



Penelitian

Kualitas Mikrobiologis Bakso Daging Sapi Diawetkan dengan Beberapa Level Konsentrasi Supernatan Bebas Sel *Lactobacillus plantarum* BAF514 pada Penyimpanan Suhu Refrigerator

Microbiological Quality of Preserved Beef Meatballs with Different Levels of Cell-Free Supernatants of Lactobacillus plantarum BAF514 at Refrigerated Temperature Storage

Afriani^{1*}, Zulfa Elymaizar¹, Sarwo Edy Wibowo², Wulandari³, M. Hariski³

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi, Jambi-Indonesia

²Program Studi Kesehatan Hewan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi, Jambi-Indonesia

³Program Studi Kesehatan Hewan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi, Jambi-Indonesia

*Penulis untuk korespondensi: afriani.azis@unja.ac.id

Artikel Info

Naskah Diterima
10 April 2026

Direvisi
23 April 2026

Disetujui
25 April 2026

Online
1 Mei 2026

Abstrak

Latar Belakang: Bakso salah satu makanan mudah mengalami kerusakan jika disimpan tidak dengan baik. Kerusakan disebabkan kontaminasi mikroba. cara untuk mengurangi jumlah kontaminasi oleh mikroba pada bakso dengan menggunakan pengawetan secara alami seperti supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum*. Supernatan bebas sel ini mengandung metabolit antimikroba yang secara efektif dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimal supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* BAF514 sebagai biopreservatif terhadap kualitas mikrobiologis bakso daging sapi yang disimpan pada suhu refrigerator. **Metode:** Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan digunakan dalam penelitian ini. Perlakuan terdiri: P1= 100% supernatan bebas sel, P2 = 90% supernatan bebas sel + 10 ml aquades steril, P3 = 80% supernatan bebas sel + 20 ml aquades steril, P4 = 70% supernatan bebas sel + 30 ml aquades steril, P5= 60% supernatan bebas sel + 40% aquades steril. Peubah yang diamati adalah nilai pH, total mikroba, *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*. Analisis ragam (ANOVA) digunakan dalam analisis data, uji lanjut jarak berganda Duncan digunakan jika berpengaruh nyata. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan penggunaan beberapa konsentrasi 100% - 60% supernatan bebas sel berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap pH dan tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap total mikroba, *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*. Nilai pH bakso meningkat semakin rendah konsentrasi supernatan bebas sel selama penyimpanan. **Kesimpulan:** Disimpulkan bahwa penggunaan konsentrasi supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* BAF514 terhadap kualitas mikrobiologis bakso selama penyimpanan suhu refrigerator menekan pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli* namun meningkatkan nilai pH bakso. Konsentrasi supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* BAF514 sampai 60% masih baik untuk pengawetan bakso daging sapi yang disimpan pada suhu refrigerator.

Kata Kunci: Bakso daging sapi; Kualitas Mikrobiologis; *Lactobacillus plantarum* BAF514; Supernatan bebas sel

Abstract

Background: Meatballs are a food that easily spoils if stored improperly. This spoilage is caused by microbial contamination. One way to reduce microbial contamination in meatballs is by using natural preservatives, such as cell-free supernatant from *Lactobacillus plantarum*. This cell-free supernatant contains antimicrobial metabolites that can effectively inhibit the growth of spoilage bacteria. **Purpose:** This study aims to determine the concentration of cell-free supernatant from *Lactobacillus plantarum* BAF514 as a biopreservative on the microbiological quality of beef meatballs stored at refrigerator temperature. **Methods:** A Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments and 4 replications was used in this study. The treatments consisted of: P1 = 100% cell-free supernatant, P2 = 90% cell-free supernatant + 10 ml sterile distilled water, P3 = 80% cell-free supernatant + 20 ml sterile distilled water, P4 = 70% cell-free supernatant + 30 ml sterile distilled water, P5 = 60% cell-free supernatant + sterile distilled water. The variables observed were pH value, total microbes, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Analysis of variance (ANOVA) was used in data analysis, Duncan's multiple range test was used if there was a significant effect. **Results:** The results showed that the use of several concentrations of 100% - 60% cell-free supernatant had a significant effect ($P < 0.05$) on pH and no significant effect ($P > 0.05$) on total microbes, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The pH value of meatballs increased with the lower concentration of cell-free supernatant during storage. **Conclusion:** It was concluded that the use of cell-free supernatant concentration from *Lactobacillus plantarum* BAF514 on the microbiological quality of meatballs during refrigerator temperature storage did not increase the total microbes, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* but increased the pH value of the meatballs. The concentration of cell-free supernatant from *Lactobacillus plantarum* BAF514 up to 60% was still good for preserving beef meatballs stored at refrigerator temperature. **Keywords:** Beef meatballs; Microbiological quality; *Lactobacillus plantarum* BAF514; Cell-free supernatant

PENDAHULUAN

Daging adalah sumber protein hewani yang bergizi lengkap dan dapat memenuhi kebutuhan gizi manusia. Daging adalah salah satu bahan pangan yang diperoleh dari pemotongan ternak ruminansia maupun non ruminansia. Daging juga dapat dibuat menjadi berbagai macam olahan salah satunya yaitu bakso. Di Indonesia produk olahan bakso bukanlah suatu makanan yang terdengar asing dikalangan masyarakat. Bahkan bakso menjadi salah satu makanan olahan favorit yang digemari oleh masyarakat karena bakso memiliki cita rasa enak, tekstur kenyal dan kandungan gizi yang tinggi. Bakso dibuat dalam bentuk bulatan kecil yang ditambahkan mie dengan kuah sebagai pelengkap agar rasanya lebih gurih. Akan tetapi, produk olahan yang berasal dari daging seperti bakso ini tidak baik dikonsumsi apabila disimpan terlalu lama pada suhu ruang tanpa mendapatkan penanganan lanjutan karena akan mengalami kerusakan. Salah satu faktor penyebab terjadinya kerusakan yaitu disebabkan oleh mikroorganisme yang tumbuh dan berkembangbiak seperti *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Salah satu cara untuk mengurangi jumlah cemaran mikroorganisme dari *S. aureus* dan *E. coli* pada bakso dengan menggunakan metode pengawetan secara alami. Bahan pengawet alami yang dapat digunakan yaitu supernatan bebas sel dihasilkan dari BAL (bakteri asam laktat). BAL yang dapat digunakan yaitu *Lactobacillus plantarum*, adalah bakteri yang termasuk dalam famili *Lactobacillaceae* dan genus *Lactobacillus*. Spesies *Lactobacillus* dicirikan sebagai batang Gram-positif, non-motil, dan non-pembentuk spora, biasanya berukuran lebar 0,6-0,8 μm dan panjang 1,2-6,0 μm . Bakteri ini sangat penting di berbagai relung ekologi, termasuk saluran pencernaan manusia, dan banyak digunakan dalam proses fermentasi makanan (Özogul et al, 2020). Supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* mengandung metabolit antimikroba yang secara efektif dapat menghambat bakteri pembusuk.

Metabolit ini termasuk asam organik, hidrogen peroksida, dan bakteriosin, yang telah terbukti menghambat berbagai organisme pembusuk dalam produk daging (Wang *et al.*, 2023). Penggunaan supernatant bebas sel sebagai pengawet bakso daging sapi dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk konsentrasi supernatan dan kondisi penyimpanan. Sudah banyak penggunaan konsentrasi supernatan bebas sel yang tinggi (100%), namun penggunaan konsentrasi lebih rendah belum banyak digunakan. Berdasarkan hal di atas, maka dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* BAF514 terhadap kualitas mikrobiologis bakso daging sapi dan menentukan konsentrasi supernatan yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme

MATERI DAN METODE

Materi

Penelitian ini menggunakan bakteri isolat *Lactobacillus plantarum* BAF514 jumlah populasi 10^8 cfu/gram ($\times 10^8$) (Afriani, 2018), daging sapi (berasal dari pasar induk Angso Duo, Jambi), bawang putih, lada, garam, Sodium tripolyphosphate (STPP), es batu dan tepung tapioka. Media pertumbuhan bakteri terdiri dari *deMann Rogosa Sharpe Broth* (MRSB/Oxoid) untuk BAL, Plate Count Agar (PCA/Merck) untuk total mikroba, Mannitol Salt Agar (MSA/Merck) untuk bakteri *S. aureus*, *Eosin Methyl Blue* agar (EMBA/Merck) untuk bakteri *Escherichia coli*, *peptone water*, *alcohol*, *spiritus*, *standard solutions pH 7 and 4*, dan *aquadest sterile*.

Metode Penelitian

Penyegaran Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* BAF514 yang disimpan pada suhu beku, sebelum digunakan dilakukan penyegaran terlebih dahulu. Sebanyak 10 ml *Lactobacillus plantarum* BAF514 dimasukkan ke dalam 90 ml media MRS broth. Setelah itu dihomogenkan kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37,5°C. Dilakukan penyegaran kembali (ke 2).

Produksi supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* BAF514

Produksi supernatan bebas sel dengan cara 5% *Lactobacillus plantarum* BAF514 dimasukkan ke dalam 500 ml MRS-B pada Erlenmeyer. Larutan dihomogenkan dan diinkubasi semi anaerob pada suhu 37 °C selama 24 jam. Kemudian disentrifugasi pada suhu 4°C selama 10 menit dengan kecepatan 10.000 rpm. Endapan putih yang muncul kemudian disaring menggunakan mikrofilter dengan diameter saringan 0,22 µm. Cairan yang didapat disebut supernatan bebas sel yang mengandung senyawa antimikroba (Desniar *et al.*, 2016).

Pembuatan Bakso Daging Sapi

Pembuatan Bakso dilakukan dengan memotong daging kecil-kecil dan dibersihkan, lalu digiling sebanyak 300 gram menggunakan *food processor*. Kemudian ditambahkan 35% es batu, 3% garam, 0,5% lada, 0,5% bawang putih, 10%, tepung tapioka dan 0,3 % STTP, digiling kembali hingga tercampur rata dan halus. Komposisi bahan penyusun bakso berdasarkan bobot daging. Adonan bakso didiamkan selama

lima menit, lalu dibentuk bulatan bakso dimana masing-masing beratnya sekitar ± 15 gram, dimasukkan ke dalam air hangat dan direbus selama 10-15 menit hingga matang (mengapung). Setelah itu, bakso diangkat dan ditiriskan (Ismail *et al.*, 2016).

Aplikasi supernatan bebas sel pada Bakso Daging Sapi

Sebanyak 20 beaker gelas steril berukuran 50 ml untuk merendam bakso dalam supernatan bebas sel berkonsentrasi 100%, 90%, 80%, 70% dan 60% ditambah aquades steril hingga volume menjadi 50 ml. Perendaman selama 30 menit lalu bakso ditiriskan dan dikemas dalam kantong plastik *ziplock*, kemudian disimpan selama delapan (8) hari di refrigerator. Setelah itu bakso dikeluarkan dilakukan pengamatan terhadap pH, total mikroba, *S. aureus* dan *E. coli*.

Rancangan Penelitian

Rancangan acak lengkap (RAL) digunakan pada penelitian ini, dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Bakso yang telah direndam dengan supernatan bebas sel dengan beberapa level konsentrasi kemudian disimpan pada suhu refrigerator selama 8 hari dengan perlakuan sebagai berikut:

P1 = 100 % supernatan bebas sel

P2 = 90 % supernatan bebas sel + 10% aquades steril

P3 = 80 % supernatan bebas sel + 20% aquades steril

P4 = 70 % supernatan bebas sel + 30% aquades steril

P5 = 60 % supernatan bebas sel + 40% aquades steril

Peubah yang Diamati

Nilai pH Bakso

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Dengan cara, pH meter dikalibrasi dengan larutan standar (pH 4 dan 7), kemudian sebanyak 5 gram sampel bakso dihancurkan lalu dilarutkan pada 50 ml aquadest. Setelah itu, elektroda pH meter dimasukan ke dalam larutan bakso dan dilihat nilai pH nya (AOAC, 2005).

Analisis Mikrobiologis Bakso

Analisis mikrobiologis bakso meliputi total mikroba, *S. aureus*, dan *E. coli*. Pengukuran total mikroba dilakukan dengan mengambil 5 g sampel bakso perlakuan yang dihancurkan dan dimasukkan dalam larutan pengencer (pepton 0,1%), lalu dibuat pengenceran sampai 10^{-5} . Pada pengenceran 10^{-4} , dan 10^{-5} , diambil 1 ml ditambahkan ke cawan petri yang berisi media PCA (Merck) 20 ml dan dihomogenkan membentuk angka 8. Setelah media membeku diinkubasi pada suhu 37° C selama ± 24 jam dalam posisi terbalik (AOAC, 2005). Bakteri yang tumbuh membentuk koloni berwarna putih. Jumlah koloni yang layak dihitung berkisar 25-250 koloni.

Pengukuran total *S. aureus* dan *E. coli* dilakukan dengan mengambil 5 gram sampel bakso daging sapi dan dimasukkan ke dalam larutan pengencer (pepton 0,1%) steril, tingkat pengenceran yang digunakan yaitu 10^{-1} , 10^{-2} , dan 10^{-3} . Media MSA untuk pertumbuhan bakteri *S. aureus* dan media EMBA untuk pertumbuhan bakteri *E. coli*, ambil 1 ml sampel dari 3 tingkat pengenceran ditambahkan ke petri dish berisi 20 ml media dan dihomogenkan membentuk angka 8. Setelah media membeku diinkubasi pada suhu 37° C selama ± 24 jam dalam posisi terbalik. Koloni *S. aureus* tumbuh

berwarna hitam dikelilingi warna kuning, dan *E. coli* terlihat berwarna kehijau-hijauan dilihat pada lampu terang atau sinar matahari.

Analisis Data

Analisis ragam (ANOVA) digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh, dan jika diperoleh hasil yang berbeda nyata, dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Steel and Torrie, 1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pH Supernatan Bebas Sel dan pH Daging Segar

Nilai pH merupakan nilai yang penting karena menunjukkan kondisi keasaman suatu substrat yang akan mempengaruhi pertumbuhan mikroba pada daging segar. Hasil uji nilai pH supernatan bebas sel dan pH daging segar disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai pH supernatan bebas sel bakteri *Lactobacillus plantarum* BAF514, daging segar

| Peubah | Nilai |
|-------------------------|----------|
| pH supernatan bebas sel | 3,8±0,00 |
| pH daging segar | 5,6±0,03 |

Nilai pH supernatan bebas sel bakteri *Lactobacillus plantarum* BAF514 pada Tabel 1 yaitu 3,8 dalam kondisi asam. Penyebab pH supernatan cenderung asam yaitu adanya senyawa asam organik yang dihasilkan bakteri asam laktat pada fase pertumbuhan dapat membunuh bakteri pembusuk dan patogen (Desniar *et al.*, 2016). Produksi asam organik oleh strain *L. plantarum*, dapat menurunkan pH, merupakan faktor kunci dalam aktivitas antimikroba. Pengasaman efektif menghambat pertumbuhan patogen seperti *E. coli* dan *S. aureus* (Widjaja *et al.*, 2022).

pH daging segar pada penelitian ini yaitu 5.6. nilai pH daging segar ini menunjukkan daging masih dalam kondisi baik. Menurut BSN, (2023) nilai pH normal pada daging segar yaitu 5,3-5,8. Sehingga daging yang digunakan pada penelitian ini masih tergolong daging segar sesuai dengan SNI 9226:2023. Hasil ini sesuai dengan penelitian Suwiti *et al.* (2017) bahwa pH daging segar berkisar antara 5,5-5,6.

Nilai pH Bakso Daging, Total Mikroba, *S. aureus*, *E. coli* pada Bakso Daging Sapi

Hasil penelitian nilai pH, total mikroba, *S. aureus*, *E. coli* pada bakso daging sapi yang direndam dalam supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* BAF514 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai pH, Total Bakteri, *S. aureus*, *E. coli* pada Bakso Daging Sapi

| Parameter | Konsentrasi Supernatan Bebas Sel (%) | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 |
| pH | 4,6 ^a | 4,9 ^b | 5,3 ^c | 5,4 ^d | 5,7 ^e |
| Total mikroba (cfu/gram) | 5,8 x 10 ⁴ | 6,0 x 10 ⁴ | 5,9 x 10 ⁴ | 6,3 x 10 ⁴ | 6,5 x 10 ⁴ |
| <i>S. Aureus</i> (cfu/gram) | 2,4 x 10 ¹ | 2,3 x 10 ¹ | 2,5 x 10 ¹ | 2,6 x 10 ¹ | 2,6 x 10 ¹ |
| <i>E. coli</i> (cfu/gram) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Keterangan : Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata (P<0,05)

Nilai pH Bakso Daging Sapi

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa bakso yang direndam dalam konsentrasi larutan supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* BAF514 berbeda, berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap pH bakso. Pada Gambar 2 terlihat bahwa penurunan konsentrasi supernatan bebas sel, nilai pH bakso meningkat secara signifikan. Hal ini karena bakteri asam laktat selama pertumbuhan menghasilkan asam organik dan senyawa-senyawa lainnya hingga supernatan bebas sel bersifat asam. Nilai pH bakso dipengaruhi oleh konsentrasi supernatan bebas sel yang digunakan, semakin tinggi konsentrasi supernatan bebas sel yang digunakan maka pH bakso semakin asam. Selama perendaman asam yang terkandung dalam supernatan bebas sel meresap ke dalam bakso mengakibatkan pH bakso semakin rendah. Bakteri asam laktat dimetabolisme untuk menghasilkan asam organik selama pertumbuhan membuat supernatan bebas sel bersifat asam (Wang *et al.*, 2023).

Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa nilai pH pada $P1 < P2 < P3 < P4$. Rerata pH bakso yang diperoleh berkisar antara 4.6-5.7. Konsentrasi supernatan yang semakin rendah menghasilkan nilai pH semakin tinggi. Hasil penelitian Wang *et al.*, (2023) nilai pH daging giling dengan penggunaan supernatant bebas sel 0 % - 5 % yaitu 6.22 - 4.36. Menurut Usman *et al.* (2018) nilai pH akan semakin turun jika asam laktat yang terkandung semakin tinggi. Produksi asam laktat oleh bakteri asam laktat menyebabkan akumulasi asam organik yang secara langsung menurunkan pH medium fermentasi (Singhvi *et al.*, 2018). Menurut Wang *et al.* (2023), nilai pH merupakan salah satu indeks penting yang mempengaruhi kualitas produk daging sapi dengan peningkatan konsentrasi supernatan bebas sel, membuat supernatan bebas sel bersifat asam nilai pH bakso daging sapi menurun secara signifikan. Asam organik dalam supernatan bebas sel dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam gel daging sapi, yang mungkin menjadi alasan mengapa penggunaan konsentrasi supernatan bebas sel memperpanjang masa simpan sampel sampai batas tertentu.

Total Mikroba Bakso Daging Sapi

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa bakso yang direndam dalam larutan supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* BAF51 tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap total mikroba yang terdapat pada bakso. Hal ini diduga karena senyawa antimikroba yang terkandung dalam supernatan bebas sel dapat menghambat pertumbuhan mikroba selama penyimpanan suhu refrigerator. Supernatan bebas sel mengandung senyawa antikroba bersifat bakteriostatik (menghambat) terhadap mikroba. Total mikroba pada konsentrasi 100%-60% supernatan bebas sel berkisar $5,8 \times 10^4$ - $6,5 \times 10^4$ (cfu/gram). Total mikroba tertinggi adalah pada perlakuan P4 dengan 60% konsentrasi supernatan bebas sel yaitu $6,5 \times 10^4$. Jika dibandingkan dengan standar nasional Indonesia (SNI, 1996) total mikroba bakso daging sapi masih diposisi aman untuk konsumsi dimana ambang batas total mikroba maksimal 1×10^5 . Hasil penelitian Arief *et al.* (2012), total mikroba aerob pada sosis dengan penambahan bakteriosin dari *L. plantarum* 2C12 adalah 3,65 log cfu/g. Menurut Wang *et al.*, (2023), beberapa faktor seperti konsentrasi zat pengawet, lama penyimpanan, suhu lingkungan, dan karakteristik mikroba memengaruhi mekanisme penghambatan oleh senyawa antimikroba. Menurut Tebyanian *et al.*, (2017) komposisi media, strain bakteri asam laktat, dan kepadatan bakteri merupakan faktor yang mempengaruhi seberapa baik bakteri asam laktat dalam menekan bakteri patogen.

Hasil penelitian Aritonang et al., (2020) total bakteri aerob pada sosis daging sapi dengan penambahan supernatan bakteriosin 0,9% selama penyimpanan 12 hari adalah $15,70 \times 10^3$ CFU/mL. Total bakteri aerob hasil penelitian Wibowo et al. (2017) menunjukkan bahwa penambahan 10% supernatan bakteriosin dari *L. plantarum* IBL-2 pada daging sapi giling segar yang disimpan selama 12 hari yaitu sebesar $0,96 \times 10^4$ CFU/ml.

Total *Staphylococcus aureus*

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa perendaman bakso dalam supernatan bebas sel pada konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh nyata ($P > 0.05$) terhadap pertumbuhan *S. aureus*. Bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri Gram positif yang memiliki dinding sel peptidoglikan tebal sehingga berperan sebagai penghalang utama terhadap masuknya senyawa antimikroba. Struktur ini memberikan perlindungan terhadap tekanan lingkungan termasuk paparan senyawa aktif dari supernatan bebas sel seperti asam organik dan bakteriosin. Ketebalan peptidoglikan serta keberadaan asam teikoat berkontribusi dalam mempertahankan stabilitas membran dan mengurangi difusi senyawa antimikroba ke dalam sel (Turner et al., 2019). Senyawa antimikroba yang terkandung dalam konsentrasi supernatan bebas sel yang berbeda tidak mampu menghambat bakteri *S. aureus*. Jumlah pertumbuhan bakteri *S. aureus* terendah adalah perlakuan P1 yaitu 2.4×10^1 dan tertinggi adalah P4 yaitu 2.6×10^1 . Menurut SNI 01-3818-1995 batas cemaran *S. aureus* yaitu 1×10^2 hasil ini masih dalam batas aman. Apabila jumlah *S. aureus* lebih dari 1×10^2 , maka bakso yang dikonsumsi tersebut dapat mengakibatkan gastroenteritis dan keracunan makanan karena mengandung satu atau lebih enterotoksin yang dihasilkan (Ivanova et al., 2020).

Total *Escherichia Coli*

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, perlakuan P1 hingga P5 tidak ditemukan bakteri *E. coli*. Hasil ini menunjukkan selama perendaman bakso sapi dengan supernatan bebas sel asal *Lactobacillus plantarum* BAF514 hingga konsentrasi 60%, bakteri *E. coli* tidak dapat tumbuh. Senyawa antimikroba yang terkandung dalam supernatan bebas sel bersifat bakteriosidal yang mampu membunuh bakteri *E. coli* yang terkandung dalam bakso daging sapi. Hasil penelitian Sihombing et al. (2015) penggunaan plantaricin 0,2% pada daging sapi disimpan selama 15 hari pada suhu kamar tidak ditemukan bakteri *E. coli*. Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri Gram negatif yang memiliki lapisan peptidoglikan relatif tipis, yaitu sekitar 1–2% dari berat kering sel, sehingga lebih rentan terhadap penetrasi senyawa antimikroba seperti asam organik (Pajerski et al., 2023).

Menurut Zhang et al. (2021), antimicrobial peptides bersifat kationik dan bekerja dengan meningkatkan permeabilitas membran sel sehingga terjadi kebocoran komponen intraseluler yang berujung pada kematian sel. Mekanisme antimikroba supernatan bebas sel dari AR-148 terhadap *E. coli* dapat menurunkan sintesa bahan kimia yang dibutuhkan dan mengganggu integritas dinding sel dan struktur membran bakteri (Guan et al., 2021). Hasil penelitian Enyun Ma et al. (2023), menunjukkan bahwa antimikroba Supernatan bebas sel AR-148 (MCFS) memberikan efek antimikrobanya dengan mengganggu membran sel, memengaruhi biomolekul intraseluler (protein dan DNA), dan menurunkan kandungan enzim intraseluler (AKPase dan β -galaktosidase).

Pelaksanaan seluruh prosedur pengolahan yang benar juga dapat menyebabkan tidak adanya *E. coli* (Ismail *et al.*, 2012). Selain itu, bakteri *E. coli* sensitif pada kondisi asam karena *E. coli* termasuk bakteri gram negatif (Saputri *et al.*, 2017). Menurut Krumova *et al.* (2024), *Lactobacillus plantarum* dikenal karena kemampuannya menghasilkan asam laktat, yang secara signifikan menurunkan pH, menciptakan kondisi asam. Karakteristik ini terutama terlihat pada supernatan bebas sel di mana penurunan pH dikaitkan dengan produksi asam laktat. Lingkungan asam yang dihasilkan oleh *L. plantarum* memiliki berbagai implikasi, termasuk perannya dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain.

KESIMPULAN

Kualitas mikrobiologis bakso daging sapi diawetkan dengan beberapa konsentrasi supernatan bebas sel 514 pada penyimpanan suhu refrigerator dapat menekan pertumbuhan total mikroba, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus* namun meningkatkan nilai pH bakso. Penggunaan supernatan bebas sel hingga konsentrasi 60% masih baik untuk pengawetan bakso daging sapi yang disimpan pada suhu refrigerator.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada dekan dan kepala laboratorium Fakultas Peternakan atas fasilitas yang diberikan dan semua pihak yang telah membantu pelaksanaan dalam penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Konsep dan perancangan riset : Af, ZE. Pengumpulan data: Af, ZE, Wu, MH. Analisis dan interpretasi data : Af, MH, SEW. Penyusunan manuskrip : Af, Wu. Revisi : Af, Ze, Wu, SEW.

KONFLIK KEPENTINGAN

Wulandari dan Sarwo Edy Wibowo menjabat sebagai editor Jurnal Ilmiah Ilmu – Ilmu Peternakan tetapi tidak memiliki peran dalam pengambilan keputusan untuk menerbitkan artikel ini. Penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilakukan tanpa adanya hubungan komersial atau keuangan yang dapat ditafsirkan sebagai potensi konflik kepentingan.

PERSETUJUAN ETIS

Penelitian ini tidak memerlukan persetujuan etis.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani. (2018). *Potensi bakteri asam laktat proteolitik yang diisolasi dari bekasam ikan sepat (Trichogaster pectoralis) dan aplikasinya untuk meningkatkan kualitas dendeng daging sapi* (Disertasi doctoral). Universitas Andalas, Padang.
- AOAC. (2005). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th ed.). AOAC International.
- Arief, I., Jenie, B., Suryati, T., Ayuningtyas, G., & Fuziawan, A. (2012). Antimicrobial Activity of Bacteriocin from Indigenous *Lactobacillus plantarum* 2C12 and Its Application on Beef Meatball as Biopreservative. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 37(2), 90-96. <https://doi.org/10.14710/jitaa.37.2.90-96>
- Aritonang, S. N., Elly, R., Afriani, & Sandra. (2020). Application of bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* SRCM 100434 strain isolated from okara as a natural preservative in beef sausage. *Biodiversitas*, 21(5), 2240–2245. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210553>
- Badan Standardisasi Nasional. (2023). *Karkas dan daging sapi/kerbau (SNI 9226:2023)*. BSN.
- Desniar, Iriani, S., & Pranoto, Y. I. (2016). Penapisan dan produksi antibakteri *Lactobacillus plantarum* NS(9) yang diisolasi dari bekasam ikan nila. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(2). <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.2.132>
- Enyun, M., Yingfeng, A., Guoyan, Z., Mei, Z., Hossain, M. Z., & Xianghui, Q. (2023). Enhancing the antibacterial activity of *Lactobacillus reuteri* against *Escherichia coli* by random mutagenesis and its mechanism. *Food Bioscience*, 51, 102209. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102209>
- Guan, G., Zhang, L., Zhang, J., Wang, H., Li, W., & Sun, Q. (2021). Antibacterial properties and mechanism of biopolymer-based films functionalized by CuO/ZnO nanoparticles. *Journal of Hazardous Materials*, 402, 123542. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123542>
- Ismail, M., Kautsar, R., Sembada, P., Aslimah, S., & Arief, I. I. (2016). Kualitas fisik dan mikrobiologis bakso daging sapi pada penyimpanan suhu berbeda. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 4(3), 372–374. <https://doi.org/10.29244/jipthp.4.3.372-374>
- Ivanova, T., Kostova-Vasileva, G., Miteva, G., & Denev, H. (2020). Characteristics of *Staphylococcus aureus* isolated from a foodborne outbreak. *Macedonian Veterinary Review*, 43(2), 151–159. <https://doi.org/10.2478/macvetrev-2020-0026>
- Krumova, P. P., Dimitrova, S., Angelova, N., & Yankov, D. (2024). Lactic acid production by *Lactiplantibacillus plantarum* AC 11S: Kinetics and modeling. *Microorganisms*, 12(4), 739. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12040739>
- Ozogul, F., Yilmaz, H., & Ozogul, Y. (2020). Lactic acid bacteria: *Lactobacillus acidophilus*. In *Reference module in food science*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00015-5>
- Pajerski, D., Ochonska, D., Brzychczy-Włoch, M., & Gosiewski, T. (2023). Quantitative measurement of peptidoglycan components in bacteria. *Microorganisms*, 11(10), 2478. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11102478>

- Saputri, M., Rahayu, E., & Usman, P. (2017). Aktivitas antimikroba bakteri asam laktat terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. *Jurnal Faperta Unri*, 4(2), 3–8.
- Sihombing, D. E., Arief, I. I., & Budiarti, S. (2015). Application of antimicrobial agents from *Lactobacillus plantarum*. *Advanced Journal of Food Science and Technology*, 8(4), 251–255. <https://doi.org/10.19026/ajfst.8.1503>
- Singhvi, M. S., Zinjarde, S. S., & Gokhale, D. V. (2018). Lactic acid production from renewable resources. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(15), 6501–6521. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9095-6>
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1995). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Suwiti, N. K., Sampurna, I. P., & Suastika, P. (2017). Karakteristik fisik daging sapi Bali dan Wagyu. *Buletin Veteriner Udayana*, 9(2), 125–132. <https://doi.org/10.21531/bulvet.2017.9.2.125>
- Tebyaniyan, H., Bahmani, A., Karimi, A., & Khosravi, A. (2017). Antimicrobial activity of *Lactobacillus* spp. *International Letters of Natural Sciences*, 65, 10–15. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ILNS.65.10>
- Turner, N.A., Sharma-Kuinkel, B.K., Maskarinec, S.A., Eichenberger, E. M., Shah, P.P., Carugati, M., Holland, T. L., & Fowler, V.G. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: an overview of basic and clinical research. *Nat Rev Microbiol* 17, 203–218 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0147-4>
- Usman, N. A., Kusmajadi, S., & Gunawan, J. (2018). Pengaruh bakteri asam laktat terhadap mutu mayones probiotik. *Jurnal Ilmu Ternak*, 18(2), 79–85. <https://doi.org/10.24198/jit.v18i2.19771>
- Wang, J., Xu, L., Guo, L., Lv, Y., Li, J., Yang, Y., & Ma, X. (2023). Cell-free supernatant of *Lactiplantibacillus plantarum* 90. *Foods*, 12, 4053. <https://doi.org/10.3390/foods12224053>
- Wibowo, M. S., Isra, M., Nuraini, B., et al. (2017). Production and application of bacteriocins. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 14(1), 68–76. <https://doi.org/10.22146/ifnp.24278>
- Widjaja, A. N., Marcelia, S., & Juandy, J. (2022). Aktivitas antimikrobia *Lactiplantibacillus plantarum*. *FaST – Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(2), 175–183. <https://doi.org/10.19166/jstfast.v6i2.6085>