

**PENGARUH JENIS KEMASAN PROBIOTIK *Lactobacillus salivarius* TERENKAPSULASI ARABINOXYLAN TERHADAP CEMARAN *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, DAN *Escherichia coli***

**Muhammad Usamah Prawira Yuda<sup>1</sup>, Umi Kalsum<sup>2</sup>, Nurul Humaidah<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Islam Malang

<sup>2</sup>Dosen Peternakan Universitas Islam Malang

Email : usamahprawirayuda@gmail.com

**Abstrak**

Regulasi mengenai pembatasan Antibiotic Growth Promoter (AGP) pada pakan perunggasan telah memicu kerentanan ternak terhadap serangan mikroorganisme patogen. Guna mengatasi masalah tersebut, *Lactobacillus salivarius* sebagai agen probiotik dimanfaatkan dengan perlindungan matriks arabinoxylan agar daya tahannya tetap terjaga. Tujuan utama studi ini yakni mengkaji tingkat kontaminasi bakteri berbahaya (mencakup *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, serta *Escherichia coli*) pada sediaan probiotik tersalut arabinoxylan yang dibungkus menggunakan variasi material berbeda. Pendekatan eksperimen diaplikasikan melalui desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang melibatkan 4 model perlakuan serta 5 ulangan. Model perlakuan terdiri dari P0 (kontrol, tanpa pembungkus), P1 (pengemas berbahan alumunium foil), P2 (kardus), serta P3 (kombinasi alumunium foil dan kardus). Pengamatan dilakukan pasca masa simpan 30 hari di suhu kamar. Pengukuran jumlah koloni bakteri jahat dieksekusi melalui teknik Total Plate Count. Analisis statistik dikerjakan dengan ANOVA dan diteruskan ke Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT). Temuan riset mengindikasikan adanya efek yang signifikan ( $P < 0,05$ ) dari macam pengemas terhadap populasi *E. coli*, namun tidak memberikan dampak berarti ( $P > 0,05$ ) pada kontaminasi *Salmonella sp.* maupun *S. aureus*. Aplikasi alumunium foil (P1) ditetapkan sebagai langkah paling optimal guna mereduksi multiplikasi *E. coli* berkat profil hermetisnya yang secara efektif memblokir transmisi uap air maupun oksigen. Sebagai konklusi, alumunium foil merupakan opsi kemasan yang paling presisi guna memastikan keamanan produk probiotik *L. salivarius* berbalut arabinoxylan.

**Kata Kunci :** arabinoxylan, bakteri patogen, enkapsulasi, jenis kemasan, *Lactobacillus salivarius*.

**EFFECT OF PACKAGING TYPE ON THE CONTAMINATION OF *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, AND *Escherichia coli* IN ARABINOXYLAN-ENCAPSULATED *Lactobacillus salivarius* PROBIOTIC**

**Abstract**

The restriction on Antibiotic Growth Promoters (AGP) in poultry nutrition has led to an increased susceptibility of birds to pathogenic infections. To address this issue, the probiotic *Lactobacillus salivarius* was protected using an arabinoxylan matrix to ensure its survivability. This current study aimed to assess the contamination levels of harmful bacteria (namely *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, and *Escherichia coli*) in arabinoxylan-coated *L. salivarius* stored inside diverse packaging materials. An experimental trial was carried out based on a Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments and 5 replications. The applied treatments were P0 (unpacked control), P1 (aluminum foil wrapping), P2 (cardboard box), and P3 (a mix of cardboard and aluminum foil). The products were kept at room temperature for a 30-day period. The total pathogenic colonies were quantified via the Total Plate Count procedure. Statistical evaluation was performed using ANOVA followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The outcomes revealed that the packaging variation significantly influenced ( $P < 0.05$ ) *E. coli* growth, yet it did not significantly impact ( $P > 0.05$ ) the presence of *Salmonella sp.* and *S. aureus*. The use of aluminum foil (P1) emerged as the most superior approach to inhibit *E. coli* proliferation due to its outstanding hermetic barrier against moisture and oxygen transmission. In summary, aluminum foil serves as the most effective packaging alternative to preserve the microbiological safety of arabinoxylan-encapsulated *L. salivarius*.

**Keywords:** *arabinoxylan, encapsulation, Lactobacillus salivarius, packaging type, pathogenic bacteria.*

## PENDAHULUAN

Pemenuhan gizi protein hewani masyarakat sangat bergantung pada kinerja industri peternakan. Kendati demikian, dinamika baru muncul pasca diterapkannya larangan penggunaan *Antibiotic Growth Promoter* (AGP) pada pakan unggas (Kementerian Pertanian, 2017). Kebijakan tersebut berimbas pada merosotnya produktivitas serta tingginya angka mortalitas unggas yang dipicu oleh invasi patogen, di antaranya *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella sp.* (Widiastuti dkk., 2019).

Sebagai solusi pengganti AGP, agen probiotik *Lactobacillus salivarius* dinilai sangat menjanjikan. Sayangnya, probiotik fase cair atau sel bebas sangat mudah mengalami kematian sel selama masa simpan maupun ketika melewati organ pencernaan (Putri dkk., 2021). Oleh sebab itu, teknik mikroenkapsulasi berbahan dasar arabinoxylan diaplikasikan. Material polisakarida dari sisa hasil pertanian ini tidak sekadar bertindak sebagai tameng pelindung, melainkan juga membawa fungsi prebiotik (Rao *et al.*, 2016).

Walau enkapsulasi memberikan daya lindung, tingkat ketahanan probiotik serta ancaman paparan bakteri perusak kala produk disimpan amat dipengaruhi oleh metode pengemasannya. Material pembungkus memegang peranan vital sebagai tameng dari dinamika kelembapan udara maupun penetrasi oksigen (Miskiyah & Broto, 2011). Alumunium foil dikenal memiliki tingkat kedap (hermetis) yang istimewa, sedangkan kardus lebih bersifat higroskopis serta berpori (da Cruz *et al.*, 2007). Berlandaskan argumen tersebut, studi ini dieksekusi guna mengkaji efisiensi rupa-rupa material pengemas dalam menekan multiplikasi patogen sekaligus memelihara mutu mikrobiologis produk probiotik berlapis arabinoxylan.

## MATERI DAN METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan riset ini berlangsung mulai bulan November sampai Desember 2025 yang bertempat di fasilitas Laboratorium Terpadu Universitas Islam Malang.

### Materi Penelitian

Fokus utama penelitian ini berpusat pada sediaan probiotik *Lactobacillus salivarius* dengan sistem enkapsulasi arabinoxylan.

### Prosedur Penelitian

Tahap awal formulasi dilakukan dengan mencampur *L. salivarius*, maltodekstrin, pati jagung (*corn starch*), serta arabinoxylan. Campuran tersebut kemudian dioven hingga kelembapannya menyusut di bawah angka 12% (Budiarti dkk., 2020). Setelah menjadi serbuk, produk dibungkus berdasarkan desain perlakuan lalu diinkubasi pada suhu ruangan selama 30 hari. Indikator yang dievaluasi mencakup perhitungan total bakteri jahat, yakni *Salmonella sp.* yang dibiakkan pada media *Salmonella Shigella Agar* (SSA), *E. coli* pada media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA), dan *S. aureus* menggunakan *Mannitol Salt Agar* (MSA). Metode penghitungan mengadopsi teknik pengenceran berseri (Ogimoto & Imai, 1981) yang dikombinasikan dengan *Total Plate Count* (Koch, 1881).

### Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Riset kuantitatif eksperimental ini dirancang memakai pola Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pembagian 4 kelompok perlakuan dan 5 kali repetisi. Rincian perlakuannya meliputi P0 (kontrol tanpa pembungkus), P1 (penggunaan alumunium foil), P2 (penggunaan kardus), serta P3 (gabungan alumunium foil dan kardus). Hasil hitung koloni bakteri diubah wujudnya ke dalam nilai logaritma sebelum dievaluasi secara statistik menggunakan Analysis of Variance (ANOVA). Bila terdeteksi efek yang bermakna, pengujian diteruskan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) dengan bantuan software SPSS 16.

### Metode Penelitian

Metode eksperimen kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Jenis kemasan probiotik *Lactobacillus salivarius* terenkapsulasi Arabinoxylan digunakan sebagai objek dalam penelitian ini. menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 4 perlakuan jenis kemasan dan 5 ulangan. Perlakuan tersebut terdiri atas P0 (Tanpa kemasan/kontrol), P1 (Kemasan

alumunium foil), P2 (Kemasan kardus), dan P3 (Kombinasi kemasan kardus + alumunium foil). Data cemaran bakteri ditransformasikan ke dalam logaritma dan dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Jika terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) menggunakan SPSS 16.

### Variabel

Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah total cemaran bakteri *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan jenis kemasan memberikan pengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap cemaran *Escherichia coli*, namun tidak memberikan pengaruh nyata ( $P > 0,05$ ) terhadap populasi *Salmonella sp.* dan *Staphylococcus aureus* (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-rata Cemaran Bakteri Patogen (CFU/g) pada Berbagai Perlakuan

| Perlakuan | <i>E.coli</i>                      | <i>S.aureus</i>                | <i>Salmonella</i>              |
|-----------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| P0        | $8,9 \times 10^2 \pm 885,22^{ab}$  | $3,7 \times 10^3 \pm 7564,97$  | $5,8 \times 10^2 \pm 797,67$   |
| P1        | $9,7 \times 10^2 \pm 732,47^a$     | $6,8 \times 10^2 \pm 927,89$   | $1,5 \times 10^3 \pm 1515,20$  |
| P2        | $5,8 \times 10^3 \pm 9222,27^{bc}$ | $3,4 \times 10^3 \pm 4643,77$  | $5,5 \times 10^3 \pm 10982,67$ |
| P3        | $1,5 \times 10^4 \pm 21736,63^c$   | $2,0 \times 10^4 \pm 44621,18$ | $2,1 \times 10^4 \pm 44250,71$ |

Keterangan: Superskrip huruf yang berbeda pada kolom *E. coli* menunjukkan perbedaan nyata ( $P < 0,05$ ) berdasarkan uji DMRT pada data transformasi Logaritma.

### Pengaruh jenis kemasan *L.salivarius* terenkapsulasi Arabinoxylan terhadap cemaran *E.coli*

Merujuk pada uji lanjutan DMRT, aplikasi alumunium foil (P1) tampil sebagai metode paling optimal guna meredam multiplikasi *E. coli* ( $9,7 \times 10^2$  CFU/g). Nilai ini berbeda secara sangat nyata apabila dikomparasikan dengan penggunaan kardus (P2) serta gabungan keduanya (P3) yang justru membukukan angka kontaminasi maksimal. Tingginya efisiensi alumunium foil

dilatarbelakangi oleh profil penghalang (barrier) yang istimewa. Material pelindung semestinya mampu memblokir intervensi cahaya, pertukaran uap air, dan paparan oksigen dari luar (Miskiyah dan Broto, 2011). Sifat kedap (hermetis) pada alumunium foil secara drastis sukses meminimalkan peluang kontaminasi silang (da Cruz *et al.*, 2007). Kondisi kedap inilah yang menekan pasokan oksigen dan uap air di ruang mikroklimat sediaan, padahal elemen tersebut krusial bagi kehidupan *E. coli* yang berkarakter fakultatif anaerob (Poddar *et al.*, 2022).

Kondisi menarik dijumpai pada kontrol tanpa pembungkus (P0) yang turut menorehkan angka kontaminasi *E. coli* rendah dan sepadan dengan perlakuan P1. Kejadian tersebut diduga merupakan bias dari efek pengeringan alami (desikasi) akibat kontak langsung dengan udara luar. *E. coli* sebagai patogen Gram-negatif ber dinding peptidoglikan tipis memiliki kerentanan ekstrim terhadap dehidrasi atau anjloknya nilai *Activity Water* (Aw) (Poddar *et al.*, 2022). Minimnya air bebas di ruang terbuka memicu kerusakan sel yang berujung pada matinya bakteri tersebut secara natural (Liu *et al.*, 2022). Di lain sisi, lonjakan patogen pada kombinasi kardus dan foil (P3) disebabkan oleh munculnya efek "inkubator". Lapisan terluar kardus yang higroskopis sangat mudah mengikat uap air, sehingga kelembapan terpusat di sekeliling lapisan foil. Jeleknya sirkulasi udara kemasan dalam membuang uap sisa metabolisme ini menciptakan lingkungan mikro yang sangat menyokong perkembangbiakan mikroba perusak (Susanti dkk., 2007).

### Pengaruh jenis kemasan *L.salivarius* terenkapsulasi Arabinoxylan terhadap cemaran *S.aureus*

Ketiadaan perbedaan nyata ( $P > 0,05$ ) pada angka *S. aureus* menyajikan karakteristik yang berlainan dengan *Salmonella sp.* Daya tahan *S. aureus* secara mutlak bertumpu pada profil morfologinya serta ketangguhan alami bakteri tersebut dalam merespons stres lingkungan (Fijałkowski *et al.*, 2014). Berstatus sebagai mikroba Gram-positif, ketebalan peptidoglikan *S. aureus* menjadikannya jauh lebih perkasa menghadapi fluktuasi osmotik maupun cekaman kekeringan bila dihadapkan dengan spesies Gram-negatif macam *E. coli* (Hennekinne *et al.*, 2012).

Ketangguhan struktur sel inilah yang beroperasi sebagai mekanisme pertahanan andalan kala kondisi eksternal memburuk (Sahu, 2025). Kapasitas adaptif ini memfasilitasi *S. aureus* untuk terus sintas meskipun terjadi penurunan tingkat Aw, baik pada produk yang diselimuti alumunium foil, kardus, maupun yang terekspos udara bebas. Oleh karena itu, rekayasa material pengemas tidak menghadirkan tekanan yang memadai untuk merombak fluktuasi populasi *S. aureus* secara tajam dari kacamata statistik.

### **Pengaruh jenis kemasan *L.salivarius* terenkapsulasi Arabinoxylan terhadap cemaran *Salmonella sp.***

Absennya efek yang nyata ( $P>0,05$ ) dari penggunaan pengemas pada populasi *Salmonella sp.* mengisyaratkan bahwa bakteri ini lebih banyak diredam oleh rintangan kimia (faktor internal sediaan) daripada rintangan fisik dari luar. Hal ini terhubung erat dengan eksistensi produk *Lactobacillus salivarius* yang seiring berjalannya waktu simpan akan memicu penyusutan pH, sehingga menjadi pembatas dominan bagi patogen (Rifai, 2026). Mutu hidup *Salmonella sp.* amat mudah dihancurkan oleh lingkungan berderajat keasaman tinggi serta paparan asam organik (Alvarez-Ordóñez *et al.*, 2011).

Akumulasi produk sampingan berupa asam laktat kala masa kultivasi yang tertinggal dalam matriks arabinoxylan sukses membangun suasana asam pada produk akhir (Papadimitriou *et al.*, 2016). Kehadiran bakteri asam laktat telah diakui memiliki daya tekan yang tajam terhadap eksistensi *Salmonella sp.* melalui produksi metabolit antimikroba (Ambodo dkk., 2019). Suasana asam ini alhasil menjadikan ruang produk tidak layak huni bagi patogen (Mashuri dkk., 2019). Mengingat *L. salivarius* telah terbungkus kuat oleh metode enkapsulasi (Budiarti dkk., 2020), serta tekstur akhir produk yang berupa bubuk kering sehingga ikut meredam aktivitas biologis patogen (Torkar dan Gunde-Cimerman, 2018), populasi *Salmonella sp.* berhasil ditekan pada angka yang seragam di seluruh unit percobaan tanpa terpengaruh oleh beda material pelindung luarnya.

### **KESIMPULAN**

Implementasi variasi pengemas memberikan dampak pada fluktuasi jumlah *E.*

*coli*, namun tidak membawa imbas yang berarti terhadap populasi *Salmonella sp.* maupun *S. aureus*. Pemanfaatan kemasan alumunium foil secara tunggal terbukti sebagai taktik pengemasan yang paling superior guna memelihara standar mutu dan keamanan mikrobiologis sediaan probiotik *Lactobacillus salivarius* terenkapsulasi arabinoxylan selama diinkubasi pada suhu ruang.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Alvarez-Ordóñez, A., M. Prieto, A. Bernardo, C. Hill dan M. López. 2011. The acid tolerance response of *Salmonella spp.*: an adaptive strategy to survive in stressful environments prevailing in foods and the host. Food Research International. 44 (4): 915-923.
- Ambodo, T.D., U. Kalsum dan B. Muwahhid. 2019. Studi Potensi Fitobiotik *Vernonia amygdalina* dan Probiotik *Lactobacillus fermentum* Sebagai Penghambat Pertumbuhan Bakteri *Salmonella sp.* Jurnal Rekasatwa Peternakan. 1 (1): 122-129.
- Budiarti, E., U. Ali dan U. Kalsum. 2020. Pengaruh Suhu dan Lama Pengovenan pada Enkapsulasi *Lactobacillus salivarius* Terhadap Kadar Bahan Kering dan Jumlah Bakteri Asam Laktat. Jurnal Dinamika Rekasatwa. 3 (2): 7-12.
- da Cruz, A.G., J.A.F. Faria dan A.G.F. Van Dender. 2007. Packaging system and probiotic dairy foods. Food Research International. 40: 951-956.
- Fijałkowski, K., A. Maciejska dan M. Bąkowska. 2014. Survivability of *Staphylococcus aureus* in dry and wet environments. Journal of Water and Health. 12 (4): 743-750.
- Hennekinne, J.A., M.L. De Buyser dan S. Dragacci. 2012. *Staphylococcus aureus* and its food poisoning toxins: characterization and outbreak investigation. FEMS Microbiology Reviews. 36 (4): 815-836.
- Kementerian Pertanian. 2017. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 14/PERMENTAN/PK.350/5/2017 tentang Klasifikasi Obat Hewan. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Jakarta.

- Koch, R. 1881. Zur Untersuchung von pathogenen Organismen. Mittheilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte. 1: 1-48.
- Liu, C., W.J. Xue, H. Ding, C. An, S.J. Ma dan Y. Liu. 2022. Probiotic Potential of *Lactobacillus* Strains Isolated From Fermented Vegetables in Shaanxi, China. *Front Microbiol.* 1 (12): 774903.
- Mashuri, I., U. Kalsum dan M.F. Wajidi. 2019. Pengaruh Tingkat Penggantian Pakan Komersial Terfermentasi dan Penambahan Acidifier Terhadap Performans Ayam Pedaging Finisher. *Jurnal Rekasatwa Peternakan.* 2 (2): 99-105.
- Miskiyah, N. dan W. Broto. 2011. Pengaruh kemasan terhadap kualitas dadih susu sapi. *Buletin Peternakan.* 35 (2): 96-106.
- Papadimitriou, K., Á. Alegría, P.A. Bron, M. de Angelis, M. Gobbetti dan M. Kleerebezem. 2016. Stress physiology of lactic acid bacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews.* 80 (3): 837-890.
- Poddar, D., S. Das dan R.K. Singh. 2022. Survival of *Escherichia coli* and *Salmonella* in low-moisture foods: A review of influence factors and mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 21 (3): 2612-2638.
- Putri, O.K., N. Suthama dan B. Sukanto. 2021. Intervensi Probiotik *Lactobacillus sp.* dalam Pakan Terhadap Kualitas Daging Ayam Broiler. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia.* 16 (1): 7-14.
- Rao, S. dan G. Muralikrishna. 2016. In Vitro Fermentation of Xylo-oligosaccharides from Rice Bran Arabinoxylan by Probiotic Bacteria. *Journal of Food Science and Technology.* 53 (2): 1145-1153.
- Rifai, F.Y. 2026. Pengaruh waktu simpan terhadap kualitas organoleptik pH & AW probiotik *Lactobacillus salivarius* terenkapsulasi arabinoxylan. Skripsi. Fakultas Peternakan Universitas Islam Malang. Malang.
- Sahu, M. 2025. Antibacterial activity of *Lactobacillus* species against some pathogenic and food spoilage bacteria. *Food Byology Journal.* 14: 1-5.
- Susanti, D., N. Hidayati dan E. Wulandari. 2007. Peranan probiotik dalam minuman susu fermentasi. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan.* 2 (1): 20-28.
- Torkar, K.G. dan N. Gunde-Cimerman. 2018. *Salmonella*: an overview of microbiology and food safety epidemiology. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica.* 65 (1): 1-17.
- Widiastuti, R. 2019. Masalah Residu Antibiotika pada Produk Pangan Asal Hewan di Indonesia. *Wartazoa.* 29 (4): 169-180.