

BAB 1V HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kadar Air

Rataan nilai kadar air penambahan tepung biji alpukat pada bakso dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rataan Kadar Air Pada Bakso Ayam

Perlakuan	Rataan Kadar Air (%)
P1	63,01±0,95 ^a
P2	61,14±3,37 ^a
P3	59,32±3,06 ^{ab}
P4	56,20±4,34 ^b

Keterangan: Superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Tabel 4. Menunjukkan bahwa rataan nilai kadar air memiliki rentang 56,20%–63,01% dengan kadar air tertinggi pada P1 yaitu 63,01% dan kadar air terendah pada P4 yaitu 56,20%. Hasil kadar air menunjukkan semakin lama waktu penyimpanan, kadar air bakso mengalami penurunan.

Hasil uji Duncan, menunjukkan bahwa perlakuan P1 berbeda tidak nyata dengan P2 dan P3, namun berbeda nyata dengan P4. Selanjutnya, perlakuan P2 berbeda tidak nyata dengan P3, tetapi berbeda nyata dengan P4. Perlakuan P4 menunjukkan nilai kadar air terendah dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Penurunan kadar air terjadi secara bertahap dimana perbedaan yang nyata baru terlihat pada penyimpanan yang lebih lama.

Selama penyimpanan, penurunan kadar air pada bakso ayam diduga disebabkan oleh proses evaporasi atau penguapan air dari dalam produk ke lingkungan. Semakin lama waktu penyimpanan, maka semakin banyak air yang keluar dari produk sehingga kadar air bakso mengalami penurunan. Penyimpanan pada suhu ruang yaitu berkisar 15°C – 25°C menyebabkan sebagian *immobilized*

water yaitu air yang tidak bergerak berubah menjadi air bebas, dan air bebas dalam bakso bergerak menuju permukaan produk dan kemudian menguap ke lingkungan sekitar. Proses evaporasi yang berlangsung secara terus-menerus selama penyimpanan menyebabkan jumlah air dalam produk semakin berkurang. Ramli *et al.* (2024) menyatakan bahwa kehilangan air pada bahan pangan selama penyimpanan terjadi akibat proses evaporasi yang dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan. Semakin lama bahan pangan disimpan, maka kehilangan air akibat penguapan akan semakin besar sehingga kadar air produk menurun.

Menurut Astuti *et al.* (2023) perubahan kadar air selama penyimpanan dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban yang tidak stabil, dimana peningkatan suhu dan penurunan kelembaban menyebabkan terjadinya perpindahan uap air dari bahan pangan sehingga kadar air menurun seiring waktu penyimpanan. Hal serupa juga dilaporkan oleh Hidayah dan Rahayu (2024) bahwa perubahan kadar air selama penyimpanan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban, dimana kondisi penyimpanan yang tidak stabil dapat mempercepat kerusakan mutu produk. Selain itu, Pratiwi *et al.*, (2025) menjelaskan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama penyimpanan, maka laju perubahan kadar air akibat respirasi dan penguapan akan semakin besar, sedangkan suhu rendah dapat memperlambat perubahan kadar air selama penyimpanan.

Hasil penelitian ini menunjukkan kadar air bakso ayam berkisar antara 56,20%–63,01%, dimana nilai tersebut lebih rendah dibandingkan penelitian Arief *et al.*, (2012) pengaruh edible coating dengan konsentrasi berbeda terhadap bakso sapi selama masa penyimpanan 16 jam melaporkan bahwa aktivitas air bakso berada pada kisaran 0,944–0,954. Hal ini sejalan dengan penelitian Inats *et al.*,

(2020) bakso ikan lele dengan edible coating karagenan menunjukkan kadar air sebesar 65,91% selama penyimpanan 36 jam pada suhu ruang. Diduga karena perbedaan bahan baku, lama penyimpanan, serta terjadinya proses evaporasi selama penyimpanan pada suhu ruang yang menyebabkan air dalam produk semakin berkurang.

Keberadaan tepung biji alpukat dengan ukuran partikel yang jauh lebih besar dibandingkan tepung tapioka yang merupakan komponen bahan pengikat utama di perkirakan menurunkan kemampuan mempertahankan air selama penyimpanan bakso. Semua perlakuan dari penelitian ini masih memenuhi SNI untuk kadar air bakso, yaitu maksimum 70%. Hal ini menunjukkan bahwa bakso ayam dengan penambahan tepung biji alpukat masih tergolong aman dan memenuhi standar mutu untuk kadar air selama penyimpanan.

4.2 Aktivitas Air

Rataan nilai aktivitas air penambahan tepung biji alpukat pada bakso dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Rataan Aktivitas Air Pada Bakso Ayam

Perlakuan	Rataan aktivitas air
P1	0,81± 0,00 ^b
P2	0,82± 0,00 ^b
P3	0,85± 0,02 ^a
P4	0,87± 0,03 ^a

Keterangan: Superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Tabel 5 menunjukkan bahwa aktivitas air bakso ayam memiliki rentang 0,81-0,87 dengan nilai tertinggi P4 yaitu 0,87 sedangkan terendah pada P1 yaitu 0,81. Hal ini menunjukkan bahwa nilai aktivitas air meningkat seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan.

Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan P1 dan P2 berbeda nyata terhadap P3 dan P4. Selanjutnya P1 dan P2 berbeda tidak nyata. Namun, , perlakuan P3 dan P4 juga berbeda tidak nyata satu sama lain.

Hal ini menunjukkan bahwa pada awal penyimpanan 24 jam, perubahan aktivitas air kecil. Namun, pada perlakuan P3 dan P4 terjadi peningkatan nilai aktivitas air. Pada penelitian ini, peningkatan aktivitas air diduga dipengaruhi oleh perubahan struktur protein dan pati selama penyimpanan sehingga sebagian air yang tidak bergerak berubah menjadi air bebas (*immobilized water*). Menurut Febrina *et al.*, (2019) meningkatnya nilai aktivitas air selama masa penyimpanan dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme yang menguraikan molekul-molekul penyusun bahan. Penguraian tersebut mengakibatkan pelepasan air terikat menjadi air bebas, sehingga meningkatkan nilai aw.

Aktivitas air (aw) merupakan jumlah air bebas dalam bahan pangan yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan dan aktivitas metabolisme. Air dalam bahan pangan dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu air terikat, air intermediet, dan air bebas. Air bebas merupakan air yang dapat digunakan oleh mikroorganisme dan berperan dalam reaksi kimia maupun enzimatik. Selama penyimpanan, sebagian air yang tidak bergerak (*immobilized water / intermediate water*) dalam bakso berubah menjadi air bebas sehingga menyebabkan nilai aktivitas air meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian (Eskin dan Robinson, 2010) jumlah air bebas dalam produk makanan yang dapat digunakan oleh organisme mikro seperti kapang, khamir dan bakteri untuk tumbuh, serta meningkatkan kemungkinan terjadinya reaksi kimia maupun enzimatik selama masa penyimpanan.

Tepung biji alpukat diketahui mengandung pati, serat pangan, serta senyawa fenolik seperti tanin dan flavonoid (Feliana *et al.* 2018). Pada penelitian ini, kandungan pati pada tepung biji alpukat, terutama amilosa dan amilopektin, memiliki kemampuan mengikat air yang tinggi. Pada awal penyimpanan, pati mampu mengikat air sehingga air berada dalam bentuk terikat (*bound water*) dan nilai aktivitas air relatif lebih rendah. Selama penyimpanan, terjadi penurunan kemampuan protein dalam mengikat air atau *water holding capacity* (WHC) akibat perubahan struktur protein yang dipengaruhi oleh aktivitas enzim, mikroorganisme, dan suhu ruang. Menurunnya WHC menyebabkan air terikat dan air yang tidak bergerak berubah menjadi air bebas yang lebih mudah dimanfaatkan oleh mikroorganisme serta lebih mudah menguap ke lingkungan, sehingga mempengaruhi kadar air dan aktivitas air pada bakso selama penyimpanan. Selain itu, kandungan serat pangan sebesar 18,64% juga berperan dalam menyerap air dan mempertahankan air dalam matriks produk (Parinding *et al.*, 2021). Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa bahan pangan yang mengandung pati dan serat tinggi memiliki kemampuan dalam menahan air sehingga mengurangi jumlah air bebas dalam produk (Abioye *et al.* 2017).

Menurut Anggraeni *et al.*, (2022) pertumbuhan bakteri dapat berlangsung pada nilai aktivitas air minimum 0,90, sedangkan kapang atau mold dapat tumbuh pada kisaran nilai aw 0,60–0,70. Pada penelitian ini, nilai aktivitas air bakso ayam berkisar antara 0,81–0,87. Meskipun nilai tersebut berada di bawah batas optimum pertumbuhan sebagian besar bakteri, hasil penelitian tetap menunjukkan adanya pertumbuhan koloni bakteri, koliform, mold, khamir, serta beberapa mikroorganisme yang toleran terhadap kondisi aktivitas air yang lebih rendah. Hal

ini menunjukkan bahwa kandungan nutrisi yang tinggi serta kondisi penyimpanan pada suhu ruang masih dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme selama penyimpanan bakso ayam.

4.3 Total Plate Count

Rataan nilai Total Plate Count penambahan tepung biji alpukat pada bakso dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Rataan Total Plate Count Bakso Ayam

Perlakuan	Rataan Total Plate Count ($\times 10^4$ CFU/g)
P1	3,86 $\pm$ 0,42 ^a
P2	4,76 $\pm$ 0,40 ^a
P3	8,58 $\pm$ 0,47 ^b
P4	13,6 $\pm$ 0,70 ^a

Keterangan: Superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Tabel 6 menunjukkan TPC bakso ayam memiliki rentang $3,86 \times 10^4$ – $13,6 \times 10^4$ dengan nilai tertinggi pada P4 yaitu $13,6 \times 10^4$ CFU/g dan nilai terendah pada P1 yaitu sebesar $3,86 \times 10^4$ CFU/g. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah mikroorganisme meningkat seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan

Hasil uji Duncan, menunjukkan bahwa TPC setiap perlakuan memiliki notasi huruf yang berbeda, Hal ini menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata satu sama lain ($P < 0,05$). Perlakuan P1 berbeda nyata dengan P2, P3, dan P4. Selanjutnya, perlakuan P2 juga berbeda nyata dengan P3 dan P4. Perlakuan P3 berbeda nyata dengan P4. Hal ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan waktu penyimpanan menyebabkan peningkatan jumlah mikroorganisme secara signifikan.

Peningkatan nilai TPC selama penyimpanan diduga disebabkan oleh kondisi suhu ruang yang berada pada kisaran *danger zone* pangan, yaitu 25°C – 30°C . Pada rentang suhu ini, bakteri mesofilik dapat tumbuh dan berkembang biak dengan cepat karena kondisi lingkungan sangat mendukung aktivitas metabolismenya (Gumilang, 2023). Peningkatan nilai aw selama penyimpanan mengakibatkan semakin banyak air bebas yang tersedia untuk dimanfaatkan mikroorganisme. Menurut Anggraeni *et al.*, (2022) bakteri membutuhkan nilai aw sekitar 0,90, nilai aw khamir 0,8–0,9, dan nilai aw kapang pada aw 0,6–0,7 untuk dapat tumbuh. Meskipun nilai aw pada penelitian ini belum mencapai 0,90, pertumbuhan bakteri tetap terjadi karena didukung oleh faktor seperti lama penyimpanan, kandungan nutrisi bakso yang tinggi, dan suhu penyimpanan.

Penelitian pada perlakuan P4 terbentuk lapisan lendir pada bakso yang berkaitan dengan keberadaan air pada bagian permukaan bakso. Lendir merupakan hasil aktivitas mikroorganisme yang memanfaatkan nutrisi dalam bakso, terutama protein dan karbohidrat, kemudian menghasilkan senyawa metabolit berupa eksopolisakarida yang membentuk lapisan berlendir pada permukaan produk. Oleh karena itu, lendir menunjukkan adanya kerusakan mikrobiologis dibandingkan peningkatan kadar air total pada bakso. Hal ini sesuai pengamatan Azara dan Saidi, (2020) faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba, antara lain ketersediaan nutrisi, pH, aktivitas air, ketersediaan oksigen, dan potensi oksidasi reduksi.

Berdasarkan penelitian Sugiharti (2009) bakso yang disimpan pada suhu ruang hanya mampu bertahan selama 24 jam sebelum mengalami penurunan mutu mikrobiologis. Namun, pada penelitian ini penambahan tepung biji alpukat dapat

dikonsumsi hingga penyimpanan 48 jam karena nilai TPC masih berada di bawah batas maksimum standar yaitu 1×10^5 BSN (2014). Hal ini diduga dipengaruhi oleh kandungan senyawa bioaktif pada tepung biji alpukat seperti tanin dan flavonoid yang memiliki aktivitas antimikroba sehingga mampu memperlambat pertumbuhan mikroorganisme selama penyimpanan.

4.4. Koliform

Rataan nilai kadar air penambahan tepung biji alpukat pada bakso dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7. Rataan Bakteri Koliform Pada Bakso Ayam

Perlakuan	Rataan Koliform $\times 10^2$ (CFU/g)
P1	3,56 $\pm$ 0,31 ^c
P2	4,18 $\pm$ 0,75 ^c
P3	6,70 $\pm$ 1,70 ^b
P4	11,7 $\pm$ 0,17 ^a

Keterangan: Superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Tabel 7 menunjukkan bahwa koliform bakso ayam memiliki rentang $3,56 \times 10^2 - 11,7 \times 10^2$ dengan nilai tertinggi P4 yaitu 11,7 CFU/g sedangkan terendah pada P1 yaitu 3,56 CFU/g. Hasil nilai koliform menunjukkan semakin lama waktu penyimpanan, nilai koliform bakso mengalami peningkatan terutama pada P4 yang memiliki koliform tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Hasil uji Duncan, menunjukkan bahwa P1 berbeda tidak nyata dengan P2. Namun, berbeda nyata dengan P3 dan P4. Sementara P2, P3 dan P4 saling berbeda nyata satu sama lain. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan, maka jumlah bakteri koliform semakin meningkat secara signifikan.

Selama penyimpanan, kondisi suhu ruang menyebabkan mikroorganisme lebih cepat berkembang karena aktivitas bakteri berlangsung secara optimal. Semakin lama waktu penyimpanan, maka kualitas higienis produk semakin menurun akibat meningkatnya aktivitas mikroba pada bakso. Peningkatan jumlah koliform yang signifikan pada P3 dan P4 menunjukkan bahwa lama penyimpanan berpengaruh terhadap penurunan mutu mikrobiologis bakso ayam. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Tahya *et al.*, (2018) bahwa jumlah koliform pada bakso tusuk meningkat hingga mencapai $1,55 \times 10^5$ koloni/g akibat penyimpanan yang kurang baik. Selain itu, Prasetyaningsih *et al.*, (2021) menyatakan bahwa kontaminasi koliform pada produk bakso dipengaruhi oleh suhu penyimpanan, sanitasi, dan lama penyimpanan. Kandungan nutrisi pada bakso ayam, seperti protein, lemak, dan air yang cukup tinggi mendukung pertumbuhan mikroorganisme (Pandie *et al.*, 2014). Tingginya nilai aktivitas air pada bakso juga menunjukkan bahwa jumlah air bebas dalam produk cukup tersedia sehingga dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk melakukan metabolisme dan pertumbuhan selama penyimpanan.

Tepung biji alpukat mengandung senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid, dan tanin yang memiliki aktivitas antibakteri. Peningkatan jumlah koliform pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan, maka pertumbuhan bakteri semakin meningkat sehingga mutu mikrobiologis bakso ayam menurun. Kondisi suhu ruang selama penyimpanan mendukung aktivitas metabolisme mikroorganisme sehingga bakteri dapat berkembang lebih cepat. Pada penelitian ini penghambatan pertumbuhan koliform selama penyimpanan belum terlihat signifikan. Hal ini diduga karena konsentrasi tepung biji alpukat yang

digunakan belum cukup kuat untuk menghambat pertumbuhan bakteri secara optimal, serta proses pemanasan pada pembuatan bakso dapat menurunkan aktivitas senyawa bioaktif tersebut. Hal ini sesuai dengan penelitian Hudha *et al.*, (2012) bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan, maka semakin besar kemungkinan senyawa fenolik mengalami kerusakan sehingga aktivitas antimikrobanya menurun.

Hasil pengujian koliform pada penelitian ini dinyatakan dalam satuan CFU/g, sedangkan persyaratan mikrobiologi bakso berdasarkan SNI 3818:2014 menggunakan satuan APM/g. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak dapat dibandingkan secara langsung dengan batas maksimum yang ditetapkan dalam SNI karena perbedaan metode dan satuan pengujian. Meskipun hasil pengujian koliform tidak dapat dibandingkan secara langsung dengan standar SNI karena perbedaan metode pengujian, nilai koliform yang semakin meningkat selama penyimpanan menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri indikator sanitasi.

