh, pada konsentrasi CMC 0.1% (b1), peningkatan konsentrasi starter dari 4% (a1) ke 5% (a2) dan kemudian ke 6% (a3) menghasilkan peningkatan TAT dari 0.35% menjadi 0.42% dan selanjutnya 0.54%. Hal ini sejalan dengan karakteristik *Lactobacillus casei* sebagai bakteri asam laktat homofermentatif, yang secara efisien memfermentasi gula menjadi asam laktat (Sheeladevi et al., 2011). Substrat utama fermentasi dalam penelitian ini adalah karbohidrat yang berasal dari kulit pisang, yang dilaporkan memiliki kandungan karbohidrat sekitar 18,50 g/100g (termasuk gula sederhana seperti sukrosa, fruktosa, dan glukosa), serta laktosa yang ditambahkan ke dalam formulasi sebanyak 2g/100mL. Dengan jumlah sel bakteri awal yang lebih banyak, laju konversi substrat menjadi asam laktat berpotensi lebih tinggi, menghasilkan akumulasi asam yang lebih besar (Huang et al., 2023).



Grafik 1. Hasil Rata-rata Total Asam Laktat Minuman Probiotik berbasis kulit pisang

Konsentrasi CMC (Faktor B) juga menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap TAT. Pola pengaruhnya tidak selalu linear. Misalnya, pada konsentrasi starter 4% (a1), peningkatan konsentrasi CMC dari 0.1% (b1) ke 0.2% (b2) meningkatkan TAT secara signifikan dari 0.35% menjadi 0.62%. Namun, peningkatan lebih lanjut konsentrasi CMC ke 0.3% (b3) justru sedikit menurunkan TAT menjadi 0.58%. CMC, sebagai hidrokoloid, berfungsi utama meningkatkan viskositas medium. Peningkatan viskositas ini dapat mempengaruhi aktivitas bakteri. Pada konsentrasi tertentu, peningkatan viskositas mungkin belum menghambat, namun pada konsentrasi yang lebih tinggi, dapat terjadi pembatasan difusi nutrisi ke dalam sel bakteri atau pembuangan produk metabolit (termasuk asam laktat) dari sel, yang pada gilirannya mempengaruhi laju produksi asam (Eze et al., 2021). Penelitian oleh Rizal et al. (2016) pada minuman probiotik sari buah nanas mengindikasikan bahwa konsentrasi CMC yang lebih tinggi cenderung menurunkan total bakteri asam laktat karena bakteri dapat terperangkap dalam matriks CMC sehingga pertumbuhannya terhambat. Meskipun penelitian tersebut

fokus pada jumlah bakteri, penurunan aktivitas atau pertumbuhan bakteri secara tidak langsung akan berdampak pada total asam yang dihasilkan. Sebaliknya, penelitian lain pada produk yogurt menunjukkan bahwa penambahan CMC dapat mempengaruhi keasaman tertitrasi (Sebayang et al., 2019).

Adanya interaksi yang signifikan antara konsentrasi starter *Lactobacillus casei* dan konsentrasi CMC (AB) terhadap TAT menunjukkan bahwa efek dari satu faktor bergantung pada level faktor lainnya. Sebagai contoh, pada konsentrasi starter 5% (a2), TAT tertinggi (0.63%) dicapai pada penggunaan CMC 0.3% (a2b3). Sementara itu, pada konsentrasi starter 4% (a1), TAT tertinggi (0.62%) dicapai pada penggunaan CMC 0.2% (a1b2). Fenomena ini mengindikasikan adanya suatu hubungan yang kompleks dimana CMC tidak hanya berperan sebagai agen penstabil fisik, tetapi juga dapat memodulasi lingkungan mikro yang mempengaruhi aktivitas fermentasi bakteri. Peningkatan TAT tidak selalu bersifat linear seiring dengan peningkatan konsentrasi starter atau CMC secara individual; terdapat titik optimal tertentu yang merupakan hasil dari kombinasi kedua faktor tersebut. Jika pengaruhnya bersifat aditif sederhana, maka pola peningkatan TAT akan konsisten. Namun, karena adanya interaksi, respons terhadap perubahan konsentrasi CMC berbeda pada level konsentrasi starter yang berbeda. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan toleransi atau respons bakteri terhadap perubahan viskositas medium pada kepadatan populasi awal yang berbeda (Eze et al., 2021)..

Efek CMC terhadap TAT kemungkinan besar lebih bersifat fisik, yaitu melalui modifikasi lingkungan seperti viskositas dan laju difusi, daripada melalui efek biokimia langsung terhadap metabolisme *Lactobacillus casei*, mengingat

CMC adalah polisakarida yang relatif inert dan tidak dimetabolisme oleh bakteri ini. Perubahan viskositas dapat mempengaruhi ketersediaan substrat bagi sel bakteri dan efisiensi pembuangan produk metabolik. Interaksi yang signifikan menunjukkan bahwa dampak fisik ini tidak seragam, melainkan bergantung pada kondisi fermentasi lainnya, seperti kepadatan awal sel bakteri (Miehle et al., 2021).

Secara umum, peningkatan TAT akan berkorelasi dengan penurunan nilai pH, karena keduanya merupakan indikator produksi asam. Sebagai contoh, perlakuan a2b2 yang menunjukkan salah satu nilai pH terendah (4.55) memiliki nilai TAT 0.52%. Perlakuan a2b3 yang memiliki TAT tertinggi (0.63%) menunjukkan pH 4.63. Meskipun terdapat korelasi umum, hubungan antara TAT dan pH tidak selalu menunjukkan proporsionalitas yang sempurna. Hal ini disebabkan pH merupakan ukuran logaritmik dari konsentrasi ion hidrogen bebas, sedangkan TAT mengukur total asam yang dapat dititrasi, yang juga mencerminkan kapasitas penyangga (buffering capacity) dari medium (Cele et al., 2022).

4.2.2 Hasil Penelitian Respon Mikrobiologi

4.2.2.1 Total Bakteri Asam Laktat Metode Total Plate Count

Hasil analisis variansi (ANAVA) terhadap data total Bakteri Asam Laktat (BAL), seperti yang tertera pada Lampiran (Tabel Analisis ANAVA Total BAL), menunjukkan bahwa faktor A (konsentrasi starter *Lactobacillus casei*) dan interaksi antara faktor A dan B (AB) memberikan pengaruh yang nyata terhadap total BAL pada minuman probiotik. Sebaliknya, faktor B (konsentrasi CMC) secara individual tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap total BAL untuk faktor A = 73.646, untuk interaksi AB = 18.095, keduanya lebih besar dari masing-masing.

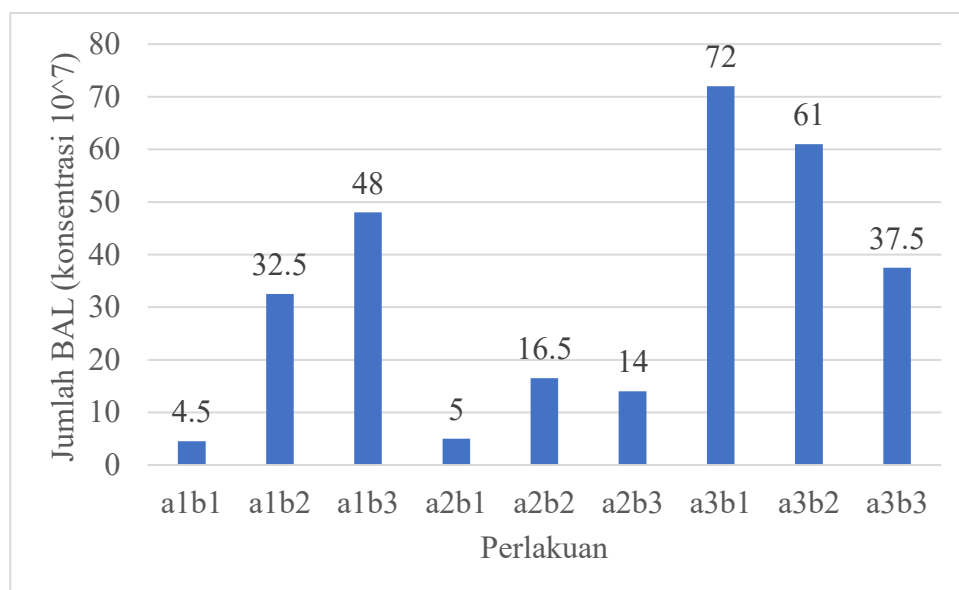
Untuk faktor B = 3.28, yang lebih kecil dari F = 4.46).[1] Rata-rata total BAL, yang dihitung pada pengenceran 10^7 CFU/mL, bervariasi antar perlakuan, dengan rentang mulai dari 4.5×10^7 CFU/mL (pada perlakuan a1b1: 4% starter, 0.1% CMC) hingga 7.2×10^7 CFU/mL (pada perlakuan a3b1: 6% starter, 0.1% CMC). Interpretasi lebih detail mengenai perbedaan antar perlakuan spesifik dapat diperoleh dari tabel dwi arah hasil uji lanjut Duncan.

Tabel 11. Pengaruh Interaksi Konsentrasi *Lactobacillus casei* dan Konsentrasi CMC terhadap Total Bakteri Asam Laktat Minuman Probiotik berbasis kulit pisang (CFU/ml)

Konsentrasi Starter <i>Lactobacillus casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	4.5×10^7 a	3.3×10^8 b	4.8×10^8 c
a2	5.0×10^7 a	1.7×10^8 a	1.4×10^8 a
a3	7.2×10^8 b	6.1×10^8 b	3.8×10^8 a

Pengaruh konsentrasi starter *Lactobacillus casei* (Faktor A) terhadap total BAL akhir menunjukkan bahwa peningkatan jumlah inokulum awal secara signifikan meningkatkan populasi BAL dalam produk akhir. Sebagai contoh, pada penggunaan CMC 0.1% (b1), peningkatan konsentrasi starter dari 4% (a1) menjadi 5% (a2) meningkatkan total BAL dari 4.5×10^7 CFU/mL menjadi 5.0×10^7 CFU/mL. Peningkatan yang lebih drastis terlihat ketika konsentrasi starter dinaikkan menjadi 6% (a3), yang menghasilkan total BAL sebesar 7.2×10^8 CFU/mL. Hal ini merupakan konsekuensi logis dalam mikrobiologi fermentasi, di mana

jumlah sel awal yang lebih tinggi, dengan asumsi kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan, akan menghasilkan biomassa akhir yang lebih besar. Penting untuk dicatat bahwa semua perlakuan dalam penelitian ini menghasilkan total BAL di atas ambang batas minimal 10^7 CFU/mL, yang merupakan salah satu syarat mutu untuk minuman probiotik berdasarkan Peraturan Kepala BPOM.



Grafik 2. Hasil Rata-rata Total Bakteri Asam Laktat Minuman Probiotik berbasis kulit pisang

Faktor konsentrasi CMC (Faktor B) tidak menunjukkan pengaruh utama yang signifikan secara statistik terhadap total BAL. Meskipun terdapat fluktuasi pada nilai rata-rata total BAL pada tabel dwi arah (misalnya, pada konsentrasi starter a1, total BAL tampak meningkat dari 4.5×10^7 CFU/mL pada b1, menjadi 3.3×10^8 CFU/mL pada b2, dan 4.8×10^8 CFU/mL pada b3), perbedaan ini tidak cukup konsisten atau signifikan secara statistik untuk disimpulkan sebagai efek utama dari CMC berdasarkan hasil ANOVA. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa pada rentang konsentrasi yang diuji (0.1% - 0.3%), CMC tidak secara signifikan menghambat ataupun mendorong pertumbuhan *Lactobacillus casei* secara

keseluruhan. Literatur juga menyebutkan bahwa CMC tidak memiliki efek penghambatan terhadap pertumbuhan *Lactobacillus* (Li et al., 2023).

Interaksi yang signifikan antara konsentrasi starter *Lactobacillus casei* dan konsentrasi CMC (AB) terhadap total BAL merupakan temuan penting. Ini menunjukkan bahwa dampak dari konsentrasi starter terhadap jumlah BAL akhir bervariasi tergantung pada level konsentrasi CMC yang digunakan. Misalnya, pada konsentrasi starter rendah (a1: 4%), peningkatan konsentrasi CMC dari 0.1% (b1) ke 0.2% (b2) dan 0.3% (b3) tampaknya berkorelasi dengan peningkatan total BAL. Namun, pada konsentrasi starter sedang (a2: 5%), polanya sedikit berbeda: total BAL pada b1 adalah 5.0×10^7 CFU/mL, meningkat menjadi 1.7×10^8 CFU/mL pada b2, namun sedikit menurun menjadi 1.4×10^8 CFU/mL pada b3. Lebih lanjut, pada konsentrasi starter tinggi (a3: 6%), total BAL tertinggi justru ditemukan pada konsentrasi CMC terendah (b1: 7.2×10^8 CFU/mL), dan kemudian menurun pada konsentrasi CMC yang lebih tinggi (b2: 6.1×10^8 CFU/mL dan b3: 3.8×10^8 CFU/mL). Ini mengindikasikan bahwa pada kepadatan sel awal yang sangat tinggi, peningkatan konsentrasi CMC cenderung memberikan efek negatif terhadap populasi BAL akhir.

Kulit pisang, sebagai substrat utama, menyediakan nutrisi esensial seperti karbohidrat yang mendukung pertumbuhan *Lactobacillus casei*. Pertumbuhan BAL secara umum dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi, pH medium, dan suhu inkubasi (Abdullah & Amalia, 2023). Penelitian oleh Rizal et al. (2016) menemukan bahwa peningkatan konsentrasi CMC dapat menurunkan total BAL dalam minuman probiotik sari buah nanas. Hal ini diatribusikan pada kemungkinan bakteri terperangkap dalam matriks kental yang dibentuk oleh CMC, sehingga mobilitas

dan akses terhadap nutrisi menjadi terbatas, yang pada akhirnya menghambat pertumbuhan. Meskipun efek utama CMC dalam penelitian ini tidak signifikan, adanya interaksi yang signifikan, terutama pada konsentrasi starter tertinggi (a3) di mana peningkatan CMC justru menurunkan BAL, mungkin mencerminkan fenomena serupa. Pada konsentrasi starter yang lebih rendah, efek "terjebak" ini mungkin tidak sebesar atau dapat diimbangi oleh faktor-faktor lain yang mendukung pertumbuhan. Penelitian lain juga melaporkan bahwa pada konsentrasi CMC yang tinggi (misalnya 1%), total BAL pada produk yogurt cenderung lebih rendah (Aldianto et al., 2023).

Tidak signifikannya efek utama CMC terhadap total BAL secara keseluruhan bisa jadi disebabkan oleh rentang konsentrasi CMC yang diuji (0.1% - 0.3%) relatif rendah dan mungkin belum mencapai level kritis yang secara konsisten dan signifikan menghambat pertumbuhan *Lactobacillus casei* di semua variasi konsentrasi starter. Namun, signifikansi interaksi AB adalah kunci untuk memahami dinamika ini. Jika CMC secara universal memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan BAL pada semua level konsentrasi starter, maka efek utama CMC akan signifikan dan negatif. Sebaliknya, jika CMC secara universal mendukung pertumbuhan, efeknya akan signifikan dan positif. Tidak adanya efek utama yang signifikan namun adanya interaksi menunjukkan bahwa dampak CMC terhadap total BAL bersifat kondisional, bergantung pada faktor lain, dalam hal ini adalah konsentrasi starter awal (Bista et al., 2024).

Pada konsentrasi starter yang tinggi (a3: 6%), peningkatan konsentrasi CMC menyebabkan penurunan total BAL. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh kombinasi beberapa faktor. Viskositas medium yang lebih tinggi akibat

penambahan CMC, ditambah dengan kepadatan sel awal yang sudah tinggi, dapat menciptakan kompetisi yang lebih intensif untuk mendapatkan nutrisi dan ruang (Tosif et al., 2023).

Selain itu, pergerakan sel yang terbatas oleh viskositas dapat menyebabkan akumulasi produk metabolik yang bersifat toksik di sekitar sel menjadi lebih cepat, sehingga menghambat pertumbuhan lebih lanjut. Sebaliknya, pada konsentrasi starter yang lebih rendah, sel bakteri memiliki lebih banyak "ruang" dan waktu untuk beradaptasi dengan perubahan viskositas medium, dan kompetisi terhadap nutrisi belum seintensif pada kepadatan sel tinggi (Bori et al., 2012).

Keterkaitan antara total BAL dengan TAT dan pH perlu diperhatikan. Secara umum, diharapkan total BAL yang lebih tinggi akan menghasilkan TAT yang lebih tinggi dan pH yang lebih rendah. Namun, data menunjukkan hubungan yang tidak selalu linear. Sebagai contoh, perlakuan a3b1 (6% starter, 0.1% CMC) menunjukkan total BAL tertinggi (7.2×10^8 CFU/mL), namun nilai TAT-nya adalah 0.54% dan pH 4.88. Sementara itu, perlakuan a2b3 (5% starter, 0.3% CMC) memiliki total BAL yang lebih rendah (1.4×10^8 CFU/mL) tetapi menunjukkan TAT tertinggi (0.63%) dan pH 4.63. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah sel bakteri saja tidak menjadi satu-satunya penentu total asam yang dihasilkan; aktivitas metabolik per sel dan durasi fase pertumbuhan aktif juga memainkan peran penting. Mungkin pada perlakuan a3b1, meskipun jumlah selnya banyak, aktivitasnya per sel sedikit terhambat atau fase stasioner lebih cepat tercapai dibandingkan perlakuan lain yang menghasilkan asam lebih banyak meskipun dengan jumlah sel lebih sedikit.

4.2.3 Hasil Penelitian Respon Organoleptik

4.2.3.1 Rasa

Analisis variansi terhadap data atribut rasa, sebagaimana disajikan pada Lampiran (Tabel Analisis ANAVA Analisis Organoleptik atribut rasa), menunjukkan bahwa faktor A (konsentrasi starter *Lactobacillus casei*) dan faktor B (konsentrasi CMC) masing-masing memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap persepsi rasa minuman probiotik. Nilai F hitung untuk faktor A adalah 11.503 dan untuk faktor B adalah 36.021, keduanya lebih besar dari F tabel (4.46). Namun, interaksi antara faktor A dan B (AB) tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap atribut rasa (F hitung = 2.183, lebih kecil dari F tabel = 3.84). Jika dikonversikan ke skala hedonik asli (1-6, dimana 1 = Sangat Tidak Suka dan 6 = Sangat Suka), rata-rata tingkat kesukaan panelis berkisar dari sekitar 2.08 (mengarah ke Agak Tidak Suka, untuk perlakuan a2b1) hingga 2.73 (mengarah ke Agak Suka, untuk perlakuan a3b3).

Tabel 12. Pengaruh Interaksi Konsentrasi *Lactobacillus casei* dan Konsentrasi CMC terhadap Organoleptik Atribut Rasa Minuman Probiotik berbasis kulit pisang (Data Asli)

Konsentrasi Starter <i>Lactobacillus casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	A 2.25 a	B 2.48 a	A 2.63 a
a2	A 2.08 a	A 2.2 a	A 2.53 b
a3	A 2.2 a	B 2.65 b	A 2.73 b

Pengaruh konsentrasi starter *Lactobacillus casei* (Faktor A) terhadap rasa menunjukkan bahwa secara umum, terdapat kecenderungan peningkatan tingkat kesukaan seiring dengan peningkatan konsentrasi starter, meskipun peningkatan ini mungkin tidak selalu signifikan secara statistik antar semua level konsentrasi. Tingkat keasaman yang dihasilkan dari fermentasi oleh *Lactobacillus casei*, serta pembentukan senyawa-senyawa volatil khas fermentasi, merupakan faktor utama yang mempengaruhi persepsi rasa (Cui et al., 2019).

Pengaruh konsentrasi CMC (Faktor B) terhadap rasa menunjukkan kecenderungan bahwa peningkatan konsentrasi CMC dapat meningkatkan tingkat kesukaan panelis. CMC diketahui mempengaruhi tekstur dan *mouthfeel* produk minuman. Perbaikan pada *mouthfeel*, seperti kekentalan yang lebih pas dan tidak terlalu encer, secara tidak langsung dapat meningkatkan persepsi keseluruhan terhadap rasa (Yuliarti et al., 2018).

Rasa minuman probiotik merupakan hasil interaksi kompleks antara berbagai komponen, terutama keseimbangan antara rasa asam yang berasal dari asam laktat, sisa gula yang tidak terfermentasi, dan senyawa-senyawa volatil lain yang dihasilkan selama fermentasi. Kulit pisang sebagai bahan dasar juga dapat menyumbangkan profil rasa dasar tertentu pada produk. Penelitian sebelumnya oleh Utami (2018) melaporkan hasil yang baik pada minuman probiotik berbahan dasar sari buah salak dengan penggunaan *Lactobacillus casei* konsentrasi 5%. Idayati et al. (2016) juga menggunakan variasi konsentrasi *Lactobacillus casei* hingga 6% dalam penelitian minuman probiotik berbasis kulit buah pisang. Terkait CMC, Samsul dkk. (2016) menemukan bahwa penggunaan CMC 0.2% memberikan karakteristik organoleptik terbaik pada minuman probiotik sari buah nanas. Namun,

Kumar et al. (2021) mengingatkan bahwa konsentrasi CMC yang tidak optimal justru dapat menurunkan atribut sensorik produk.

Tidak adanya interaksi yang signifikan antara konsentrasi starter dan konsentrasi CMC (AB) untuk atribut rasa memberikan implikasi penting dalam interpretasi hasil. Hal ini menunjukkan bahwa efek dari konsentrasi *Lactobacillus casei* terhadap rasa relatif konsisten di semua level konsentrasi CMC yang diuji, dan sebaliknya, efek konsentrasi CMC terhadap rasa juga relatif konsisten di semua level konsentrasi starter. Dengan kata lain, untuk atribut rasa, pencarian level optimal untuk masing-masing faktor (konsentrasi starter dan konsentrasi CMC) dapat dilakukan secara lebih independen. Jika terdapat interaksi, maka rekomendasi untuk rasa terbaik dari *Lactobacillus casei* akan bergantung pada berapa banyak CMC yang ditambahkan. Karena tidak ada interaksi, dapat disimpulkan secara terpisah bahwa, misalnya, "semakin tinggi konsentrasi *Lactobacillus casei* (seperti pada a3), rasa cenderung lebih disukai" dan "semakin tinggi konsentrasi CMC (seperti pada b3), rasa cenderung lebih disukai".

Peningkatan preferensi rasa seiring dengan meningkatnya konsentrasi CMC kemungkinan besar lebih disebabkan oleh perbaikan pada aspek *mouthfeel* (sensasi di mulut), seperti tercapainya kekentalan yang pas dan tidak terlalu encer, daripada perubahan signifikan pada komponen rasa kimiawi secara langsung. CMC, sebagai penstabil dan pengental, dapat memberikan kesan "lebih berisi" atau "lebih kaya" pada minuman, yang seringkali dipersepsikan positif oleh konsumen.

Keterkaitan antara rasa dengan parameter kimia (TAT/pH) dan mikrobiologi (BAL) juga penting untuk dianalisis. Tingkat kesukaan rasa akan sangat

dipengaruhi oleh tingkat keasaman produk. Rasa yang terlalu asam atau sebaliknya terlalu hambar (kurang karakteristik fermentasi) umumnya akan kurang disukai. Perlakuan a3b3 (6% starter, 0.3% CMC), yang menunjukkan nilai rata-rata transformasi rasa tertinggi (1.79), memiliki nilai TAT 0.61%, pH 4.93, dan total BAL 37.5×10^7 CFU/mL. Sebaliknya, perlakuan a2b1 (5% starter, 0.1% CMC), yang menunjukkan nilai rata-rata asli rasa terendah (2.08), memiliki nilai TAT 0.42%, pH 5.14, dan total BAL 5×10^7 CFU/mL. Hal ini mengindikasikan bahwa panelis cenderung lebih menyukai produk yang memiliki tingkat keasaman dan karakteristik fermentasi yang lebih berkembang, yang didukung oleh jumlah BAL yang lebih tinggi dan TAT yang lebih tinggi, hingga batas tertentu yang dapat diterima.

4.2.3.2 Aroma

Hasil analisis variansi (ANAVA) untuk atribut aroma (setelah transformasi data), seperti yang disajikan pada Lampiran (Tabel Analisis ANAVA Analisis Organoleptik atribut aroma[1]), menunjukkan bahwa faktor A (konsentrasi starter *Lactobacillus casei*), faktor B (konsentrasi CMC), dan interaksi antara keduanya (AB) memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap persepsi aroma minuman probiotik. Nilai F Hitung untuk faktor A adalah 36.31, untuk faktor B adalah 35.594, dan untuk interaksi AB adalah 6.871, yang semuanya melebihi nilai F Tabel pada taraf signifikansi 5% (4.46 untuk faktor A dan B, serta 3.84 untuk interaksi AB), lebih jelasnya dapat dilihat dari tabel dwi arah dibawah ini :

Tabel 13. Pengaruh Interaksi Konsentrasi *Lactobacillus casei* dan Konsentrasi CMC terhadap Organoleptik Atribut Aroma Minuman Probiotik berbasis kulit pisang (Data Asli)

Konsentrasi Starter <i>Lactobacillus casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	A 2.68 a	B 2.95 b	B 3.15 b
a2	A 2.43 a	A 2.2 a	A 2.85 b
a3	A 2.58 a	B 3.03 b	B 3.15 b

Dalam skala hedonik asli (1-6), rata-rata tingkat kesukaan panelis terhadap aroma berkisar dari sekitar 2.20 (mengarah ke Agak Tidak Suka, untuk perlakuan a2b2 pada ulangan 1) hingga 3.15 (mengarah ke Agak Suka, untuk perlakuan a1b3 dan a3b3 pada ulangan 2).

Pengaruh konsentrasi starter *Lactobacillus casei* (Faktor A) terhadap aroma bersifat variatif dan sangat bergantung pada level konsentrasi CMC yang digunakan, mengingat adanya interaksi yang signifikan. Secara umum, *Lactobacillus casei* berperan dalam menghasilkan berbagai senyawa volatil seperti ester dan diasetil selama proses fermentasi, yang secara kolektif berkontribusi pada pembentukan aroma khas produk fermentasi (Ricci et al., 2017).

Pengaruh konsentrasi CMC (Faktor B) terhadap aroma juga menunjukkan pola yang variatif dan dipengaruhi oleh interaksi dengan konsentrasi starter. CMC sendiri umumnya tidak memiliki aroma yang khas. Namun, kemampuannya untuk

mengubah viskositas medium dapat mempengaruhi laju pelepasan senyawa-senyawa volatil dari matriks minuman ke udara, yang pada gilirannya mempengaruhi intensitas dan persepsi aroma oleh paneli (Chaudhary et al., 2024).

Interaksi yang signifikan antara konsentrasi starter *Lactobacillus casei* dan konsentrasi CMC (AB) merupakan poin kunci dalam pembahasan atribut aroma. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi spesifik dari kedua faktor ini penting untuk menghasilkan aroma yang paling disukai. Sebagai contoh, pada penggunaan starter 4% (a1), aroma tertinggi dicapai dengan penambahan CMC 0.3% (a1b3, nilai asli 3.15). Pada penggunaan starter 5% (a2), aroma tertinggi juga dicapai dengan CMC 0.3% (a2b3, nilai asli 2.83), namun pada level ini, aroma terendah justru ditemukan pada penggunaan CMC 0.2% (a2b2, nilai asli 2.20). Selanjutnya, pada penggunaan starter 6% (a3), aroma tertinggi kembali dicapai dengan CMC 0.3% (a3b3, nilai asli 3.15). Pola ini menunjukkan bahwa tidak ada efek sederhana dari masing-masing faktor, melainkan efek sinergis atau antagonis tertentu pada kombinasi yang berbeda.

Aroma minuman fermentasi merupakan hasil kompleks dari berbagai metabolit yang dihasilkan oleh bakteri selama pertumbuhan dan metabolismenya. *Lactobacillus casei* diketahui dapat menghasilkan tidak hanya asam laktat, tetapi juga sejumlah kecil asam asetat, etanol, diasetil, dan asetaldehida, yang semuanya memiliki kontribusi terhadap profil aroma akhir produk. Selain itu, kulit pisang sebagai bahan dasar juga memiliki senyawa-senyawa volatil alaminya sendiri yang mungkin berinteraksi atau termodifikasi selama proses fermentasi, menciptakan profil aroma yang unik (Zhang et al., 2021).

Adanya interaksi yang signifikan pada atribut aroma, yang berbeda dengan atribut rasa (dimana interaksi tidak signifikan), menunjukkan bahwa persepsi aroma lebih sensitif terhadap kombinasi spesifik antara konsentrasi *Lactobacillus casei* dan CMC. Hal ini dapat disebabkan karena CMC, melalui pengaruhnya terhadap viskositas, dapat memodulasi laju pelepasan senyawa-senyawa volatil yang berbeda-beda. Laju pelepasan ini, dikombinasikan dengan jenis dan jumlah senyawa volatil yang diproduksi oleh *Lactobacillus casei* pada konsentrasi tertentu, akan menentukan persepsi aroma akhir. Dengan kata lain, laju produksi volatil oleh bakteri dan laju pelepasan volatil dari medium harus berada dalam keseimbangan tertentu untuk menghasilkan persepsi aroma yang optimal (Chi et al., 2024).

Kecenderungan bahwa aroma lebih disukai pada konsentrasi CMC tertinggi yang diuji (b3: 0.3%) pada hampir semua level konsentrasi starter (a1b3, a2b3, dan a3b3 menunjukkan nilai aroma yang tertinggi atau salah satu yang tertinggi dalam kelompok A masing-masing) mungkin mengindikasikan bahwa konsentrasi CMC 0.3% menciptakan keseimbangan viskositas yang optimal untuk pelepasan senyawa-senyawa aroma yang menyenangkan. Atau, pada viskositas tersebut, senyawa-senyawa aroma yang kurang menyenangkan mungkin pelepasannya lebih tertahan. Jika konsentrasi CMC terlalu rendah, minuman mungkin terlalu encer sehingga senyawa volatil menguap terlalu cepat atau tidak cukup tertahan untuk memberikan kesan aroma yang kaya dan persisten. Sebaliknya, jika konsentrasi CMC terlalu tinggi (di luar rentang penelitian ini), pelepasan volatil mungkin akan terlalu terhambat. Konsentrasi 0.3% dalam konteks penelitian ini tampaknya menjadi titik yang cukup baik untuk interaksi dengan produk volatil yang dihasilkan pada berbagai konsentrasi starter.

Keterkaitan antara aroma dengan rasa dan total BAL juga perlu diperhatikan. Aroma yang lebih disukai seringkali berkorelasi positif dengan rasa yang juga lebih disukai. Perlakuan a1b3 (4% starter, 0.3% CMC), yang menunjukkan aroma tertinggi (nilai asli 3.15), memiliki nilai asli rasa 2.63 (cukup tinggi) dan total BAL 4.8×10^8 CFU/mL. Perlakuan a3b3 (6% starter, 0.3% CMC), dengan aroma tinggi (nilai asli 3.15), memiliki nilai asli rasa tertinggi (2.73) dan total BAL 3.8×10^8 CFU/mL. Ini menunjukkan bahwa produk dengan profil fermentasi yang baik, yang ditandai dengan jumlah BAL yang cukup dan menghasilkan senyawa aroma yang disukai, cenderung memiliki penerimaan organoleptik yang lebih baik secara keseluruhan.

4.2.4 Hasil Penelitian Respon Fisik

4.2.4.1 Stabilitas Fisik (Pengamatan Visual Endapan)

Berdasarkan data analisis visual endapan yang disajikan pada Lampiran, teramati bahwa tidak terjadi pembentukan endapan pada semua perlakuan pada hari ke-0 (awal) dan hari ke-10 penyimpanan. Endapan mulai terlihat secara visual pada hari ke-20 dan tinggi endapan tersebut relatif stabil hingga hari ke-30 penyimpanan. Temuan yang sangat penting adalah bahwa perlakuan kontrol (blank), yaitu ekstrak kulit pisang tanpa penambahan *Lactobacillus casei* maupun CMC, menunjukkan tinggi endapan yang paling tinggi, yaitu 2.2 cm. Sebaliknya, semua perlakuan yang melibatkan penambahan *Lactobacillus casei* dan CMC menunjukkan tinggi endapan yang jauh lebih rendah, berkisar antara 0.4 cm hingga 0.8 cm.

Pengaruh konsentrasi CMC terhadap tinggi endapan menunjukkan pola yang menarik: semakin tinggi konsentrasi CMC yang ditambahkan, semakin tinggi pula endapan yang teramati. Secara spesifik, perlakuan dengan CMC 0.1% (b1) menghasilkan endapan setinggi 0.4 cm, perlakuan dengan CMC 0.2% (b2) menghasilkan endapan 0.6 cm, dan perlakuan dengan CMC 0.3% (b3) menghasilkan endapan 0.8 cm pada hari ke-20 dan ke-30. Di sisi lain, variasi konsentrasi starter *Lactobacillus casei* (faktor A) tidak menunjukkan adanya perbedaan yang jelas terhadap tinggi endapan yang terbentuk pada level konsentrasi CMC yang sama.

CMC ditambahkan dalam formulasi minuman ini dengan tujuan utama sebagai bahan penstabil, yang diharapkan dapat mencegah terjadinya pengendapan dan meningkatkan viskositas produk sehingga diperoleh tekstur yang lebih baik

(Karimi et al., 2016). Peran CMC dalam menstabilkan sistem dispersi adalah dengan membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat menahan partikel-partikel tersuspensi agar tidak mudah mengendap akibat gaya gravitasi. Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa semua perlakuan dengan penambahan CMC memiliki endapan yang secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol (blank) sangat mendukung peran CMC sebagai agen penstabil secara umum dalam sistem minuman berbasis kulit pisang ini (Himanshu et al., 2026).

Namun, tren peningkatan tinggi endapan seiring dengan peningkatan konsentrasi CMC (dari 0.1% menjadi 0.3%) merupakan temuan yang memerlukan pembahasan lebih lanjut. Fenomena ini lebih tepat dideskripsikan sebagai pengendapan (sedimentasi) partikel, bukan sineresis klasik (pemisahan fase whey dari matriks gel seperti pada yogurt), dan dapat disebabkan oleh beberapa mekanisme lain. Pertama, ini bisa jadi merupakan agregasi partikel-partikel dari kulit pisang yang tidak larut sempurna. Pada konsentrasi CMC yang lebih tinggi, viskositas medium yang juga lebih tinggi mungkin menyebabkan partikel-partikel kecil dari kulit pisang (yang mungkin tidak sepenuhnya larut atau terdispersi secara homogen) menjadi lebih efektif terperangkap dan menggumpal, membentuk lapisan sedimen yang tampak lebih tebal, meskipun secara keseluruhan sistem mungkin lebih stabil terhadap pemisahan fase cair-padat yang drastis. Kedua, mungkin terjadi interaksi spesifik antara CMC pada konsentrasi yang lebih tinggi dengan komponen lain dari kulit pisang, seperti pektin atau serat lainnya, yang menyebabkan pembentukan kompleks yang kemudian mengendap. Ketiga, ada kemungkinan bahwa rentang konsentrasi CMC yang diuji (0.1% - 0.3%) belum mencapai titik konsentrasi optimal untuk stabilisasi maksimum dalam matriks

spesifik minuman kulit pisang ini. Literatur mencatat bahwa Samsul dkk. (2016) menemukan konsentrasi CMC 0.2% sebagai yang terbaik untuk stabilitas minuman probiotik nanas, sementara Kumar et al. (2021) menggunakan CMC 0.3% dalam formulasi lassi, menunjukkan bahwa konsentrasi optimal dapat bervariasi tergantung jenis produk.

Fenomena ini kemungkinan besar dapat dijelaskan oleh mekanisme koloid yang lebih kompleks dari sekadar peningkatan viskositas, yaitu flokulasi jembatan (*bridging flocculation*). Pada konsentrasi rendah (0.1%), CMC berfungsi sebagai penstabil konvensional. Namun, pada konsentrasi yang lebih tinggi, rantai polimer CMC yang panjang dapat teradsorpsi pada permukaan beberapa partikel tersuspensi (berasal dari bubur kulit pisang) secara bersamaan, menciptakan 'jembatan' fisik di antara partikel-partikel tersebut. Aksi penjembatanan ini menyebabkan partikel-partikel kecil beragregasi membentuk flokulan yang lebih besar dan lebih berat, yang kemudian mengendap lebih cepat dan membentuk lapisan sedimen yang lebih tebal dibandingkan partikel individual. (Bharti, 2019)

Tidak adanya pengaruh yang jelas dari variasi konsentrasi starter *Lactobacillus casei* terhadap tinggi endapan mengindikasikan bahwa aktivitas mikroba, dalam rentang konsentrasi starter yang diuji, tidak secara signifikan mempengaruhi pembentukan sedimen ini, atau jika ada pengaruhnya, efek tersebut tertutupi oleh pengaruh yang lebih dominan dari CMC.

Penemuan bahwa endapan justru meningkat dengan konsentrasi CMC yang lebih tinggi (meskipun semua perlakuan CMC masih jauh lebih baik daripada kontrol tanpa CMC) menunjukkan bahwa mekanisme stabilisasi oleh CMC dalam

sistem minuman probiotik berbasis kulit pisang ini bersifat kompleks dan tidak sederhana "semakin banyak CMC ditambahkan, maka produk akan semakin stabil". Jika fungsi CMC hanya untuk menjerat partikel dan mencegah pengendapan, maka seharusnya semakin tinggi konsentrasi CMC, semakin sedikit endapan yang terbentuk. Fakta bahwa tinggi endapan justru meningkat dari penggunaan CMC 0.1% ke 0.3% (walaupun masih lebih baik daripada blanko) mengindikasikan bahwa pada konsentrasi yang lebih tinggi, CMC mungkin mulai menyebabkan fenomena seperti *bridging flocculation*, di mana rantai polimer CMC yang panjang menghubungkan partikel-partikel tersuspensi membentuk flokulan yang lebih besar dan lebih mudah mengendap (Souza et al., 2018). Alternatif lain adalah mekanisme *depletion flocculation* jika konsentrasi partikel dari kulit pisang dalam medium cukup tinggi (Azamzam et al., 2024). Atau, bisa jadi viskositas yang terlalu tinggi justru menyulitkan partikel-partikel untuk tetap tersuspensi secara merata dan malah memfasilitasi terjadinya sedimentasi yang lebih terkonsolidasi di dasar wadah.

Perlakuan terbaik dari segi stabilitas fisik, yang ditunjukkan dengan tinggi endapan terendah, adalah pada penggunaan konsentrasi CMC terendah, yaitu 0.1% (semua perlakuan b1). Hal ini berpotensi memberikan keuntungan dari segi biaya produksi, asalkan karakteristik lain seperti rasa, aroma, dan jumlah BAL juga dapat diterima pada konsentrasi CMC ini. Penggunaan bahan tambahan pangan seperti CMC pada konsentrasi serendah mungkin yang masih memberikan efek fungsional yang diinginkan adalah pendekatan yang ideal, baik dari perspektif ekonomi maupun tren konsumen terhadap produk dengan label yang lebih "bersih". Jika CMC 0.1% mampu memberikan stabilitas fisik yang cukup baik (tinggi endapan

0.4 cm dibandingkan dengan 2.2 cm pada blanko) dan tidak memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap parameter kualitas lainnya, maka ini merupakan temuan yang penting.

Keterkaitan antara stabilitas fisik (sineresis/pengendapan) dengan persepsi organoleptik juga perlu dipertimbangkan. Meskipun tidak diukur secara langsung dalam uji organoleptik pada aspek endapan, secara umum produk minuman dengan endapan yang lebih sedikit akan lebih disukai oleh konsumen karena memberikan kesan kualitas yang lebih baik dan lebih homogen. Namun, viskositas yang diberikan oleh CMC juga mempengaruhi *mouthfeel*. Oleh karena itu, perlu dicapai keseimbangan antara stabilitas fisik (endapan minimal) dan tekstur (kekentalan) yang diinginkan oleh konsumen.

4.2.5 Pembahasan Komprehensif Keterkaitan Antar Parameter dan Implikasi Hasil

Analisis terhadap berbagai parameter menunjukkan bahwa karakteristik minuman probiotik berbasis kulit pisang dipengaruhi secara kompleks oleh variasi konsentrasi *Lactobacillus casei* dan CMC. Produksi asam laktat yang tinggi, tercermin dari nilai TAT yang tinggi dan pH yang rendah, merupakan hasil langsung dari aktivitas fermentasi *Lactobacillus casei*. Tingkat keasaman ini tidak hanya berkontribusi signifikan terhadap profil rasa (rasa asam yang menyegarkan), tetapi juga berperan penting dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan patogen, sehingga meningkatkan keamanan dan umur simpan produk. Jumlah total BAL yang tinggi juga berkorelasi dengan intensitas fermentasi, yang selanjutnya mempengaruhi pembentukan senyawa-senyawa aroma khas.

Peran CMC dalam formulasi ini bersifat multifaset. Selain fungsi utamanya sebagai agen penstabil yang mengurangi pengendapan secara signifikan dibandingkan kontrol, CMC juga memodulasi persepsi organoleptik. Peningkatan konsentrasi CMC cenderung meningkatkan kesukaan terhadap rasa, kemungkinan besar melalui perbaikan *mouthfeel* dengan memberikan kekentalan yang lebih baik. Terhadap aroma, CMC juga menunjukkan pengaruh, yang kemungkinan disebabkan oleh modulasinya terhadap laju pelepasan senyawa-senyawa volatil dari matriks minuman. Interaksi yang signifikan antara konsentrasi starter dan CMC pada beberapa parameter (pH, TAT, BAL, dan aroma) menggarisbawahi bahwa efek optimal tidak dapat dicapai hanya dengan memaksimalkan salah satu faktor, melainkan melalui kombinasi yang tepat dari keduanya.

Salah satu temuan interaktif yang paling signifikan adalah ketidakselarasan antara jumlah populasi bakteri (Total BAL) dengan output metaboliknya (Total Asam Tertitrasi), di mana perlakuan a3b1 memiliki BAL tertinggi namun TAT moderat, sedangkan a2b3 memiliki TAT tertinggi dengan BAL yang lebih rendah. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui hipotesis limitasi difusi yang dimediasi oleh viskositas. Dalam medium dengan viskositas tinggi (konsentrasi CMC lebih tinggi), laju difusi molekul melambat. Hal ini menghambat laju difusi nutrisi ke dalam sel dan, yang lebih penting, memperlambat pembuangan produk sisa metabolik seperti asam laktat menjauhi sel. Akumulasi asam laktat di lingkungan mikro sekitar sel dapat menciptakan zona pH sangat rendah yang menyebabkan inhibisi umpan balik (*feedback inhibition*), yang memperlambat pembelahan sel (menghasilkan Total BAL akhir yang lebih rendah) meskipun sel-sel tersebut telah melalui periode aktivitas metabolik yang tinggi (menghasilkan TAT yang tinggi). (Ayuti et al., 2016)

Identifikasi kombinasi perlakuan yang paling optimal secara keseluruhan memerlukan pertimbangan yang cermat, mengingat tidak ada satu perlakuan tunggal yang unggul secara absolut di semua parameter yang diuji. Untuk memfasilitasi pemilihan secara objektif dan mengatasi perbedaan satuan antar parameter, maka dilakukan Uji Ranking. Metode ini mengubah data dari berbagai parameter (pH, TAT, BAL, Rasa, Aroma, dan Sineresis) menjadi skor peringkat yang seragam, di mana peringkat 1 menandakan hasil terbaik. Perlakuan dengan jumlah total peringkat terkecil dianggap sebagai perlakuan yang paling seimbang dan optimal secara keseluruhan.

Tabel 14. Tabel Uji Ranking Perbandingan Beberapa Perlakuan Unggulan

Perlakuan (Starter- CMC)	pH	Ranking pH (↓)	TAT (%)	Ranking TAT (↑)	Total BAL (10 ^{^8})	Ranking BAL (↑)	Rasa	Ranking Rasa (↑)	Aroma	Ranking Aroma (↑)	Endapan (cm, H2O)	Ranking Endapan (↑)	Total Ranking
a2b2 (5%- 0.2%)	4.55	1	0.52	5	1.7	4	1.63	4.5	1.63	5	0.6	2	21.5
a2b3 (5%- 0.3%)	4.63	2	0.63	1	1.4	5	1.73	3	1.82	3	0.8	4	18
a3b1 (6%- 0.1%)	4.88	4	0.54	4	7.2	1	1.63	4.5	1.74	4	0.4	1	18.5
a1b3 (4%- 0.3%)	4.71	3	0.58	3	4.8	2	1.76	2	1.91	1	0.8	4	15
a3b3 (6%- 0.3%)	4.93	5	0.61	2	3.8	3	1.79	1	1.9	2	0.8	4	17

Catatan: Nilai rata-rata diambil dari data penelitian. Notasi Duncan merujuk pada perbandingan dalam masing-masing parameter (lihat lampiran untuk detail).

Berdasarkan hasil Uji Ranking pada tabel di atas, terlihat bahwa syarat utama minuman probiotik, yaitu kandungan BAL minimal 10^7 CFU/mL, telah dipenuhi oleh semua perlakuan unggulan. Hasil peringkat secara kuantitatif menunjukkan urutan perlakuan terbaik sebagai berikut: a1b3 (Total Ranking 15), diikuti oleh a3b3 (17), a2b3 (18), a3b1 (18.5), dan a2b2 (21.5).

Dengan demikian, perlakuan a1b3 (4% *Lactobacillus casei* dan 0.3% CMC) terpilih sebagai perlakuan terbaik secara keseluruhan. Kemenangan perlakuan a1b3 ini menunjukkan bahwa ia memiliki keseimbangan karakteristik yang paling unggul. Meskipun tidak menjadi yang teratas pada parameter mikrobiologi (peringkat 2) dan stabilitas fisik (peringkat 4), perlakuan ini menunjukkan keunggulan yang sangat signifikan pada parameter sensorik, dengan meraih peringkat pertama untuk aroma dan peringkat kedua untuk rasa. Hal ini sangat penting karena penerimaan sensorik adalah kunci keberhasilan produk di tingkat konsumen.

Perlakuan lain juga menunjukkan keunggulan pada aspek spesifik. Perlakuan a3b3 (6% *L. casei* dan 0.3% CMC), yang menempati peringkat kedua, terbukti paling unggul dari segi rasa. Sementara itu, perlakuan a3b1 (6% *L. casei* dan 0.1% CMC), yang sebelumnya menjadi kandidat kuat, sangat dominan pada parameter fungsional (BAL tertinggi) dan fisik (sineresis terendah). Namun, skornya yang lebih rendah pada parameter TAT dan sensorik membuatnya kurang seimbang secara keseluruhan dibandingkan a1b3 menurut metode Uji Ranking ini.

Implikasi dari penelitian ini adalah penegasan potensi kulit pisang, yang sering dianggap limbah, sebagai substrat yang viable dan fungsional untuk produksi

minuman probiotik. Penelitian ini juga menyoroti peran ganda dari *Lactobacillus casei*, tidak hanya sebagai agen probiotik tetapi juga sebagai pembentuk karakteristik sensori produk, serta peran CMC yang tidak hanya sebagai penstabil fisik tetapi juga sebagai modulator persepsi sensori. Hasil ini dapat menjadi dasar ilmiah yang kuat untuk penelitian lebih lanjut atau pengembangan produk skala pilot.

V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan membahas mengenai : (5.1) Kesimpulan penelitian, (5.2) Saran.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi konsentrasi starter *Lactobacillus casei* memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakteristik minuman probiotik berbasis kulit pisang. Peningkatan konsentrasi *Lactobacillus casei* cenderung menurunkan nilai pH, meningkatkan Total Asam Tertitrasi (TAT), meningkatkan Total Bakteri Asam Laktat (BAL), dan memberikan pengaruh terhadap persepsi rasa dan aroma, di mana pengaruh terhadap aroma bersifat interaktif dengan konsentrasi CMC.
2. Variasi konsentrasi Carboxy Methyl Cellulose (CMC) juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakteristik minuman probiotik. Peningkatan konsentrasi CMC berpengaruh terhadap nilai pH dan TAT (bersifat interaktif dengan konsentrasi starter), tidak berpengaruh nyata secara utama terhadap total BAL namun menunjukkan interaksi dengan konsentrasi starter, cenderung meningkatkan kesukaan terhadap rasa, berpengaruh terhadap aroma (bersifat interaktif dengan konsentrasi starter), serta secara signifikan mengurangi endapan dibandingkan dengan kontrol (tanpa CMC), meskipun dalam rentang 0.1%-0.3% CMC, konsentrasi CMC 0.1% menunjukkan endapan terendah.
3. Terdapat interaksi yang signifikan antara variasi konsentrasi *Lactobacillus casei* dan variasi konsentrasi CMC terhadap nilai pH, Total Asam Tertitrasi

(TAT), Total Bakteri Asam Laktat (BAL), dan persepsi aroma minuman probiotik. Hal ini menunjukkan bahwa efek dari satu faktor bergantung pada level faktor lainnya, mengindikasikan adanya kombinasi optimal yang lebih kompleks daripada pengaruh aditif sederhana.

4. Untuk menentukan perlakuan terbaik secara objektif dari berbagai parameter kualitas (jumlah BAL, TAT, pH, stabilitas fisik, dan penerimaan sensorik), dilakukan metode Uji Ranking. Berdasarkan analisis ini, perlakuan dengan konsentrasi *Lactobacillus casei* 4% dan konsentrasi CMC 0.3% (a1b3) menunjukkan kombinasi karakteristik terbaik secara keseluruhan. Perlakuan a1b3 terpilih karena memiliki total skor peringkat terendah, yang mengindikasikan keseimbangan yang paling unggul di antara semua parameter. Meskipun bukan yang tertinggi dalam jumlah BAL, perlakuan ini menunjukkan keunggulan signifikan pada penerimaan sensorik (terutama aroma), sambil tetap mempertahankan jumlah BAL (48×10^7 CFU/mL) dan stabilitas fisik pada tingkat yang sangat baik. Sementara itu, perlakuan a3b1 (6% *L. casei* dan 0.1% CMC), meskipun unggul secara absolut pada parameter jumlah BAL dan stabilitas fisik, performanya yang kurang optimal pada parameter sensorik membuatnya kurang seimbang secara keseluruhan menurut analisis ranking.
5. Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan memiliki potensi besar sebagai minuman sinbiotik. Hal ini dikarenakan produk akhir mengandung bakteri hidup probiotik (*Lactobacillus casei*) dan substratnya (kulit pisang) terbukti mengandung senyawa prebiotik seperti oligosakarida dan pektin

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, beberapa saran dapat diajukan untuk penelitian lebih lanjut maupun aplikasi praktis:

1. Untuk Penelitian Lebih Lanjut:

- 1.1 Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sistem penstabil. Selain mengoptimalkan konsentrasi CMC, dapat dieksplorasi penggunaan hidrokoloid alternatif yang dikenal efektif dalam menahan partikel tersuspensi. Contohnya adalah Xanthan Gum, yang memiliki '*yield stress*' tinggi untuk suspensi jangka panjang (García-Ochoa et al., 2000), atau Gellan Gum, yang mampu membentuk 'jaringan gel cair' pada konsentrasi sangat rendah (Morris et al., 2012). Studi mengenai kombinasi CMC dengan hidrokoloid lain untuk menciptakan efek sinergis juga dapat menjadi arah pengembangan produk yang menarik.
- 1.2 Analisis senyawa volatil spesifik (menggunakan teknik seperti GC-MS) yang berkontribusi terhadap profil aroma pada perlakuan-perlakuan terpilih dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pembentukan aroma.
- 1.3 Penelitian mengenai kandungan senyawa prebiotik alami dalam kulit pisang (seperti oligosakarida atau serat pangan larut) dan bagaimana interaksinya dalam mendukung pertumbuhan *Lactobacillus casei* akan menambah nilai fungsional produk.
- 1.4 Uji umur simpan produk minuman probiotik kulit pisang pada perlakuan terpilih perlu dilakukan dengan evaluasi berkala terhadap viabilitas BAL,

perubahan pH, TAT, stabilitas fisik, dan penerimaan organoleptik selama periode penyimpanan tertentu pada kondisi suhu yang sesuai.

- 1.5 Evaluasi terhadap aktivitas fungsional lain dari minuman probiotik kulit pisang, seperti aktivitas antioksidan atau potensi manfaat kesehatan lainnya, dapat menjadi topik penelitian yang menarik.
- 1.6 Studi kelayakan ekonomi dan analisis biaya produksi perlu dilakukan jika produk ini berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk komersial skala kecil atau menengah.

2. Saran Praktis:

- 2.1 Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar ilmiah bagi industri kecil, usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM), atau bahkan skala rumah tangga untuk mengembangkan alternatif minuman probiotik yang inovatif, fungsional, dan bernilai tambah dengan memanfaatkan limbah kulit pisang yang melimpah.
- 2.2 Perlunya sosialisasi dan edukasi kepada masyarakat mengenai manfaat nutrisi dan fungsional dari kulit pisang serta potensi produk olahannya, sehingga dapat meningkatkan penerimaan dan pemanfaatan limbah pangan ini secara lebih optimal.
- 2.3 Untuk pengembangan produk komersial, dapat dilakukan studi lanjutan untuk meningkatkan profil rasa. Penambahan pemanis seperti gula atau stevia dapat dilakukan untuk menyeimbangkan rasa asam. Selain itu, penambahan asam sitrat (*citric acid*) dalam jumlah kecil dapat dipertimbangkan. Asam sitrat berfungsi sebagai *acidulant* yang memberikan nota rasa asam yang lebih 'segar' dan 'cerah' dibandingkan rasa asam laktat yang cenderung 'halus', sehingga dapat menciptakan profil rasa yang lebih kompleks dan disukai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ferdiansyah, M. K., Marseno, D. W., & Pranoto, Y. (2017). **Kajian Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Film Edible Agar-Agar dengan Penambahan Nanokalsium dan Nanokitosan**. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 10(1), 73-84.
- Nuraeni, F., Rizal, S., & Suharyono, S. (2018). **Pengaruh Konsentrasi Carboxymethyl Cellulose (CMC) dan Lama Penyimpanan pada Suhu Dingin terhadap Stabilitas dan Karakteristik Minuman Probiotik Sari Buah Nanas**. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 23(1), 1-12.
- Widaningrum, W., Miskiyah, M., & Winarti, C. (2015). **Aplikasi Carboxymethyl Cellulose (CMC) pada Selai Blimbing Wuluh Rendah Kalori**. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 12(1), 43-54.
- Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2013). **Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan**. *Jurnal Kimia Valensi*, 3(2), 100-109.
- BPOM RI. (2013). **Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2013 tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Penstabil**. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Nurainy, F., Hidayati, S., & Koesoemawardani, D. (2018). **Karakteristik minuman probiotik jambu biji (*Psidium guajava*) pada berbagai variasi penambahan sukrosa dan susu skim**. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(2), 47-54. <https://doi.org/10.17728/jatp.2510>
- Khoiriyah, L. K., & Pradipta, M. S. I. (2021). **Karakteristik Fisikokimia, Mikrobiologi dan Organoleptik Minuman Probiotik Berbasis Limbah Kulit Pisang Kepok**. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 16(1), 24-35. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v16i1.7374>
- Effendi, B. M. (2023, July 11). **KARAKTERISTIK BAKTERI ASAM LAKTAT DARI FERMENTASI KULIT PISANG AMBON (*Musa x paradisiaca* L.) DAN UJI POTENSI ANTIBAKTERI *Xanthomonas campestris***. Skripsi.

- Febriyanti, L. Y., & Kusnadi, J. (2015). **Es Krim Probiotik Tepung Kulit Pisang**. In *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* (Vols. 3–4, pp. 1694–1700).
- Idayati, E., dkk, Sir, R. W., Bunga, S. J., & Program Studi Teknologi Pangan Politeknik Pertanian Negeri Kupang. (2008). **MINUMAN PROBIOTIK DARI BEBERAPA JENIS KULIT BUAH PISANG DENGAN VARIASI INOKULUM *Lactobacillus casei***. In *PARTNER* (pp. 63–72) [Journal-article].
- Juniawati, N., Usmiati, S., & Budiyanto, A. (2022). **Effect of Stabilizer on the Physicochemical and Microbiology Properties of Wheygurt**. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1024(1), 012074. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1024/1/012074>
- Kristanti, D., Setyaningsih, R., & Susilowati, A. (1970). **Sugarcane juice fermentation for making probiotic beverage with variations of type and concentration of inoculum**. *Biofarmasi Journal of Natural Product Biochemistry*, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.13057/biofar/f050101>
- Kumar, A., Hussain, S. A., Prasad, W., Singh, A. K., & Singh, R. (2021). **Effect of oxygen tolerant probiotic strain, stabilizers and copper addition on the storage stability of Aloe vera supplemented synbiotic lassi**. *Future Foods*, 3, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100021>
- Kusuma, V. J. M., & Zubaidah, E. (2016). **EVALUASI PERTUMBUHAN *Lactobacillus casei* DAN *Lactobacillus plantarum* DALAM MEDIUM FERMENTASI TEPUNG KULIT PISANG**. In *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* (Vols. 4–4, Issue 1, pp. 100–108).
- Nusa, Mhd. I., Nusa, Siregar, S. N., Siregar, & Iswanil. (n.d.). **STUDI PEMBUATAN MINUMAN PROBIOTIK DARI SARI UBI JALAR (*Ipomoea Batatas*)**. In *Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian UMSU M E D a N* [Journal-article].
- Palupi, B., Rahmawati, I., & Setiawan, F. A. (2020). **Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Menjadi Nata de Musa di Kabupaten Lumajang**. *Warta Pengabdian*, 14(3), 153. <https://doi.org/10.19184/wrtp.v14i3.14873>
- Priadi, G., Setiyoningrum, F., Afati, F., Irzaldi, R., & Lisdiyanti, P. (2020). **STUDI IN VITRO BAKTERI ASAM LAKTAT KANDIDAT PROBIOTIK DARI MAKANAN FERMENTASI INDONESIA**. *Jurnal Teknologi*

Proverawati, A., Nuraeni, I., Sustriawan, B., Zaki, I., Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan, Universitas Jenderal Soedirman, & Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman. (2019). **UPAYA PENINGKATAN NILAI GIZI PANGAN MELALUI OPTIMALISASI POTENSI TEPUNG KULIT PISANG RAJA, PISANG KEPOK, DAN PISANG AMBON [Journal-article]**. *J. Gipas*, Volume 3(Nomor 1), 49–51. <http://jos.unsoed.ac.id/index.php/jgps>

Retnowati, P. A., & Kusnadi, J. (2014). **Minuman Probiotik Sari Buah Kurma**. In *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* (Vols. 2–2, Issue 2, pp. 70–81).

Sari, A. E., & Anindita, R. (2024). **Potensi Minuman Probiotik Berbahan Dasar Campuran Buah (Jambu, Lemon, Melon, Bit) Sebagai Minuman Kesehatan**. In STIKes Mitra Keluarga & STIKes Mitra Keluarga, *Jurnal Gizi* (Vol. 13, Issue 1, pp. 1–7) [Journal-article].

Utami, C. R. & Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Yudharta Pasuruan. (2018). **KARAKTERISTIK MINUMAN PROBIOTIK FERMENTASI *Lactobacillus casei* DARI SARI BUAH SALAK**. *Jurnal Teknologi Pangan*, 1, 1–9.

Yulia, N., Wibowo, A., & Kosasih, E. D. (2020). **Karakteristik Minuman Probiotik Sari Ubi Kayu dari Kultur Bakteri *Lactobacillus acidophilus* dan *Streptococcus thermophilus***. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 87–94. <https://doi.org/10.22435/jki.v10i2.2488>

Utami, C. R. & Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Yudharta Pasuruan. (2018). **KARAKTERISTIK MINUMAN PROBIOTIK FERMENTASI *Lactobacillus casei* DARI SARI BUAH SALAK**. *Jurnal Teknologi Pangan*, 1, 1–9.

Kuswinarto, R. (2017). **Pengaruh konsentrasi starter dan lama fermentasi terhadap karakteristik fruitghurt sari kulit pisang ambon (*Musa paradisiaca* L.)**. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Hidayat, A. A. (2019). **Optimasi Formula Minuman Probiotik Sari Buah Terung Belanda (*Solanum bataceum* Cav.) dengan Bakteri *Lactobacillus plantarum* Menggunakan Design Expert Metode Mixture D-Optimal**. Fakultas Teknik Unpas.

- Widowati, S., & Misgiyarta. (2018). **Efektifitas bakteri asam laktat dalam pembuatan produk fermentasi berbasis protein/susu nabati.** *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 21(2), 46-53.
- Rahayu, E. S., Wardani, A. K., & Prasetyo, A. (2020). **Teknologi Fermentasi Produk Berbasis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.** UGM Press.
- Kusuma, R. W., Pramono, H., & Moeljopawiro, S. (2019). **Optimasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Sumber Nitrogen pada Produksi Asam Laktat oleh *Lactobacillus casei*.** *Bioteknologi*, 16(1), 40-47.
- Cele, N. P., Akinola, S. A., Manhivi, V. E., Shoko, T., Remize, F., & Sivakumar, D. (2022). **Influence of Lactic Acid Bacterium Strains on Changes in Quality, Functional Compounds and Volatile Compounds of Mango Juice from Different Cultivars during Fermentation.** *Foods*, 11(5), 682. <https://doi.org/10.3390/foods11050682>
- Eze, C. M., Aremu, K. O., Alamu, E. O., & Okonkwo, T. M. (2021). **Impact of type and level of stabilizers and fermentation period on the nutritional, microbiological, and sensory properties of short-set Yoghurt.** *Food Science & Nutrition*, 9(10), 5477–5492. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2507>
- Huang, Y., Wang, Y., Shang, N., & Li, P. (2023). **Microbial fermentation processes of lactic Acid: challenges, solutions, and future prospects.** *Foods*, 12(12), 2311. <https://doi.org/10.3390/foods12122311>
- Miehle, E., Bader-Mittermaier, S., Schweiggert-Weisz, U., Hauner, H., & Eisner, P. (2021). **Effect of physicochemical properties of carboxymethyl cellulose on diffusion of glucose.** *Nutrients*, 13(5), 1398. <https://doi.org/10.3390/nu13051398>
- Rizal, S., Nurainy, F., Anggraini, M., & Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. (2016). **Pengaruh Konsentrasi CMC dan Lama Penyimpanan Pada Suhu Dingin Terhadap Karakteristik Organoleptik Minuman Probiotik Sari Buah Nanas.** *PROSIDING KONSER KARYA ILMIAH*, Vol.2, 51–53.
- Sebayang, F., Bulan, R., & Wahyuni, W. (2019). **The Utilization of Carboxymethyl Cellulose (Cmc) from Groundnut (*Arachis Hypogaea* L) Cellulose as Stabilizer for Cow Milk Yogurt.** In *Journal of Chemical Natural Resources* (Vol. 01, Issue 02, pp. 38–51). <http://jcnar.usu.ac.id>

- Sheeladevi, A., Ramanathan, N., & Department of Microbiology, Annamalai University, Annamalai Nagar, Chidambaram – 608 002, India. (2011). **Lactic Acid Production Using Lactic Acid Bacteria under Optimized Conditions.** *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 2–6, 1686–1691. <https://www.ijpba.info>
- ˆ Bori, M., c, ˇ Danev, T., c, & Stopar, D. (2012). **Viscosity dictates metabolic activity of *Vibrio ruber* [Physiology].** *Frontiers in Microbiology*, 3, 255. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00255>
- Abdullah, A., & Amalia, Y. (2023). **Lactic acid fermentation of banana peel using *Lactobacillus plantarum* : Effect of substrate concentration, inoculum concentration, and various nitrogen sources.** *Lactic Acid Fermentation of Banana Peel Using Lactobacillus Plantarum : Effect of Substrate Concentration, Inoculum Concentration, and V.*
- Aldianto, M. T., Nocianitri, K. A., & I Made Sugitha. (2023). **The Effect of Stabilizer Type Addition on The Characteristics of Etawa Goat Milk Yogurt with *Lactobacillus rhamnosus* SKG34 Isolate.** In *Itepa: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan* (Vols. 1–1, pp. 64–78) [Journal-article]. <http://journal.udayana.ac.id/index.php/teknologi-pangan/article/view/itpa13n1a5>
- Bista, N., Gautam, N., Khanal, B., Pradhananga, M., & Yadav, R. S. (2024). **EFFECT OF SOME STABILIZERS ON THE QUALITY AND STORAGE STABILITY OF YOGHURT** (By Tribhuvan University, Nepal, Tribhuvan University, Central Campus of Technology, & Institute of Science and Technology).
- Li, Y., Zhao, L., Sun, C., Yang, J., Zhang, X., Dou, S., Hua, Q., Ma, A., & Cai, J. (2023). **Regulation of Gut Microflora by *Lactobacillus casei* Zhang Attenuates Liver Injury in Mice Caused by Anti-Tuberculosis Drugs.** *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11), 9444. <https://doi.org/10.3390/ijms24119444>
- Tosif, M. M., Bains, A., Dhull, S. B., Chawla, P., & Goksen, G. (2023). **Effect of Aloe vera and carboxymethyl cellulose-derived binary blend edible coating on the shelf life of fresh-cut apple.** *Food Science & Nutrition*, 11(11), 6987–6999. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3623>
- Cui, S., Zhao, N., Lu, W., Zhao, F., Zheng, S., Wang, W., & Chen, W. (2019). **Effect of different *Lactobacillus* species on volatile and nonvolatile flavor**

compounds in juices fermentation. *Food Science & Nutrition*, 7(7), 2214–2223. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1010>

Yuliarti, O., Mei, K. H., Ting, Z. K. X., & Yi, K. Y. (2018). **Influence of combination carboxymethylcellulose and pectin on the stability of acidified milk drinks.** *Food Hydrocolloids*, 89, 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.040>

Chaudhary, M. N., Li, X., Yang, S., Wang, D., Luo, L., Zeng, L., & Luo, W. (2024). **Microencapsulation efficiency of carboxymethylcellulose, gelatin, maltodextrin, and acacia for aroma preservation in Jasmine instant tea.** *Gels*, 10(10), 670. <https://doi.org/10.3390/gels10100670>

Chi, X., Yang, Q., Su, Y., Zhang, J., Sun, B., & Ai, N. (2024). **Improvement of rheological and sensory properties of Lactobacillus helveticus fermented milk by prebiotics.** *Food Chemistry X*, 23, 101679. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101679>

Ricci, A., Cirlini, M., Levante, A., Dall'Asta, C., Galaverna, G., & Lazzi, C. (2017). **Volatile profile of elderberry juice: Effect of lactic acid fermentation using L. plantarum, L. rhamnosus and L. casei strains.** *Food Research International*, 105, 412–422. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.042>

Zhang, C. L., Gu, Y. G., Wang, H., Gong, D., Li, X., Zhou, L., & Wang, B. (2021). **Emission of volatile organic compounds during aerobic decomposition of banana peel.** *Waste Management*, 130, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.05.020>

Azamzam, A. A., Alabdi, A. J., Yahya, E. B., Lalung, J., & Ahmad, M. I. (2024). **WATER TREATMENT USING NATURAL COAGULANT: A REVIEW ON THE POTENTIAL UTILISATION OF BANANA WASTE.** *Malaysian Journal of Science*, 43(1), 113–122. <https://doi.org/10.22452/mjs.vol43no1.9>

Himanshu, Kumar, N., Khangwal, I., Baba Mastnath University, & National Institute of Food Technology Entrepreneurship and Management. (2026). **Functional attributes and bio-prospects of fruit peel waste.** In *Foods and Raw Materials* (Vols. 14–14, Issue 1, pp. 84–103). <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2026-1-660>

- Karimi, N., Sani, A. M., & Pourahmad, R. (2016). **Influence of carboxy methyl cellulose (CMC) and pectin on rheological, physical stability and sensory properties of milk and concentrated jujuba mixture.** *Journal of Food Measurement & Characterization*, 10(2), 396–404. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9318-z>
- Souza, S. F., Mariano, M., De Farias, M. A., & Bernardes, J. S. (2018). **Effect of depletion forces on the morphological structure of carboxymethyl cellulose and micro/nano cellulose fiber suspensions.** *Journal of Colloid and Interface Science*, 538, 228–236. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.11.096>
- Ayuti, S. R., Nurliana, N., Yurliasni, Y., Sugito, S., & Darmawi, D. (2016). **Dinamika Pertumbuhan Lactobacillus casei dan Karakteristik Susu Fermentasi Berdasarkan Suhu dan Lama Penyimpanan.** *Jurnal Agripet*, 16(1), 23–30. <https://doi.org/10.17969/agripet.v16i1.3476>
- Banowati, T. A. & Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. (2023). **Penggunaan ekstrak kulit pisang ambon sebagai baku pembuatan moutwash herbal.** In *Indonesian Journal of Halal* (Vols. 6–1, pp. 27–33) [Journal-article].
- Bharti, S. & Department of Chemistry, Cambridge Institute of Polytechnic, Ranchi-835103, Jharkhand, India. (2019). **A critical review on flocculants and flocculation.** *Non-Metallic Material Science*, 01(01). <https://ojs.bilpublishing.com/index.php/nmms>
- Nurhayati, N., Maryanto, M., & Tafrikhah, R. (2016). **Ekstraksi Pektin dari Kulit dan Tandan Pisang dengan Variasi Suhu dan Metode (Pectin Extraction from Banana Peels and Bunch with Various Temperatures and Methods).** *Jurnal Agritech*, 36(03), 327. <https://doi.org/10.22146/agritech.16605>
- Rahmayulis, N. A. & Akademi Farmasi Imam Bonjol. (2022). **EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT PISANG KEPOK (Musa balbisiana Colla), PISANG AMBON (Musa acuminata Colla), DAN PISANG EMAS (Musa x paradisiaca L).** *SITAWA: Jurnal Farmasi Sains Dan Obat Tradisional*, 1(2), 81–91.
- Adhiksana, A. & Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda. (2017). **PERBANDINGAN METODE KONVENSIONAL EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT BUAH PISANG DENGAN METODE ULTRASONIK.** In *Journal of Research and Technology* (Vol. 3, Issue 2, pp. 80–82).

- Someya, S., Yoshiki, Y., & Okubo, K. (2002). **Antioxidant compounds from bananas (*Musa cavendish*)**. *Food Chemistry*, 79(3), 351–354.
- Kusuma, V. J. M., & Zubaidah, E. (2016). **EVALUASI PERTUMBUHAN *Lactobacillus casei* DAN *Lactobacillus plantarum* DALAM MEDIUM FERMENTASI TEPUNG KULIT PISANG**. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(1), 100–108.
- Pratama, F. A., Taufik, M., & Suzery, M. (2020). **Karakteristik Fisikokimia Tepung Kulit Pisang Raja (*Musa paradisiaca* L. var Raja) dengan Perlakuan Blanching**. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 24(1), 75-81.
- Imeson, A. (Ed.). (2010). *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Wiley-Blackwell Publishing Ltd.
- García-Ochoa, F., Santos, V. E., Casas, J. A., & Gómez, E. (2000). **Xanthan gum: production, recovery, and properties**. *Biotechnology Advances*, 18(7), 549–579.
- Morris, E. R., Nishinari, K., & Rinaudo, M. (2012). **Gelation of gellan – A review**. *Food Hydrocolloids*, 28(2), 373–411.
- Naqash, F., Masoodi, F. A., Rather, S. A., Wani, S. M., & Gani, A. (2017). **Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin—A review**. *Carbohydrate polymers*, 168, 227-239.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulasi Bahan per Perlakuan

Tabel 15. Formulasi Bahan per Perlakuan (basis total 80 mL)

Perlakuan	Presentase Perlakuan		Bahan penelitian						Volume Akhir (ml)	Jumlah yang dibuat (botol)	Total Volume (ml)
	<i>L casei</i> (%)	CMC (%)	Sari kulit pisang (ml)	Laktosa (gr)	Air untuk Laktosa (mL)	<i>L casei</i> (ml)	CMC (g)	Air untuk CMC (mL)			
a1b1	4	0.1	74	1.6	2	3.2	0.08	0.8	80	3	240
a1b2	4	0.2	73.2	1.6	2	3.2	0.16	1.6	80	3	240
a1b3	4	0.3	72.4	1.6	2	3.2	0.24	2.4	80	3	240
a2b1	5	0.1	73.2	1.6	2	4	0.08	0.8	80	3	240
a2b2	5	0.2	72.4	1.6	2	4	0.16	1.6	80	3	240
a2b3	5	0.3	71.6	1.6	2	4	0.24	2.4	80	3	240
a3b1	6	0.1	72.4	1.6	2	4.8	0.08	0.8	80	3	240
a3b2	6	0.2	71.6	1.6	2	4.8	0.16	1.6	80	3	240
a3b3	6	0.3	70.8	1.6	2	4.8	0.24	2.4	80	3	240

Lampiran 2. Kebutuhan Bahan Baku Penelitian

Tabel 16. Kebutuhan Sampel untuk Pengujian Respon

Jenis pengujian	Volume per Sampel (ml)	Ulangan	Jumlah Sampel	Total volume (ml)
pH	5	2	9	90
Total Asam Tertitrasi	10	2	9	180
Total BAL	10	2	9	180
Organoleptik (15 panelis)	10	1	9	1350
Sub total				1800
Allowance 10%				180
Total Kebutuhan				1980
Kebutuhan per sampel	175 ml			

Tabel 17. Kebutuhan Total Bahan

Bahan	Konsentrasi	Jumlah total
Filtrat Sari kulit pisang	Basis	1954.8 mL
Laktosa	2%	43.2 g
CMC 0.1%	0.10%	0.72 g
CMC 0.2%	0.20%	1.44 g
CMC 0.3%	0.30%	2.16 g
<i>Lactobacillus casei</i> 4%	4%	28.8 mL
<i>Lactobacillus casei</i> 5%	5%	36 mL
<i>Lactobacillus casei</i> 6%	6%	43.2 mL

Lampiran 3. Prosedur Analisis Respon Organoleptik

3.1 Uji Hedonik

Formulir Uji Hedonik

Nama Panelis :

Tanggal Pengujian :

Jenis Sampel : Minuman Probiotik Kulit Pisang

Instruksi :

Dihadapan saudara telah tersedia 18 sampel minuman probiotik kulit pisang.

Kemudian saudara diminta memberikan penilaian pada skala hedonik yang sesuai pada setiap kode sampel berdasarkan skala numerik yang sesuai dengan pernyataan di bawah ini :

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

b) Warna:

- Keseragaman warna
- Perubahan warna
- Intensitas warna

Kondisi Pengamatan:

- Pencahayaan: Lampu LED putih (6500K)
- Jarak pengamatan: 30 cm
- Background: putih
- Dokumentasi: foto digital

Lampiran 4. Prosedur Analisis Respon Kimia

4.1 Analisis pH menggunakan pH meter (SNI, 1992)

1. Kalibrasi pH meter menggunakan larutan buffer pH 4,0 dan pH 7,0 sebelum digunakan.
2. Bilas elektroda pH meter dengan akuades dan keringkan dengan tissue.
3. Siapkan sampel minuman probiotik dalam beaker glass sebanyak 30 mL.
4. Celupkan elektroda pH meter ke dalam sampel hingga tercelup sempurna.
5. Biarkan beberapa saat hingga pembacaan pH meter stabil.
6. Catat nilai pH yang tertera pada layar pH meter.
7. Bilas elektroda dengan akuades dan keringkan dengan tissue setelah selesai pengukuran.
8. Lakukan pengukuran minimal duplo (dua kali) untuk setiap sampel.
9. Hitung rata-rata nilai pH dari pengukuran yang dilakukan.

4.2 Analisis Total Asam Tertitrasi Metode Titration (AOAC, 2005)

1. Pipet sampel minuman probiotik sebanyak 10 mL dan masukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL.
2. Tambahkan 2-3 tetes indikator fenolftalein (PP) ke dalam erlenmeyer.
3. Isi buret dengan larutan NaOH 0,1 N hingga tanda batas nol.
4. Lakukan titrasi sampel dengan NaOH 0,1 N tetes demi tetes sambil erlenmeyer digoyangkan perlahan.
5. Hentikan titrasi saat terjadi perubahan warna menjadi merah muda dan warna bertahan selama 30 detik.
6. Catat volume NaOH yang digunakan (mL).
7. Lakukan pengujian minimal duplo (dua kali).

8. Hitung total asam tertitrasi dengan rumus:

$$\% \text{ Total Asam} = (V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM Asam Laktat} \times 100\%) / (\text{mL sampel} \times 1000)$$

Dimana:

V NaOH = Volume NaOH yang digunakan (mL)

N NaOH = Normalitas NaOH (0,1 N)

BM Asam Laktat = 90

mL sampel = Volume sampel yang digunakan (10 mL)

4.3 Analisis Visual Endapan

Prosedur Pengukuran Endapan secara Visual:

1. Alat dan Bahan:

- Penggaris dengan ketelitian 1 mm
- Wadah transparan seragam
- Kertas millimeter
- Kamera untuk dokumentasi

2. Metode Pengukuran:

- a) Simpan sampel pada suhu 2-3°C
- b) Tempatkan wadah tegak lurus pada permukaan datar
- c) Ukur:
 - Tinggi total sampel (H1)
 - Tinggi cairan yang terpisah (H2)

3. Interval Pengukuran:

- Hari ke-0 (kontrol)
- Hari ke-3

- Hari ke-5

- Hari ke-7

4. Dokumentasi:

- Foto sampel setiap pengukuran

- Catat hasil dalam tabel pengamatan

Lampiran 5. Prosedur Analisis Respon Mikrobiologi

4.1 Penghitungan Total Bakteri Asam Laktat (BAL) Metode Total Plate Count (TPC) (ISO 15214:1998)

4.1.1 Persiapan:

- 1) Sterilkan semua alat yang akan digunakan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit
- 2) Siapkan media MRS agar sesuai petunjuk produsen dan sterilkan
- 3) Siapkan pengencer NaCl 0,85% dan sterilkan
- 4) Nyalakan LAF dan UV selama 15 menit sebelum digunakan
- 5) Bersihkan meja kerja dengan alkohol 70%

4.1.2 Pembuatan pengenceran serial

- 1) Siapkan 6-7 tabung reaksi berisi 9 mL larutan NaCl 0,85% steril
- 2) Ambil 1 mL sampel minuman probiotik menggunakan pipet steril
- 3) Masukkan ke dalam tabung pertama (pengenceran 10^{-1})
- 4) Homogenkan menggunakan vortex selama 1-2 menit
- 5) Ambil 1 mL dari pengenceran 10^{-1} , masukkan ke tabung kedua (pengenceran 10^{-2})
- 6) Lanjutkan pengenceran serial hingga 10^{-7} atau sesuai kebutuhan

4.1.3 Inokulasi dan Inkubasi

- 1) Pipet 1 mL dari setiap pengenceran ke dalam cawan petri steril (duplo)
- 2) Tuang media MRS agar yang telah didinginkan ($\pm 45^{\circ}\text{C}$) sebanyak 12-15 mL
- 3) Homogenkan dengan cara menggerakkan cawan membentuk angka 8
- 4) Biarkan media memadat

- 5) Inkubasi cawan dengan posisi terbalik pada suhu 37°C selama 48 jam

4.1.4 Perhitungan Koloni

- 1) Pilih cawan yang memiliki jumlah koloni antara 25-250
- 2) Hitung jumlah koloni menggunakan colony counter
- 3) Catat ciri-ciri koloni BAL (umumnya bulat, berwarna putih susu)
- 4) Hitung Total BAL dengan rumus:

Total BAL (CFU/mL) = Jumlah koloni $\times$ 1/Faktor pengenceran

$$N = \Sigma C / [(1 \times n1) + (0,1 \times n2)] \times (d)$$

Keterangan:

- | | |
|------------|---|
| N | = Jumlah koloni per mL atau per gram sampel |
| ΣC | = Jumlah koloni pada semua cawan yang dihitung |
| n1 | = Jumlah cawan pada pengenceran pertama yang dihitung |
| n2 | = Jumlah cawan pada pengenceran kedua yang dihitung |
| d | = Pengenceran pertama yang dihitung |

Lampiran 6. Hasil Penelitian Utama Analisis nilai pH

Tabel 18. Data hasil analisis pH setelah fermentasi

Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
a1b1	5.49	5.49	5.49
a1b2	5	5.01	5.01
a1b3	4.71	4.71	4.71
a2b1	5.14	5.14	5.14
a2b2	4.55	4.55	4.55
a2b3	4.63	4.63	4.63
a3b1	4.97	4.79	4.88
a3b2	4.75	4.76	4.76
a3b3	4.93	4.93	4.93
Total			5.11

Tabel 19. Nilai Matriks Rata-Rata Data Asli Analisis Nilai pH

Konsentrasi Starter (A)	Konsentrasi CMC (B)	Ulangan 1	Ulangan 2	Total	Rata-rata
a1	b1	5.49	5.49	10.98	5.49
a1	b2	5	5.01	10.01	5.01
a1	b3	4.71	4.71	9.42	4.71
a2	b1	5.14	5.14	10.28	5.14
a2	b2	4.55	4.55	9.1	4.55
a2	b3	4.63	4.63	9.26	4.63
a3	b1	4.97	4.79	9.76	4.88
a3	b2	4.75	4.76	9.51	4.76
a3	b3	4.93	4.93	9.86	4.93
Total		44.17	44.01	88.18	4.9
Rata-rata		4.91	4.89		

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 t \text{ (perlakuan)} &= A \text{ (Konsentrasi starter)} \\
 &= B \text{ (Konsentrasi CMC)} \\
 &= 3 \times 3 = 9
 \end{aligned}$$

$$r \text{ (ulangan)} = 2$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 FK &= (\text{Total data})^2 / (a \times b \times r) \text{ FK} \\
 &= (88.18)^2 / (3 \times 3 \times 2) \text{ FK} \\
 &= 7775.0724 / 18 \text{ FK} \\
 &= 431.95
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat (JK)

$$\begin{aligned}
 1. \text{ JK Total} &= \Sigma(Y_{ijk})^2 - FK \\
 &= (5.49^2 + 5.49^2 + 5.00^2 + \dots + 4.93^2) - 431.95 \\
 &= 433.341 - 431.95 \\
 &= 1.357
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ JK Kelompok} &= (\Sigma(Y_i)^2) / ab - FK \\
 &= ((44.17)^2 + (44.01)^2) / (3 \times 3) - 431.95 \\
 &= (1950.23 + 1936.88) / 9 - 431.95 \\
 &= 3887.11 / 9 - 431.95 \\
 &= 431.90 - 431.95 \\
 &= -0.02 \approx 0.00
 \end{aligned}$$

$$3. \text{ JK Perlakuan} = (\Sigma(Y_{ij})^2) / r - FK$$

$$= (10.98^2 + 10.01^2 + \dots + 9.86^2)/2 - 431.95$$

$$= 1.341$$

$$4. \text{ JK Faktor A} = (\sum(Y_i)^2)/(b \times r) - FK$$

$$= (30.41^2 + 28.64^2 + 29.13^2)/(3 \times 2) - 431.95$$

$$= 0.278$$

$$5. \text{ JK Faktor B} = (\sum(Y_j)^2)/(a \times r) - FK$$

$$= (31.02^2 + 28.62^2 + 28.54^2)/(3 \times 2) - 431.95$$

$$= 0.662$$

$$6. \text{ JK Interaksi AB} = \text{JK Perlakuan} - \text{JK Faktor A} - \text{JK Faktor B}$$

$$= 1.341 - 0.278 - 0.662$$

$$= 0.401$$

$$7. \text{ JK Galat} = \sum_i \sum_j \sum_k r(Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij})^2$$

$$= 0.00005 + 0.0162 + 0.00005$$

$$= 0.0163 = 0.016$$

Tabel 20. Tabel ANAVA Analisis nilai pH

Sumber Variansi	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0	0	-	-

Perlakuan	8	1.341	0.1676	-	-
Faktor A	2	0.278	0.139	76.86*	4.46
Faktor B	2	0.662	0.331	182.77*	4.46
Interaksi AB	4	0.401	0.1003	55.30*	3.84
Galat	9	0.016	0.0018	-	-
Total	17	1.357	-	-	-

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5% ($F_{hitung} > F_{tabel}$)

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil analisis variansi di atas, dapat disimpulkan bahwa faktor A (konsentrasi starter), faktor B (konsentrasi CMC), dan interaksi keduanya (AB) memberikan pengaruh yang nyata terhadap pH minuman probiotik berbasis kulit pisang pada taraf 5%. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

Perhitungan :

$$SY = \sqrt{(KTG/r)} = \sqrt{(0.0018/2)} = 0.03$$

$$LSR\ 5\% = SY \times SSR\ 5\%$$

Tabel 21. Uji Lanjut Duncan Analisis Nilai pH

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Taraf Nyata
-	-	a2b2	4.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	a
3.199	0.0960	a2b3	4.63	0.08tn	-	-	-	-	-	-	-	-	a
3.339	0.1002	a1b3	4.71	0.16*	0.08tn	-	-	-	-	-	-	-	a
3.42	0.1026	a3b2	4.76	0.21*	0.13*	0.049tn	-	-	-	-	-	-	a
3.47	0.1041	a3b1	4.88	0.33*	0.25*	0.17*	0.12*	-	-	-	-	-	b
3.502	0.1051	a3b3	4.93	0.38*	0.3*	0.22*	0.17*	0.049tn	-	-	-	-	b
3.523	0.1057	a1b2	5.01	0.46*	0.38*	0.3*	0.25*	0.13*	0.08tn	-	-	-	b
3.536	0.1061	a2b1	5.14	0.59*	0.51*	0.43*	0.38*	0.26*	0.21*	0.13*	-	-	c
3.544	0.1063	a1b1	5.49	0.94*	0.86*	0.78*	0.73*	0.61*	0.56*	0.48*	0.35*	-	d

Tabel 22. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Nilai pH

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a1b3	4.71	-	-	-	a
3.199	0.0960	a1b2	5	0.29*	-	-	b
3.339	0.1002	a1b1	5.49	0.78*	0.49*	-	c

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 23. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Nilai pH

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b2	4.55	-	-	-	a
3.199	0.0960	a2b3	4.63	0.08 ^{tn}	-	-	a
3.339	0.1002	a2b1	5.14	0.59*	0.51*	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 24. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Nilai pH

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a3b2	4.76	-	-	-	a
3.199	0.0960	a3b1	4.88	0.12*	-	-	b
3.339	0.1002	a3b3	4.93	0.17*	0.05 ^{tn}	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 25. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Nilai pH

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a3b1	4.88	-	-	-	A
3.199	0.0960	a2b1	5.14	0.26*	-	-	B
3.339	0.1002	a1b1	5.49	0.61*	0.35*	-	C

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 26. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Nilai pH

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b2	4.55	-	-	-	A
3.199	0.0960	a3b2	4.76	0.21*	-	-	B
3.339	0.1002	a1b2	5.01	0.46*	0.25*	-	C

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 27. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Nilai pH

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b3	4.63	-	-	-	A
3.199	0.0960	a1b3	4.71	0.08 ^{tn}	-	-	A
3.339	0.1002	a3b3	4.93	0.3*	0.22*	-	B

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 28. Hasil Dwi Arah Analisis Nilai pH

Konsentrasi starter <i>Lactobacillus</i> <i>casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	5.49 c	5 b	4.71 a
a2	5.14 b	4.55 a	4.63 a
a3	4.88 b	4.76 a	4.93 b

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut Duncan. Notasi huruf kecil dibaca horizontal dan notasi huruf kapital dibaca vertikal

Lampiran 7. Hasil Penelitian Utama Analisis Total Asam Laktat

Tabel 29. Data Hasil Analisis Kadar Total Asam Laktat U-1

No	Kode	Sampel (g)	NaOH (ml)	Kadar Total Asam Laktat (%)
1	a1b1	5.022	0.42	0.34
2	a1b2	4.9741	0.762	0.61
3	a1b3	5.1993	0.72	0.56
4	a2b1	5.0498	0.504	0.40
5	a2b2	4.9892	0.654	0.53
6	a2b3	5.0238	0.764	0.61
7	a3b1	4.9997	0.664	0.53
8	a3b2	4.9812	0.736	0.59
9	a3b3	5.0189	0.752	0.60

Tabel 30. Data Hasil Analisis Kadar Total Asam Laktat U-2

No	Kode	Sampel (g)	NaOH (ml)	Kadar Total Asam Laktat (%)
1	a1b1	4.9891	0.46	0.37
2	a1b2	5.1103	0.81	0.64
3	a1b3	5.0126	0.74	0.59
4	a2b1	5.1457	0.556	0.43
5	a2b2	5.0331	0.633	0.50
6	a2b3	4.9877	0.799	0.64
7	a3b1	4.9964	0.681	0.55
8	a3b2	5.0199	0.773	0.62
9	a3b3	5.1983	0.815	0.63

Rumus Perhitungan :

$$\text{Kadar asam laktat (\%)} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times BM_{\text{Asam Laktat}} \times 100}{\text{Berat Sampel}}$$

Diketahui : $N_{\text{NaOH}} = 0.0445$

$BE_{\text{NaOH}} = 0.09008$

Tabel 31. Hasil Analisis Total Asam Laktat

Kode	Kadar Asam laktat	
	Ulangan 1	Ulangan 2
a1b1	0.34	0.37
a1b2	0.61	0.64
a1b3	0.56	0.59
a2b1	0.4	0.43
a2b2	0.53	0.50
a2b3	0.61	0.64
a3b1	0.53	0.55
a3b2	0.59	0.62
a3b3	0.6	0.63

Tabel 32. Nilai Matriks Rata-rata Data Analisis Total Asam Laktat

Kode Sampel	Kadar Asam Laktat (%)		Total	Rata-rata
	Ulangan 1	Ulangan 2		
a1b1	0.34	0.37	0.71	0.35
a1b2	0.61	0.64	1.25	0.62
a1b3	0.56	0.59	1.15	0.58
a2b1	0.4	0.43	0.83	0.42
a2b2	0.53	0.50	1.03	0.52
a2b3	0.61	0.64	1.25	0.63
a3b1	0.53	0.55	1.08	0.54
a3b2	0.59	0.62	1.21	0.60
a3b3	0.6	0.63	1.23	0.61
Total	4.77	4.96	9.73	0.54
Rata-rata	0.53	0.55		

Diketahui :

t (perlakuan) = A (Konsentrasi starter)

= B (Konsentrasi CMC)

= 3 x 3 = 9

r (ulangan) = 2

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{FK} &= (\text{Total data})^2 / (a \times b \times r) \text{ FK} \\ &= (9.73)^2 / (3 \times 3 \times 2) \text{ FK} \\ &= 94.67 / 18 \text{ FK} \\ &= 5.26\end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat (JK)

$$\begin{aligned}8. \text{ JK Total} &= \Sigma(Y_{ijk})^2 - \text{FK} \\ &= (0.34^2 + 0.37^2 + 0.61^2 + \dots + 0.63^2) - 5.26 \\ &= 0.156\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}9. \text{ JK Kelompok} &= (\Sigma(Y_i)^2) / ab - \text{FK} \\ &= ((4.70)^2 + (4.89)^2) / (3 \times 3) - 5.26 \\ &= (22.09 + 23.91) / 9 - 5.26 \\ &= 5.26 - 5.26 \\ &= 0.00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}10. \text{ JK Perlakuan} &= (\Sigma(Y_{ij})^2) / r - \text{FK} \\ &= (0.71^2 + 1.25^2 + \dots + 1.23^2) / 2 - 5.26 \\ &= 0.152\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}11. \text{ JK Faktor A} &= (\Sigma(Y_i)^2) / (b \times r) - \text{FK} \\ &= (3.11^2 + 3.12^2 + 3.51^2) / (3 \times 2) - 5.26\end{aligned}$$

$$= 0.019$$

$$12. \text{JK Faktor B} = (\sum(Y_j)^2)/(a \times r) - FK$$

$$= (2.61^2 + 3.48^2 + 3.63^2)/(3 \times 2) - 5.26$$

$$= 0.1$$

$$13. \text{JK Interaksi AB} = \text{JK Perlakuan} - \text{JK Faktor A} - \text{JK Faktor B}$$

$$= 0.152 - 0.019 - 0.1$$

$$= 0.033$$

$$14. \text{JK Galat} = \sum_{i,j} \sum_{k=1}^r (Y_{ijk} - Y_{ij})^2$$

$$= 0.004$$

Tabel 33. Analisis ANAVA Total Asam Laktat

Sumber Variansi	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0	0	-	-
Perlakuan	8	0.152	0.019	-	-
Faktor A	2	0.019	0.009	22.118*	4.46
Faktor B	2	0.1	0.05	118.197*	4.46
Interaksi AB	4	0.033	0.008	19.829*	3.84
Galat	9	0.004	0.00046	-	-
Total	17	0.156	-	-	-

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5% (F hitung > F tabel) ns = tidak berbeda nyata pada taraf 5% (F hitung < F tabel)

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil analisis variansi di atas, dapat disimpulkan bahwa faktor A (konsentrasi starter), faktor B (konsentrasi CMC), dan interaksi keduanya (AB) memberikan pengaruh yang nyata terhadap total asam laktat minuman probiotik berbasis kulit pisang pada taraf 5%. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

Perhitungan

$$SY = \sqrt{(KTG/r)} = \sqrt{(0.00046/2)} = 0.0151841$$

$$LSR\ 5\% = SY \times SSR\ 5\%$$

Tabel 34. Uji Lanjut Duncan Analisis Total Asam Laktat

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Taraf Nyata
-	-	a1b1	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	a
3.199	0.0486	a2b1	0.42	0.06*	-	-	-	-	-	-	-	-	b
3.339	0.0507	a2b2	0.52	0.16*	0.1tn	-	-	-	-	-	-	-	b
3.42	0.0519	a3b1	0.54	0.18*	0.12*	0.02tn	-	-	-	-	-	-	b
3.47	0.0527	a1b3	0.58	0.22*	0.16*	0.06*	0.04tn	-	-	-	-	-	b
3.502	0.0532	a3b2	0.60	0.25*	0.19*	0.09*	0.07*	0.03tn	-	-	-	-	b
3.523	0.0535	a3b3	0.61	0.26*	0.2*	0.1*	0.08*	0.04tn	0.01tn	-	-	-	b
3.536	0.0537	a1b2	0.62	0.27*	0.21*	0.11*	0.09*	0.05tn	0.02tn	0.01tn	-	-	b
3.544	0.0538	a2b3	0.63	0.27*	0.21*	0.11*	0.09*	0.05n	0.02tn	0.01tn	0tn	-	b

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5% (nilai selisih > LSR 5%)

Tabel 35. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Kadar Total Asam Laktat

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a1b1	0.35	-	-	-	a
3.199	0.0486	a1b3	0.58	0.23*	-	-	b
3.339	0.0507	a1b2	0.62	0.27*	0.04tn	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 36. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Kadar Total Asam Laktat

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b1	0.42*	-	-	-	a
3.199	0.0486	a2b2	0.52*	0.01tn	-	-	a
3.339	0.0507	a2b3	0.63*	0.21*	0.19*	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 37. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Kadar Total Asam Laktat

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a3b1	0.54	-	-	-	a
3.199	0.0486	a3b2	0.60	0.06*	-	-	b
3.339	0.0507	a3b3	0.61	0.07*	0.01tn	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 38. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Kadar Total Asam Laktat

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a1b1	0.35	-	-	-	A
3.199	0.0486	a2b1	0.42	0.07*	-	-	B
3.339	0.0507	a3b1	0.54	0.19*	0.12*	-	C

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 39. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Kadar Total Asam Laktat

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b2	0.52	-	-	-	A
3.199	0.0486	a3b2	0.60	0.08*	-	-	B
3.339	0.0507	a1b2	0.62	0.10*	0.02tn	-	B

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 40. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Kadar Total Asam Laktat

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a1b3	0.58	-	-	-	A
3.199	0.0486	a3b3	0.61	0.03tn	-	-	A
3.339	0.0507	a2b3	0.63	0.05tn	0.02tn	-	A

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 41. Hasil Dwi Arah Analisis Kadar Total Asam Laktat

Konsentrasi starter <i>Lactobacillus casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	0.35 a	0.62 b	0.58 b
a2	0.42 a	0.52 a	0.63 b
a3	0.54 a	0.6 b	0.61 b

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut Duncan. Notasi huruf kecil dibaca horizontal dan notasi huruf kapital dibaca vertikal.

Lampiran 8. Hasil Penelitian Utama Analisis Total Bakteri Asam Laktat (BAL) metode Total Plate Count (TPC)

Tabel 42. Hasil analisis BAL metode Total Plate Count

Perlakuan	Pengulangan	TPC MRS agar (cfu/ml)				
		10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸
a1b1	1	>300	186	74	4	0
	2	>300	201	66	5	0
a1b2	1	>300	>300	232	31	3
	2	>300	>300	211	34	2
a1b3	1	>300	>300	249	45	6
	2	>300	>300	288	51	3
a2b1	1	>300	308	61	3	0
	2	>300	289	54	7	0
a2b2	1	>300	>300	172	14	0
	2	>300	>300	211	19	1
a2b3	1	>300	>300	236	17	2
	2	>300	>300	226	11	1
a3b1	1	>300	>300	261	78	6
	2	>300	>300	250	66	4
a3b2	1	>300	>300	241	70	3
	2	>300	>300	230	52	3
a3b3	1	>300	>300	223	31	5
	2	>300	>300	268	44	2

Tabel 43. Nilai Matriks Rata-rata Data Asli Analisis Total BAL metode Total Plate Count

Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Total	Rata-rata
a1b1	4	5	9	4.5
a1b2	31	34	65	32.5
a1b3	45	51	96	48
a2b1	3	7	10	5
a2b2	14	19	33	16.5
a2b3	17	11	28	14
a3b1	78	66	144	72
a3b2	70	52	122	61
a3b3	31	44	75	37.5
Total	293	289	582	32.333
Rata-rata	32.5556	32.1111		

Diketahui :

$$\begin{aligned}t \text{ (perlakuan)} &= A \text{ (Konsentrasi starter)} \\&= B \text{ (Konsentrasi CMC)} \\&= 3 \times 3 = 9\end{aligned}$$

$$r \text{ (ulangan)} = 2$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}FK &= (\text{Total data})^2 / (a \times b \times r) \text{ FK} \\&= (582)^2 / (3 \times 3 \times 2) \text{ FK} \\&= 338724 / 18 \text{ FK} \\&= 18818\end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat (JK)

$$\begin{aligned}15. \text{ JK Total} &= \Sigma(Y_{ijk})^2 - FK \\&= (4^2 + 5^2 + 31^2 + \dots + 44^2) - 18818 \\&= 9932\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}16. \text{ JK Kelompok} &= (\Sigma(Y_i)^2) / ab - FK \\&= ((293)^2 + (289)^2) / (3 \times 3) - 18818 \\&= (85849 + 83521) / 9 - 18818 \\&= 18818.888 - 18818 \\&= 0.89\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}17. \text{ JK Perlakuan} &= (\Sigma(Y_{ij})^2) / r - FK \\&= (9^2 + 65^2 + \dots + 75^2) / 2 - 18818\end{aligned}$$

$$= 9552$$

$$18. \text{ JK Faktor A} = (\sum(Y_i)^2)/(b \times r) - FK$$

$$= (170^2 + 71^2 + 341^2)/(3 \times 2) - 18818$$

$$= 6219$$

$$19. \text{ JK Faktor B} = (\sum(Y_j)^2)/(a \times r) - FK$$

$$= (163^2 + 220^2 + 199^2)/(3 \times 2) - 18818$$

$$= 227$$

$$20. \text{ JK Interaksi AB} = \text{JK Perlakuan} - \text{JK Faktor A} - \text{JK Faktor B}$$

$$= 9552 - 6219 - 277$$

$$= 3056$$

$$21. \text{ JK Galat} = \sum_i \sum_j \sum_{k=1}^r (Y_{ijk} - Y_{ij})^2$$

$$= 380$$

Tabel 44. Analisis ANAVA Total BAL Metode Total Plate Count

Sumber Variansi	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0.89	0.89	-	-
Perlakuan	8	9552	1194	-	-
Faktor A	2	6219	3109.5	73.646*	4.46
Faktor B	2	277	138.5	3.28tn	4.46
Interaksi AB	4	3056	764	18.095*	3.84
Galat	9	380	42.22222222	-	-
Total	17	9932	-	-	-

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5% (F hitung > F tabel)

Berdasarkan hasil analisis variansi di atas, dapat disimpulkan bahwa faktor A (konsentrasi starter) dan interaksi keduanya (AB) memberikan pengaruh yang nyata terhadap total BAL metode TPC minuman probiotik berbasis kulit pisang pada taraf 5% namun faktor B (konsentrasi CMC) tidak berbeda nyata. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

Perhitungan :

$$SY = \sqrt{(KTG/r)} = \sqrt{(42.22/2)} = 4.5947$$

$$LSR\ 5\% = SY \times SSR\ 5\%$$

Tabel 45. Uji Lanjut Duncan Analisis BAL metode TPC

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Taraf Nyata
-	-	a1b1	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	a
3.199	14.6984	a2b1	5	0.5tn	-	-	-	-	-	-	-	-	a
3.339	15.3416	a2b3	14	9.5tn	9tn	-	-	-	-	-	-	-	a
3.42	15.7138	a2b2	16.5	12tn	11.5tn	2.5tn	-	-	-	-	-	-	a
3.47	15.9435	a1b2	32.5	28*	27.5*	18.5*	16*	-	-	-	-	-	b
3.502	16.0906	a3b3	37.5	33*	32.5*	23.5*	21*	5tn	-	-	-	-	b
3.523	16.1871	a1b3	48	43.5*	43*	34*	31.5*	15.50	10.5tn	-	-	-	b
3.536	16.2468	a3b2	61	56.5*	56*	47*	44.5*	28.5*	23.5*	13tn	-	-	b
3.544	16.2836	a3b1	72	67.5*	67*	58*	55.5*	39.5*	34.5*	24*	11tn	-	b

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5% (nilai selisih > LSR 5%), ns = tidak berbeda nyata

Tabel 46. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Total BAL metode TPC

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a1b1	4.5	-	-	-	a
3.199	14.6984	a1b2	32.5	28*	-	-	b
3.339	15.3416	a1b3	48	43.5*	15.5*	-	c

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 47. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Total BAL metode TPC

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b1	5	-	-	-	a
3.199	14.6984	a2b3	14	9tn	-	-	a
3.339	15.3416	a2b2	16.5	11.5tn	2.5tn	-	a

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 48. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Total BAL metode TPC

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a3b3	37.5	-	-	-	a
3.199	14.6984	a3b2	61	23.5*	-	-	b
3.339	15.3416	a3b1	72	34.5*	11tn	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 49. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Total BAL metode TPC

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a1b1	4.5	-	-	-	A
3.199	14.6984	a2b1	5	0.5tn	-	-	A
3.339	15.3416	a3b1	72	67.5*	67*	-	B

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 50. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Total BAL metode TPC

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b2	16.5	-	-	-	A
3.199	14.6984	a1b2	32.5	16*	-	-	B
3.339	15.3416	a3b2	61	44.5*	28.5*	-	C

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 51. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Total BAL metode TPC

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b3	14	-	-	-	A
3.199	14.6984	a3b3	37.5	23.5*	-	-	B
3.339	15.3416	a1b3	48	34*	10.5tn	-	B

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 52. Hasil Dwi Arah Analisis Total BAL metode TPC

Konsentrasi starter <i>Lactobacillus casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	A 4.5 a	B 32.5 b	B 48 c
a2	A 5 a	A 16.5 a	A 14 a
a3	B 72 b	C 61 b	B 37.5 a

Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut Duncan. Notasi huruf kecil dibaca horizontal dan notasi huruf kapital dibaca vertikal

Lampiran 9. Hasil Penelitian Utama Analisis Organoleptik

a. Rasa

Tabel 53. Hasil Analisis Data Asli (DA) dan Data Tranformasi (DT) Atribut Rasa Minuman Probiotik Berbasis Kulit Pisang Ulangan 1

Panelis	Uji Organoleptik (Uji Hedonik) Variasi Konsentrasi <i>Lactobacillus casei</i> dan Konsentrasi CMC Atribut Rasa Ulangan 1																					
	a1b1		a1b2		a1b3		a2b1		a2b2		a2b3		a3b1		a3b2		a3b3		Jumlah		Rata-rata	
	217		328		435		541		652		769		874		983		096					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	1	1.22	1	1.22	2	1.58	1	1.22	1	1.22	2	1.58	1	1.22	2	1.58	3	1.87	14	3.81	1.56	1.44
2	1	1.22	2	1.58	1	1.22	1	1.22	2	1.58	1	1.22	1	1.22	2	1.58	2	1.58	13	3.67	1.44	1.39
3	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	1	1.22	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	20	4.53	2.22	1.65
4	1	1.22	2	1.58	3	1.87	1	1.22	2	1.58	2	1.58	1	1.22	2	1.58	3	1.87	17	4.18	1.89	1.55
5	2	1.58	1	1.22	2	1.58	2	1.58	1	1.22	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	17	4.18	1.89	1.55
6	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	1	1.22	1	1.22	3	1.87	21	4.64	2.33	1.68
7	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	22	4.74	2.44	1.71
8	3	1.87	2	1.58	3	1.87	1	1.22	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	21	4.64	2.33	1.68
9	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	22	4.74	2.44	1.71
10	1	1.22	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	22	4.74	2.44	1.71
11	3	1.87	4	2.12	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	4	2.12	27	5.24	3	1.87
12	3	1.87	2	1.58	1	1.22	3	1.87	2	1.58	2	1.58	1	1.22	2	1.58	1	1.22	17	4.18	1.89	1.55
13	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	25	5.05	2.78	1.81
14	3	1.87	2	1.58	4	2.12	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	4	2.12	3	1.87	25	5.05	2.78	1.81
15	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	23	4.85	2.56	1.75
16	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	4	2.12	3	1.87	3	1.87	2	1.58	26	5.15	2.89	1.84
17	3	1.87	2	1.58	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	4	2.12	3	1.87	2	1.58	23	4.85	2.56	1.75
18	4	2.12	3	1.87	3	1.87	2	1.58	4	2.12	2	1.58	3	1.87	3	1.87	4	2.12	28	5.34	3.11	1.9
19	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	25	5.05	2.78	1.81
20	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	22	4.74	2.44	1.71
Jumlah	46	33.02	48	33.74	50	34.32	42	31.9	45	32.8	50	34.39	45	32.66	52	34.97	52	34.93	430	93.37	47.77	33.87
Rata-rata	2.3	1.65	2.4	1.69	2.5	1.72	2.1	1.6	2.25	1.64	2.5	1.72	2.25	1.63	2.6	1.75	2.6	1.75	21.5	4.67	2.39	1.69

Tabel 54. Hasil Analisis Data Asli (DA) dan Data Tranformasi (DT) Atribut Rasa Minuman Probiotik Berbasis Kulit Pisang Ulangan 2

Panelis	Uji Organoleptik (Uji Hedonik) Variasi Konsentrasi <i>Lactobacillus casei</i> dan Konsentrasi CMC Atribut Rasa Ulangan 2																					
	a1b1		a1b2		a1b3		a2b1		a2b2		a2b3		a3b1		a3b2		a3b3		Jumlah		Rata-rata	
	217		328		435		541		652		769		874		983		096					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	1	1.22	2	1.58	2	1.58	1	1.22	1	1.22	2	1.58	1	1.22	2	1.58	2	1.58	14	3.81	1.56	1.44
2	2	1.58	1	1.22	2	1.58	1	1.22	2	1.58	2	1.58	1	1.22	2	1.58	2	1.58	15	3.94	1.67	1.47
3	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	21	4.64	2.33	1.68
4	2	1.58	2	1.58	2	1.58	1	1.22	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	19	4.42	2.11	1.62
5	1	1.22	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	20	4.53	2.22	1.65
6	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	1	1.22	2	1.58	2	1.58	2	1.58	2	1.58	18	4.3	2	1.58
7	3	1.87	2	1.58	3	1.87	1	1.22	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	21	4.64	2.33	1.68
8	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	1	1.22	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	20	4.53	2.22	1.65
9	3	1.87	2	1.58	3	1.87	1	1.22	3	1.87	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	22	4.74	2.44	1.71
10	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	21	4.64	2.33	1.68
11	2	1.58	3	1.87	4	2.12	3	1.87	2	1.58	4	2.12	2	1.58	3	1.87	3	1.87	26	5.15	2.89	1.84
12	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	1	1.22	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	20	4.53	2.22	1.65
13	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	21	4.64	2.33	1.68
14	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	4	2.12	26	5.15	2.89	1.84
15	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	4	2.12	24	4.95	2.67	1.78
16	2	1.58	4	2.12	4	2.12	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	4	2.12	3	1.87	27	5.24	3	1.87
17	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	4	2.12	3	1.87	26	5.15	2.89	1.84
18	3	1.87	4	2.12	4	2.12	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	4	2.12	3	1.87	29	5.43	3.22	1.93
19	3	1.87	2	1.58	4	2.12	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	4	2.12	4	2.12	26	5.15	2.89	1.84
20	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	23	4.85	2.56	1.75
Jumlah	44	32.62	51	34.64	55	35.79	41	31.54	43	32.19	51	34.75	43	32.33	54	35.5	57	36.41	439	94.43	48.77	34.18
Rata-rata	2.2	1.63	2.55	1.73	2.75	1.79	2.05	1.58	2.15	1.61	2.55	1.74	2.15	1.62	2.7	1.78	2.85	1.82	21.95	4.72	2.44	1.71

Tabel 55. Nilai Matriks Rata-rata Data Asli Analisis Organoleptik Atribut Rasa

Konsentrasi L.casei	Konsentrasi CMC	Ulangan		Total	Rata- rata
		1	2		
a1	b1	2.3	2.2	4.5	2.25
	b2	2.4	2.55	4.95	2.48
	b3	2.5	2.75	5.25	2.63
a2	b1	2.1	2.05	4.15	2.08
	b2	2.25	2.15	4.4	2.2
	b3	2.5	2.55	5.05	2.53
a3	b1	2.25	2.15	4.4	2.2
	b2	2.6	2.7	5.3	2.65
	b3	2.6	2.85	5.45	2.73
Total		21.5	21.95	43.45	2.42
Rata-Rata		2.39	2.44		

Tabel 56. Nilai Matriks Rata-rata Data Transformasi Analisis Organoleptik Atribut Rasa

Konsentrasi L.casei	Konsentrasi CMC	Ulangan		Total	Rata- rata
		1	2		
a1	b1	1.65	1.63	3.28	1.64
	b2	1.69	1.73	3.42	1.71
	b3	1.72	1.79	3.51	1.76
a2	b1	1.6	1.58	3.18	1.59
	b2	1.64	1.61	3.25	1.63
	b3	1.72	1.74	3.46	1.73
a3	b1	1.63	1.62	3.25	1.63
	b2	1.75	1.78	3.53	1.77
	b3	1.75	1.82	3.57	1.79
Total		15.15	15.3	30.45	1.69
Rata-Rata		1.68	1.7		

Diketahui :

$$\begin{aligned}t \text{ (perlakuan)} &= A \text{ (Konsentrasi starter)} \\&= B \text{ (Konsentrasi CMC)} \\&= 3 \times 3 = 9\end{aligned}$$

$$r \text{ (ulangan)} = 2$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}FK &= (\text{Total data})^2 / (a \times b \times r) \text{ FK} \\&= (30.45)^2 / (3 \times 3 \times 2) \text{ FK} \\&= 927.20 / 18 \text{ FK} \\&= 51.51\end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat (JK)

$$\begin{aligned}22. \text{ JK Total} &= \Sigma(Y_{ijk})^2 - FK \\&= (1.65^2 + 1.63^2 + 1.69^2 + \dots + 1.82^2) - 51.51 \\&= 0.091\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}23. \text{ JK Kelompok} &= (\Sigma(Y_i)^2) / ab - FK \\&= ((15.15)^2 + (15.3)^2) / (3 \times 3) - 51.51 \\&= (229.52 + 234.09) / 9 - 51.51 \\&= 0.0022\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}24. \text{ JK Perlakuan} &= (\Sigma(Y_{ij})^2) / r - FK \\&= (3.28^2 + 3.42^2 + \dots + 3.57^2) / 2 - 51.51 \\&= 0.084\end{aligned}$$

$$25. \text{ JK Faktor A} = (\sum(Y_i)^2)/(b \times r) - FK$$

$$= (10.21^2 + 9.89^2 + 10.35^2)/(3 \times 2) - 51.51$$

$$= 0.019$$

$$26. \text{ JK Faktor B} = (\sum(Y_j)^2)/(a \times r) - FK$$

$$= (9.71^2 + 10.2^2 + 10.54^2)/(3 \times 2) - 51.51$$

$$= 0.058$$

$$27. \text{ JK Interaksi AB} = \text{JK Perlakuan} - \text{JK Faktor A} - \text{JK Faktor B}$$

$$= 0.084 - 0.019 - 0.058$$

$$= 0.007$$

$$28. \text{ JK Galat} = \sum_i \sum_j \sum_k r(Y_{ijk} - Y_{ij})^2$$

$$= 0.007$$

Tabel 57. Analisis ANAVA Analisis Organoleptik atribut rasa

Sumber Variasi	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0.0022	0.0022	-	-
Perlakuan	8	0.084	0.01	-	-
Faktor A	2	0.019	0.009	11.503*	4.46
Faktor B	2	0.058	0.029	36.021*	4.46
Interaksi AB	4	0.007	0.002	2.183tn	3.84
Galat	9	0.007	0.001	-	-
Total	17	0.091	-	-	-

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5% (F hitung > F tabel)

Berdasarkan hasil analisis variansi di atas, dapat disimpulkan bahwa faktor A (konsentrasi starter), faktor B (konsentrasi CMC) pengaruh yang nyata terhadap organoleptic atribut rasa minuman probiotik berbasis kulit pisang pada taraf 5%, namun interaksi AB tidak berpengaruh. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

$$SY = \sqrt{(KTG/r)} = \sqrt{(0.001/2)} = 0.02236$$

$$LSR\ 5\% = SY \times SSR\ 5\%$$

Tabel 58. Uji Lanjut Duncan Organoleptik Atribut Rasa

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Taraf Nyata
-	-	a2b1	1.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	a
3.199	0.0715	a2b2	1.63	0.04tn	-	-	-	-	-	-	-	-	a
3.339	0.0747	a3b1	1.63	0.04tn	0tn	-	-	-	-	-	-	-	a
3.42	0.0765	a1b1	1.64	0.05tn	0.01tn	0.01tn	-	-	-	-	-	-	a
3.47	0.0776	a1b2	1.71	0.12*	0.08*	0.08*	0.07tn	-	-	-	-	-	a
3.502	0.0783	a2b3	1.73	0.14*	0.1*	0.1*	0.09*	0.02tn	-	-	-	-	a
3.523	0.0788	a1b3	1.76	0.17*	0.13*	0.13*	0.12*	0.05tn	0.03tn	-	-	-	a
3.536	0.0791	a3b2	1.77	0.18*	0.14*	0.14*	0.13*	0.06tn	0.04tn	0.01tn	-	-	a
3.544	0.0792	a3b3	1.79	0.2*	0.16*	0.16*	0.15*	0.08*	0.06tn	0.03tn	0.02tn	-	a

Keterangan: * = berbeda nyata, ns = tidak berbeda nyata

Tabel 59. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Rasa

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a1b1	1.64	-	-	-	a
3.199	0.0715	a1b2	1.71	0.07tn	-	-	a
3.339	0.0747	a1b3	1.76	0.12*	0.05tn	-	a

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 60. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Rasa

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b1	1.59	-	-	-	a
3.199	0.0715	a2b2	1.63	0.04tn	-	-	a
3.339	0.0747	a2b3	1.73	0.14*	0.1*	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 61. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Rasa

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a3b1	1.63	-	-	-	a
3.199	0.0715	a3b2	1.77	0.14*	-	-	b
3.339	0.0747	a3b3	1.79	0.16*	0.02tn	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 62. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Rasa

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b1	1.59	-	-	-	A
3.199	0.0715	a3b1	1.63	0.04tn	-	-	A
3.339	0.0747	a1b1	1.64	0.05tn	0.01tn	-	A

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 63. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Rasa

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b2	1.63	-	-	-	A
3.199	0.0715	a1b2	1.71	0.08*	-	-	B
3.339	0.0747	a3b2	1.77	0.14*	0.06tn	-	B

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 64. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Rasa

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b3	1.73	-	-	-	A
3.199	0.0715	a1b3	1.76	0.03tn	-	-	A
3.339	0.0747	a3b3	1.79	0.06tn	0.03tn	-	A

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 65. Hasil Dwi Arah Analisis Organoleptik atribut Rasa

Konsentrasi starter <i>Lactobacillus casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	A 1.64 a	B 1.71 a	A 1.76 a
a2	A 1.59 a	A 1.63 a	A 1.73 b
a3	A 1.63 a	B 1.77 b	A 1.79 b

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut Duncan. Notasi huruf kecil

dibaca horizontal dan notasi huruf kapital dibaca vertikal

b. Aroma

Tabel 66. Hasil Analisis Data Asli (DA) dan Data Tranformasi (DT) Atribut Aroma Minuman Probiotik Berbasis Kulit Pisang Ulangan 1

Panelis	Uji Organoleptik (Uji Hedonik) Variasi Konsentrasi <i>Lactobacillus casei</i> dan Konsentrasi CMC Atribut Aroma Ulangan 1																					
	a1b1		a1b2		a1b3		a2b1		a2b2		a2b3		a3b1		a3b2		a3b3		Jumlah		Rata-rata	
	217		328		435		541		652		769		874		983		096					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	1	1.22	2	1.58	3	1.87	1	1.22	1	1.22	2	1.58	1	1.22	2	1.58	3	1.87	16	4.06	1.78	1.51
2	2	1.58	1	1.22	2	1.58	2	1.58	2	1.58	1	1.22	2	1.58	3	1.87	2	1.58	17	4.18	1.89	1.55
3	3	1.87	3	1.87	3	1.87	1	1.22	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	22	4.74	2.44	1.71
4	2	1.58	2	1.58	4	2.12	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	23	4.85	2.56	1.75
5	1	1.22	3	1.87	3	1.87	3	1.87	1	1.22	3	1.87	2	1.58	4	2.12	2	1.58	22	4.74	2.44	1.71
6	3	1.87	2	1.58	2	1.58	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	22	4.74	2.44	1.71
7	2	1.58	4	2.12	3	1.87	3	1.87	3	1.87	4	2.12	2	1.58	2	1.58	4	2.12	27	5.24	3	1.87
8	4	2.12	3	1.87	3	1.87	1	1.22	2	1.58	3	1.87	4	2.12	3	1.87	3	1.87	26	5.15	2.89	1.84
9	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	1	1.22	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	21	4.64	2.33	1.68
10	2	1.58	3	1.87	4	2.12	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	4	2.12	3	1.87	26	5.15	2.89	1.84
11	3	1.87	4	2.12	3	1.87	2	1.58	3	1.87	4	2.12	3	1.87	2	1.58	4	2.12	28	5.34	3.11	1.9
12	4	2.12	3	1.87	2	1.58	4	2.12	3	1.87	3	1.87	1	1.22	3	1.87	2	1.58	25	5.05	2.78	1.81
13	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	1	1.22	2	1.58	4	2.12	3	1.87	3	1.87	24	4.95	2.67	1.78
14	3	1.87	2	1.58	4	2.12	2	1.58	4	2.12	3	1.87	2	1.58	4	2.12	3	1.87	27	5.24	3	1.87
15	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	4	2.12	26	5.15	2.89	1.84
16	3	1.87	4	2.12	3	1.87	4	2.12	2	1.58	4	2.12	3	1.87	3	1.87	3	1.87	29	5.43	3.22	1.93
17	4	2.12	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	4	2.12	4	2.12	3	1.87	29	5.43	3.22	1.93
18	3	1.87	3	1.87	4	2.12	2	1.58	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	4	2.12	27	5.24	3	1.87
19	2	1.58	4	2.12	3	1.87	4	2.12	3	1.87	3	1.87	3	1.87	4	2.12	3	1.87	29	5.43	3.22	1.93
20	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	4	2.12	27	5.24	3	1.87
Jumlah	52	34.82	57	36.3	61	37.53	50	34.17	43	32.15	56	36.05	53	35.11	60	37.2	61	37.49	493	99.99	54.77	35.9
Rata-rata	2.6	1.74	2.85	1.82	3.05	1.88	2.5	1.71	2.15	1.61	2.8	1.8	2.65	1.76	3	1.86	3.05	1.87	24.65	5	2.74	1.8

Tabel 67. Hasil Analisis Data Asli (DA) dan Data Tranformasi (DT) Atribut Aroma Minuman Probiotik Berbasis Kulit Pisang Ulangan 2

Panelis	Uji Organoleptik (Uji Hedonik) Variasi Konsentrasi <i>Lactobacillus casei</i> dan Konsentrasi CMC Atribut Aroma Ulangan 2																					
	a1b1		a1b2		a1b3		a2b1		a2b2		a2b3		a3b1		a3b2		a3b3		Jumlah		Rata-rata	
	217		328		435		541		652		769		874		983		096					
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	3	1.87	21	4.64	2.33	1.68
2	2	1.58	2	1.58	2	1.58	1	1.22	2	1.58	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	18	4.3	2	1.58
3	2	1.58	3	1.87	3	1.87	2	1.58	1	1.22	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	22	4.74	2.44	1.71
4	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	4	2.12	25	5.05	2.78	1.81
5	2	1.58	2	1.58	3	1.87	2	1.58	1	1.22	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	21	4.64	2.33	1.68
6	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	24	4.95	2.67	1.78
7	3	1.87	3	1.87	4	2.12	2	1.58	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	26	5.15	2.89	1.84
8	3	1.87	4	2.12	2	1.58	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	4	2.12	3	1.87	27	5.24	3	1.87
9	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	1	1.22	3	1.87	2	1.58	2	1.58	3	1.87	21	4.64	2.33	1.68
10	3	1.87	4	2.12	3	1.87	2	1.58	3	1.87	4	2.12	3	1.87	3	1.87	4	2.12	29	5.43	3.22	1.93
11	4	2.12	3	1.87	4	2.12	3	1.87	2	1.58	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	27	5.24	3	1.87
12	3	1.87	4	2.12	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	25	5.05	2.78	1.81
13	3	1.87	2	1.58	4	2.12	2	1.58	2	1.58	3	1.87	3	1.87	4	2.12	2	1.58	25	5.05	2.78	1.81
14	2	1.58	3	1.87	3	1.87	3	1.87	3	1.87	2	1.58	3	1.87	3	1.87	4	2.12	26	5.15	2.89	1.84
15	3	1.87	2	1.58	4	2.12	2	1.58	2	1.58	2	1.58	2	1.58	3	1.87	3	1.87	23	4.85	2.56	1.75
16	4	2.12	3	1.87	4	2.12	3	1.87	3	1.87	3	1.87	4	2.12	4	2.12	4	2.12	32	5.7	3.56	2.01
17	3	1.87	4	2.12	4	2.12	2	1.58	3	1.87	4	2.12	3	1.87	3	1.87	4	2.12	30	5.52	3.33	1.96
18	4	2.12	4	2.12	3	1.87	3	1.87	3	1.87	4	2.12	2	1.58	4	2.12	3	1.87	30	5.52	3.33	1.96
19	3	1.87	3	1.87	4	2.12	3	1.87	2	1.58	4	2.12	2	1.58	3	1.87	4	2.12	28	5.34	3.11	1.9
20	2	1.58	4	2.12	4	2.12	2	1.58	2	1.58	4	2.12	2	1.58	4	2.12	3	1.87	27	5.24	3	1.87
Jumlah	55	35.83	61	37.45	65	38.53	47	33.56	45	32.84	58	36.62	50	34.46	61	37.49	65	38.61	507	101.44	56.33	36.34
Rata-rata	2.75	1.79	3.05	1.87	3.25	1.93	2.35	1.68	2.25	1.64	2.9	1.83	2.5	1.72	3.05	1.87	3.25	1.93	25.35	5.07	2.82	1.82

Tabel 68. Nilai Matriks Rata-rata Data Asli Analisis Organoleptik Atribut Aroma

Konsentrasi L.casei	Konsentrasi CMC	Ulangan		Total	Rata- rata
		1	2		
a1	b1	2.6	2.75	5.35	2.68
	b2	2.85	3.05	5.9	2.95
	b3	3.05	3.25	6.3	3.15
a2	b1	2.5	2.35	4.85	2.43
	b2	2.15	2.25	4.4	2.2
	b3	2.8	2.9	5.7	2.85
a3	b1	2.65	2.5	5.15	2.58
	b2	3	3.05	6.05	3.03
	b3	3.05	3.25	6.3	3.15
Total		24.65	25.35	50	2.78
Rata-Rata		2.74	2.82		

Tabel 69. Nilai Matriks Rata-rata Data Transformasi Analisis Organoleptik Atribut Aroma

Konsentrasi L.casei	Konsentrasi CMC	Ulangan		Total	Rata- rata
		1	2		
a1	b1	1.74	1.79	3.53	1.77
	b2	1.82	1.87	3.69	1.85
	b3	1.88	1.93	3.81	1.91
a2	b1	1.71	1.68	3.39	1.7
	b2	1.61	1.64	3.25	1.63
	b3	1.8	1.83	3.63	1.82
a3	b1	1.76	1.72	3.48	1.74
	b2	1.86	1.87	3.73	1.87
	b3	1.87	1.93	3.8	1.9
Total		16.05	16.26	32.31	1.8
Rata-Rata		1.78	1.81		

Diketahui :

$$\begin{aligned}t \text{ (perlakuan)} &= A \text{ (Konsentrasi starter)} \\&= B \text{ (Konsentrasi CMC)} \\&= 3 \times 3 = 9\end{aligned}$$

$$r \text{ (ulangan)} = 2$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}FK &= (\text{Total data})^2 / (a \times b \times r) \text{ FK} \\&= (32.31)^2 / (3 \times 3 \times 2) \text{ FK} \\&= /18 \text{ FK} \\&= 57.99\end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat (JK)

$$\begin{aligned}29. \text{ JK Total} &= \Sigma(Y_{ijk})^2 - FK \\&= (1.74^2 + 1.79^2 + 1.82^2 + \dots + 1.93^2) - 57.99 \\&= 0.155\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}30. \text{ JK Kelompok} &= (\Sigma(Y_i)^2) / ab - FK \\&= ((16.05)^2 + (16.26)^2) / (3 \times 3) - 57.99 \\&= (257.60 + 264.39) / 9 - 57.99 \\&= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}31. \text{ JK Perlakuan} &= (\Sigma(Y_{ij})^2) / r - FK \\&= (3.53^2 + 3.69^2 + \dots + 3.8^2) / 2 - 57.99 \\&= 0.148\end{aligned}$$

$$32. \text{ JK Faktor A} = (\sum(Y_i)^2)/(b \times r) - FK$$

$$= (11.03^2 + 10.27^2 + 11.01^2)/(3 \times 2) - 57.99$$

$$= 0.063$$

$$33. \text{ JK Faktor B} = (\sum(Y_j)^2)/(a \times r) - FK$$

$$= (10.4^2 + 10.67^2 + 11.24^2)/(3 \times 2) - 57.99$$

$$= 0.061$$

$$34. \text{ JK Interaksi AB} = \text{JK Perlakuan} - \text{JK Faktor A} - \text{JK Faktor B}$$

$$= 0.084 - 0.019 - 0.058$$

$$= 0.007$$

$$35. \text{ JK Galat} = \sum_i \sum_j \sum_k (Y_{ijk} - Y_{ij})^2$$

$$= 0.008$$

Tabel 70. Analisis ANAVA Analisis Organoleptik atribut rasa

Sumber Variasi	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	1	0	0	-	-
Perlakuan	8	0.148	0.018	-	-
Faktor A	2	0.063	0.031	36.31*	4.46
Faktor B	2	0.061	0.031	35.594*	4.46
Interaksi AB	4	0.024	0.006	6.871*	3.84
Galat	9	0.008	0.001	-	-
Total	17	0.155	-	-	-

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5% ($F_{hitung} > F_{tabel}$)

Berdasarkan hasil analisis variansi di atas, dapat disimpulkan bahwa faktor A (konsentrasi starter), faktor B (konsentrasi CMC), dan interaksi keduanya (AB) memberikan pengaruh yang nyata terhadap organoleptic atribut aroma minuman probiotik berbasis kulit pisang pada taraf 5%. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

$$SY = \sqrt{(KTG/r)} = \sqrt{(0.001/2)} = 0.02236$$

$$LSR\ 5\% = SY \times SSR\ 5\%$$

Tabel 71. Uji Lanjut Duncan Organoleptik Atribut Aroma

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Taraf Nyata
-	-	a2b1	1.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	a
3.199	0.0715	a2b2	1.63	0.04tn	-	-	-	-	-	-	-	-	a
3.339	0.0747	a3b1	1.63	0.04tn	0tn	-	-	-	-	-	-	-	a
3.42	0.0765	a1b1	1.64	0.05tn	0.01tn	0.01tn	-	-	-	-	-	-	a
3.47	0.0776	a1b2	1.71	0.12*	0.08*	0.08*	0.07tn	-	-	-	-	-	a
3.502	0.0783	a2b3	1.73	0.14*	0.1*	0.1*	0.09*	0.02tn	-	-	-	-	a
3.523	0.0788	a1b3	1.76	0.17*	0.13*	0.13*	0.12*	0.05tn	0.03tn	-	-	-	a
3.536	0.0791	a3b2	1.77	0.18*	0.14*	0.14*	0.13*	0.06tn	0.04tn	0.01tn	-	-	a
3.544	0.0792	a3b3	1.79	0.2*	0.16*	0.16*	0.15*	0.08*	0.06tn	0.03tn	0.02tn	-	a

Keterangan: * = berbeda nyata, ns = tidak berbeda nyata

Tabel 72. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A1 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Aroma

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a1b1	1.77	-	-	-	a
3.199	0.0715	a1b2	1.85	0.08*	-	-	b
3.339	0.0747	a1b3	1.91	0.14*	0.06tn	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 73. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A2 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Aroma

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b2	1.63	-	-	-	a
3.199	0.0715	a2b1	1.7	0.07tn	-	-	a
3.339	0.0747	a2b3	1.82	0.19*	0.12*	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 74. Uji Lanjut Duncan Pengaruh A3 terhadap B Analisis Organoleptik atribut Aroma

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a3b1	1.74	-	-	-	a
3.199	0.0715	a3b2	1.87	0.13*	-	-	b
3.339	0.0747	a3b3	1.9	0.16*	0.03tn	-	b

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 75. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B1 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Aroma

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b1	1.7	-	-	-	A
3.199	0.0715	a3b1	1.74	0.04tn	-	-	A
3.339	0.0747	a1b1	1.77	0.07tn	0.03tn	-	A

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 76. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B2 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Aroma

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b2	1.63	-	-	-	A
3.199	0.0715	a1b2	1.85	0.22*	-	-	B
3.339	0.0747	a3b2	1.87	0.24*	0.02tn	-	B

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 77. Uji Lanjut Duncan Pengaruh B3 terhadap A Analisis Organoleptik atribut Aroma

SSR 5%	LSR 5%	Perlakuan	Rata-rata Perlakuan	1	2	3	Taraf Nyata
-	-	a2b3	1.82	-	-	-	A
3.199	0.0715	a3b3	1.9	0.08*	-	-	B
3.339	0.0747	a1b3	1.91	0.09*	0.01tn	-	B

Keterangan: *) Berpengaruh, ns) Tidak Berpengaruh

Tabel 78. Hasil Dwi Arah Analisis Organoleptik atribut Rasa

Konsentrasi starter <i>Lactobacillus casei</i> (A)	Konsentrasi CMC (B)		
	b1	b2	b3
a1	A 1.77 a	B 1.85 b	B 1.91 b
a2	A 1.7 a	A 1.63 a	A 1.82 b
a3	A 1.74 a	B 1.87 b	B 1.9 b

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan

tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut Duncan. Notasi huruf kecil

dibaca horizontal dan notasi huruf kapital dibaca vertikal

Lampiran 10. Hasil Penelitian Utama Analisis Visual Endapan

Tabel 79. Hasil analisis visual endapan

Perlakuan	Hari (cm)			
	h0	h10	h20	h30
a1b1	0	0	0.4	0.4
a1b2	0	0	0.6	0.6
a1b3	0	0	0.8	0.8
a2b1	0	0	0.4	0.4
a2b2	0	0	0.6	0.6
a2b3	0	0	0.8	0.8
a3b1	0	0	0.4	0.4
a3b2	0	0	0.6	0.6
a3b3	0	0	0.8	0.8
blank	0	0	2.2	2.2

Analisis Deskriptif

Berdasarkan data di atas, dapat diamati beberapa pola:

1. Periode Penyimpanan:

- Pada hari ke-0 dan hari ke-10, tidak terjadi sineresis pada semua perlakuan (tinggi endapan 0 cm).
- Pada hari ke-20, mulai terjadi sineresis pada semua perlakuan.
- Tidak ada perubahan tinggi endapan dari hari ke-20 ke hari ke-30 untuk semua perlakuan.

2. Pengaruh Konsentrasi CMC (Faktor B):

- Perlakuan dengan konsentrasi CMC 0.1% (b1) menunjukkan tinggi endapan 0.4 cm pada hari ke-20 dan ke-30.
- Perlakuan dengan konsentrasi CMC 0.2% (b2) menunjukkan tinggi endapan 0.6 cm pada hari ke-20 dan ke-30.

- Perlakuan dengan konsentrasi CMC 0.3% (b3) menunjukkan tinggi endapan 0.8 cm pada hari ke-20 dan ke-30.
- Terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi CMC, semakin tinggi pula endapan yang terbentuk.

3. Pengaruh Konsentrasi Starter *Lactobacillus casei* (Faktor A):

- Tidak terlihat adanya perbedaan tinggi endapan berdasarkan variasi konsentrasi starter *Lactobacillus casei*.
- Semua konsentrasi starter (a1, a2, a3) menunjukkan tinggi endapan yang sama pada konsentrasi CMC yang sama.

4. Perlakuan Kontrol (blank):

- Kontrol (ekstrak kulit pisang tanpa penambahan apapun) menunjukkan tinggi endapan yang jauh lebih tinggi (2.2 cm) dibandingkan dengan semua perlakuan pada hari ke-20 dan ke-30.
- Hal ini menunjukkan bahwa penambahan CMC dan starter *Lactobacillus casei* efektif dalam mengurangi terbentuknya endapa.

Kesimpulan

1. Endapan mulai terbentuk setelah penyimpanan selama 20 hari dan tidak mengalami perubahan hingga hari ke-30.
2. Konsentrasi CMC (faktor B) memiliki pengaruh yang jelas terhadap tinggi endapan, di mana:
 - CMC 0.1% menghasilkan endapan 0.4 cm
 - CMC 0.2% menghasilkan endapan 0.6 cm
 - CMC 0.3% menghasilkan endapan 0.8 cm

3. Konsentrasi starter *Lactobacillus casei* (faktor A) tidak menunjukkan pengaruh terhadap tinggi endapan, karena semua level konsentrasi starter menghasilkan tinggi endapan yang sama pada konsentrasi CMC yang sama.
4. Penambahan CMC dan starter *Lactobacillus casei* secara signifikan mengurangi sineresis dibandingkan dengan kontrol (ekstrak kulit pisang tanpa penambahan apapun).
5. Perlakuan dengan konsentrasi CMC 0.1% (b1) menunjukkan sineresis paling rendah, sehingga dapat dianggap sebagai perlakuan terbaik dalam mengurangi sineresis.

Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian

Penelitian tahap 1 : Penentuan konsentrasi starter *Lactobacillus casei*



Homogenisasi *L. casei*



Inokulasi *L. casei*



Pembacaan hasil *L. casei*

Penelitian tahap 2 : Pembuatan Minuman Probiotik Kulit Pisang



Pisang Segar



Pengupasan Kulit pisang



Pencucian dan sortasi



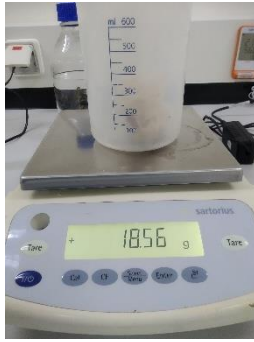
Pengerokan kulit pisang bagian dalam



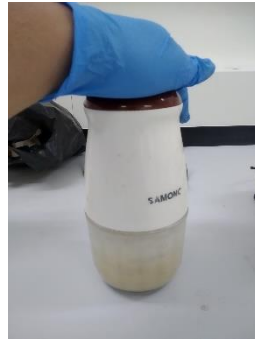
Kulit pisang setelah pengerokan



Blanching hasil pengerokan



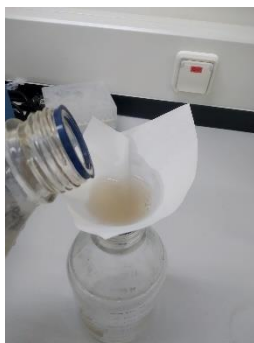
Penimbangan



Penghancuran dengan blender



Penyaringan kasar 1



Penyaringan kasar 2



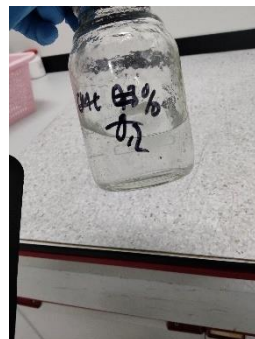
Ampas penyaringan



Filtrat sari kulit pisang



Penambahan laktosa
2%



Penambahan CMC



Homogenisasi dengan
Magnetic Stirrer



Pengecekan pH awal



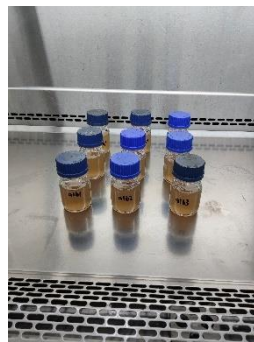
Pengecekan visual
endapan H₀



Pengaturan pH hingga
 ± 6.0



Pasteurisasi 72°C 15
menit



Tempering hingga
37°C



Inokulasi *L.casei*



Fermentasi 37°C 24
jam

Pengujian Respon



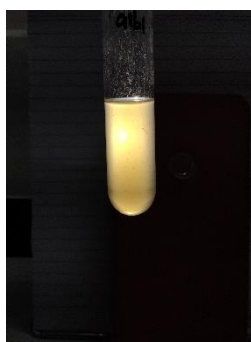
Analisis pH



Analisis kadar total asam



Analisis BAL



Analisis visual endapan



Persiapan analisis organoleptik



Uji organoleptik parameter rasa



Uji organoleptik parameter aroma

Foto visual endapan hari ke-0



a1b1



a1b2



a1b3



a2b1



a2b2



a2b3



a3b1

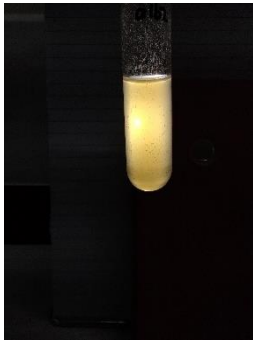


a3b2



a3b3

Foto visual endapan hari ke-10



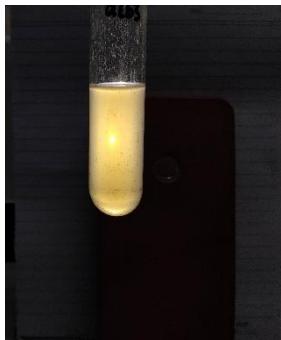
a1b1



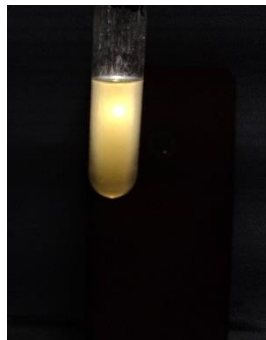
a1b2



a1b3



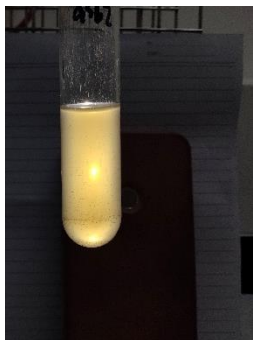
a2b1



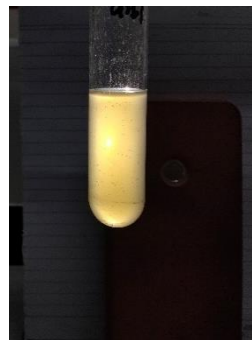
a2b2



a2b3



a3b1



a3b2



a3b3

Foto visual endapan hari ke-20



a1b1



a1b2



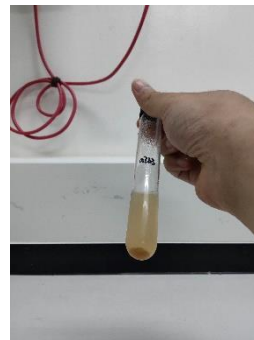
a1b3



a2b1



a2b2



a2b3



a3b1



a3b2



a3b3

Foto visual endapan hari ke-30



a1b1



a1b2



a1b3



a2b1



a2b2



a2b3



a3b1



a3b2



a3b3