

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Total Bakteri Bekamal Daging Kerbau

Hasil pengujian total bakteri bekamal daging kerbau yang telah difermentasi pada suhu dan lama waktu berbeda disajikan pada Tabel 4., dan perhitungan statistik pada Lampiran 1. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan suhu dan lama waktu fermentasi berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap total bakteri bekamal daging kerbau.

Tabel 4. Total Bakteri Bekamal Daging Kerbau pada Suhu dan Lama Fermentasi Berbeda

Lama Fermentasi ----- (Hari) -----	Total Bakteri	
	30°C	37°C
	----- (log CFU/g) -----	
1	4,52 ^a	4,34 ^a
2	4,05 ^b	3,91 ^b
3	3,30 ^c	3,01 ^c
4	3,20 ^{cd}	2,73 ^d
5	3,04 ^{cd}	2,66 ^{de}
6	2,94 ^d	2,47 ^e
7	2,90 ^e	2,18 ^f
Rata-rata	3,42 ^x	3,04 ^y

^{a, b, c, d, e, f} Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menyatakan berbeda nyata ($P < 0,05$)

^{x, y} Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menyatakan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Rataan total bakteri bekamal daging kerbau pada suhu 30°C (3,42 log CFU/g) lebih tinggi ($P < 0,05$) dibandingkan suhu 37°C (3,04 log CFU/g). Hal ini sesuai dengan pendapat Risna *et al.* (2022) bahwa suhu lingkungan memengaruhi kecepatan perpindahan bakteri dari fase adaptasi menuju fase stasioner dan kematian. Suhu yang

lebih tinggi kemungkinan dapat mempercepat aktivitas bakteri fermentatif, terutama BAL yang akan mengubah substrat menjadi asam laktat, asam organik, dan senyawa antimikroba sehingga menekan bakteri lain. Sejalan dengan pernyataan Corneiro *et al.* (2024) bahwa pada produk daging fermentasi, BAL mampu memanfaatkan substrat secara cepat dan menghasilkan metabolit yang bersifat mengawetkan serta menekan bakteri lain.

Fermentasi pada suhu 30°C rata-rata total bakteri bekam daging kerbau cenderung semakin menurun ($P < 0,05$) dengan semakin meningkatnya lama waktu fermentasi, namun pada hari ke 3, 4, dan 5, serta 4, 5, dan 6 relatif sama ($P > 0,05$). Fermentasi pada suhu 37°C, rata-rata total bakteri bekam daging kerbau juga cenderung semakin menurun ($P < 0,05$) dengan semakin meningkatnya lama waktu fermentasi, namun pada hari ke 4 dan 5 serta 5 dan 6 relatif sama ($P > 0,05$). Pola penurunan total bakteri bekam daging kerbau berlangsung lebih tajam pada suhu 37°C yaitu dari 4,34 log CFU/g pada hari ke-1 menjadi 2,18 log CFU/g pada hari ke-7 (turun 2,16 log CFU/g), sedangkan pada suhu 30°C hanya turun 1,62 log CFU/g (dari 4,52 log CFU/g pada hari ke-1 menjadi 2,90 log CFU/g pada hari ke-7). Hal ini menurut Arfianty *et al.* (2017) dikarenakan rentang waktu fermentasi memberikan pengaruh terhadap kelompok bakteri yang tumbuh, semakin lama fermentasi berlangsung, kondisi lingkungan menjadi semakin asam akibat aktivitas mikroorganisme fermentatif sehingga hanya bakteri yang mampu bertahan dalam kondisi asam yang dapat terus hidup dan berkembang (BAL), sedangkan total bakteri lain (non BAL) mengalami penurunan.

Penurunan total bakteri bekamal daging kerbau pada suhu 30°C berlangsung secara bertahap dari hari ke-1 sampai hari ke-7, yang mengindikasikan bahwa pada suhu tersebut bakteri masih mengalami fase lag lebih lama sebelum memasuki pertumbuhan aktif. Penurunan total bakteri bekamal daging kerbau pada suhu yang lebih tinggi (37°C) terjadi lebih tajam, yang menunjukkan bahwa suhu lebih tinggi dapat mempercepat aktivitas bakteri fermentatif, terutama BAL yang akan mengubah substrat menjadi asam laktat, asam organik, dan senyawa antimikroba yang dapat menekan pertumbuhan bakteri lain (Corneiro *et al*, 2024).

Waktu fermentasi memperkuat pengaruh suhu fermentasi. Selama fermentasi, karbohidrat diuraikan oleh bakteri fermentatif menjadi asam laktat dan asam organik lain. Akumulasi asam ini menyebabkan pH turun, pH yang rendah akan mengganggu kerja enzim, transport nutrisi melalui membran sel, serta keseimbangan proton di dalam sel bakteri. Senyawa asam yang dihasilkan BAL dapat mengubah permeabilitas membran sel bakteri yang tidak tahan terhadap kondisi asam, sehingga sistem transport terganggu dan sel menjadi lebih rentan mengalami kerusakan hingga lisis (Rimadhini *et al.*, 2020). Semakin lama proses berlangsung, nutrisi yang dibutuhkan untuk metabolisme juga semakin terbatas sehingga bakteri tidak lagi mampu mempertahankan laju sintesis protein, pembelahan sel, dan perbaikan komponen sel secara optimal, dan pada akhirnya pertumbuhan melambat lalu berhenti. Fase kematian bakteri ditandai dengan peningkatan laju kematian yang melebihi laju pertumbuhan (Risna *et al.*, 2022).

Penambahan garam pada proses pembuatan bekamal daging kerbau juga menyebabkan tekanan osmotik cukup tinggi. Kondisi ini membuat air di dalam sel bakteri keluar ke lingkungan, sehingga sel mengalami dehidrasi, metabolisme melemah dan pada akhirnya pertumbuhan terhambat. Mutu mikrobiologis produk daging fermentasi tradisional yang baik berkaitan erat dengan dominasi mikroba fermentatif dan menurunnya mikroorganisme patogen (Mirdhayati, 2022). Penurunan total bakteri pada fase lanjut fermentasi menunjukkan bahwa produk mulai memasuki fase stabil dan menuju tahap pengawetan alami. Produk bekamal dapat disimpan selama 3-6 bulan tanpa mengalami kerusakan yang berbahaya bagi yang mengonsumsi (Nurrudin *et al.*, 2024). Sejalan dengan kondisi tersebut, jumlah total bakteri bekamal daging kerbau pada penelitian ini masih berada di bawah batas maksimum TPC pada daging ruminansia menurut SNI 9159:2023, yaitu 1×10^6 CFU/g, sehingga secara mikrobiologis berdasarkan parameter total bakteri produk ini masih termasuk dalam batas yang dapat diterima atau dikonsumsi (BSN, 2023).

4.2. Kadar Abu Bekamal Daging Kerbau

Rata-rata kadar abu bekamal daging kerbau pada suhu dan lama fermentasi berbeda disajikan pada Tabel 5., sedangkan analisis statistik pada Lampiran 2. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan suhu dan lama waktu fermentasi pada suhu 30°C tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap kadar abu bekamal daging kerbau, sedangkan lama fermentasi pada suhu 37°C berpengaruh nyata ($P<0,05$) pada kadar kadar abu bekamal daging kerbau.

Perlakuan suhu fermentasi yang berbeda tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap kadar abu. Hal tersebut dapat dipahami karena kadar abu menunjukkan jumlah residu anorganik atau mineral yang masih tertinggal setelah komponen organik pada bahan berkurang atau hilang, sehingga kadar abu umumnya lebih stabil dibandingkan komponen organik. Perubahan kadar abu dipengaruhi oleh perubahan kadar air, degradasi komponen organik, dan redistribusi komponen padatan selama fermentasi berlangsung (Quirino *et al.*, 2023).

Tabel 5. Rata-rata Kadar Abu Bekamal Daging Kerbau pada Suhu dan Lama Fermentasi Berbeda

Lama Fermentasi	Rata-rata Kadar Abu	
	30°C	37°C
-----(Hari)-----	------(%)-----	
7	14,95 ^a	14,53 ^a
14	15,11 ^a	16,18 ^b
21	15,60 ^a	16,35 ^b
Rata-rata	15,22	15,69

^{a, b, c} Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menyatakan berbeda nyata ($P<0,05$)

Berdasarkan hasil penelitian, menunjukkan semakin lama waktu fermentasi maka kandungan kadar abu makin meningkat. Kenaikan yang lebih jelas terlihat pada fermentasi dengan suhu 37°C, kadar abu pada lama waktu fermentasi 14 hari (16,18%) dan 21 hari (16,35%) lebih tinggi ($P<0,05$) dibandingkan lama waktu fermentasi 7 hari (14,53%). Hal ini menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi cenderung mempercepat aktivitas fermentasi dan perpindahan massa, sehingga pada waktu fermentasi yang lebih lama kadar abu cenderung meningkat akibat efek pemekatan komonen organik. Peningkatan kadar abu selama fermentasi terjadi karena degradasi komponen organik

dan penurunan kadar air yang menyebabkan mineral tersisa dalam proporsi yang lebih besar (Molo *et al.*, 2023). Selain itu, penambahan garam saat fermentasi mendukung peningkatan kadar abu, komponen mineral termasuk natrium dan klorida dari garam menjadi lebih terkonsentrasi, karena garam berperan sebagai agen osmotik yang membantu menarik air keluar dari jaringan dan menurunkan aktivitas air. Tingginya kadar abu disebabkan oleh proses pengendapan unsur mineral yang terdapat dalam larutan garam saat proses fermentasi (Sulistyoningsih *et al.*, 2019).

Perlakuan lama fermentasi pada suhu 30°C tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap kadar abu bekamal daging kerbau kemungkinan karena pada suhu tersebut proses fermentasi berlangsung lebih lambat, sehingga penurunan kadar air serta degradasi komponen organik belum cukup besar untuk menghasilkan perubahan kadar abu yang berbeda nyata secara statistik. Hal ini terlihat dari nilai kadar abu pada suhu 30°C yang hanya meningkat sedikit dari 14,95% pada hari ke-7 menjadi 15,11% pada hari ke-14 dan 15,60% pada hari ke-21, serta semuanya memiliki superskrip yang sama, yang menunjukkan bahwa peningkatan tersebut masih berada dalam kisaran variasi yang serupa. Pada suhu fermentasi yang lebih rendah, aktivitas mikroba fermentatif dan perubahan matriks bahan cenderung lebih perlahan, sehingga pemekatan komponen mineral juga berlangsung lebih lambat. Suhu fermentasi memengaruhi aktivitas mikroba dan laju perubahan komponen bahan selama fermentasi (Tamang *et al.*, 2020).

4.3. Kadar Protein Terlarut Bekamal Daging Kerbau

Hasil penelitian rata-rata kadar protein terlarut bekamal daging kerbau pada Tabel 6., dan analisis statistiknya disajikan pada Lampiran 3. Perlakuan suhu dan lama fermentasi yang berbeda pada bekamal daging kerbau tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) pada kadar protein terlarut. Rataan kadar protein terlarut bekamal daging kerbau adalah 2,62 mg/g. Tidak adanya pengaruh yang nyata ($P>0,05$) dari perlakuan suhu dan lama waktu fermentasi terhadap kadar protein menunjukkan bahwa kadar protein bekamal daging kerbau cenderung stabil selama fermentasi pada kondisi perlakuan yang digunakan.

Tabel 6. Rata-rata Kadar Protein Terlarut Bekamal Daging Kerbau pada Suhu dan Lama Fermentasi Berbeda

Lama Fermentasi	Rata-rata Kadar Protein Terlarut	
	30°C	37
----- (Hari) -----	----- (mg/g) -----	
7	2,69	2,45
14	2,67	2,32
21	2,74	2,87
Rata-rata	2,70	2,54

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar protein terlarut bekamal daging kerbau tidak mengalami perubahan yang mencolok selama fermentasi. Dalam produk daging fermentasi, protein memang dapat mengalami degradasi dan modifikasi melalui aktivitas enzim endogen maupun enzim mikrobial, tetapi perubahan tersebut tidak selalu tampak sebagai perubahan besar pada kadar protein total. Selama fermentasi, protein makromolekul cenderung terdegradasi menjadi peptida kecil dan asam amino

bebas, sehingga dampak utamanya lebih nyata pada struktur, daya cerna, *flavor*, dan sifat tekstural daripada pada persentase protein kasar semata (Jeong *et al.*, 2023). Kestabilan kadar protein terlarut yang terlihat pada penelitian ini tidak berarti protein tidak berubah, melainkan menunjukkan bahwa perubahan yang terjadi lebih bersifat kualitatif atau struktural. Kadar protein total dalam produk daging fermentasi umumnya relatif stabil selama tidak terjadi kehilangan bahan yang ekstrem, sedangkan proses fermentasi lebih banyak memengaruhi fraksi, kelarutan, dan tingkat degradasi protein dibandingkan jumlah totalnya (Wang *et al.*, 2022).

4.4. Keempukan Bekamal Daging Kerbau

Hasil pengujian keempukan bekamal daging kerbau yang telah difermentasi pada suhu dan lama waktu berbeda disajikan pada Tabel 7., dan hasil analisis statistik dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu dan waktu fermentasi berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap keempukan bekamal daging kerbau, yang bermakna bahwa perubahan tekstur bekamal merupakan konsekuensi langsung dari proses fermentasi yang dipengaruhi oleh suhu dan waktu.

Tabel 7. Rata-rata Keempukan Bekamal Daging Kerbau pada Suhu dan Lama Fermentasi Berbeda

Lama Fermentasi	Rata-rata Keempukan	
	30°C	37°C
----- (Hari) -----	----- (N) -----	
7	13,24 ^a	15,48 ^a
14	15,65 ^{ab}	19,08 ^b
21	19,22 ^b	22,40 ^c
Rata-rata	16,03 ^x	18,98 ^y

^{a, b, c} Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menyatakan berbeda nyata ($P < 0,05$)

^{x, y} Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menyatakan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu 37°C (18,98 N) menghasilkan nilai *shear force* lebih tinggi ($P < 0,05$) daripada suhu 30°C (16,03 N). Hal tersebut dapat terjadi kemungkinan karena fermentasi pada suhu 37°C mempercepat aktivitas mikroba fermentatif dan reaksi biokimia, protein miofibril dan protein lain dalam daging dapat mengalami denaturasi, serabut otot berkontraksi, air berpindah keluar dari ruang intraseluler, dan jaringan menjadi lebih padat. Akibatnya, gaya yang dibutuhkan untuk memotong daging meningkat sehingga nilai *shear force* menjadi lebih besar. Dugaan ini berdasarkan pernyataan Liu *et al.* (2022) bahwa suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat denaturasi protein, sehingga struktur daging menjadi lebih kompak dan resistensi terhadap pemotongan meningkat.

Nilai *shear force* bekamal daging kerbau pada waktu fermentasi 21 hari lebih tinggi ($P < 0,05$) daripada waktu fermentasi 7 hari, baik pada suhu fermentasi 30 °C maupun 37°C. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu fermentasi, maka bekamal daging kerbau semakin alot, meskipun waktu fermentasi 14 hari tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan waktu 7 dan 21 hari. Waktu fermentasi yang lebih panjang memberi peluang lebih besar terjadinya pepadatan matriks jaringan. Jadi, walaupun fermentasi bisa memicu proteolisis pada sistem seperti bekamal, namun efek dehidrasi dan pepadatan bisa lebih dominan daripada efek pelunakan. Jika serabut otot dan jaringan ikat menjadi lebih rapat, maka resistensi terhadap pemotongan akan meningkat, sehingga nilai *shear force* juga meningkat (Novaković dan Tomašević, 2017).