

GAMBARAN PENGGUNAAN ENZIM DI INDUSTRI OBAT HEWAN MELALUI POLA PENERIMAAN SAMPEL ENZIM DI BALAI BESAR PENGUJIAN MUTU SERTIFIKASI OBAT HEWAN

Siti Khomariyah

Unit Uji Farmasetik dan Premiks
Balai Besar Pengujian Mutu dan Sertifikasi Obat Hewan, Gunungsindur- Bogor, 16340

Email: drhsitikhomariyah@gmail.com

ABSTRAK

Enzim merupakan salah satu bahan imbuhan pakan yang digunakan sebagai pengganti *antibiotic growth promoter* (AGP) setelah pelarangan AGP di Indonesia. Tulisan ini bertujuan memberikan gambaran mengenai penggunaan enzim dalam dunia obat hewan berdasarkan data penerimaan sampel enzim di BBPMSOH. Pengumpulan data dilakukan melalui aplikasi SIHAPSOH dengan mengelompokkan sampel yang termasuk dalam kategori enzim, kemudian data divisualisasikan dalam bentuk diagram batang menggunakan Microsoft Excel. Pada periode 2020 hingga September 2025, BBPMSOH menerima 173 sampel enzim, terdiri dari 121 sampel enzim tunggal (69,94 %) dan 52 sampel enzim kombinasi (30,06 %). Dua jenis enzim yang paling banyak diterima BBPMSOH yaitu enzim fitase (27,7%) dan xilanase (27,3%), sedangkan enzim yang jarang diterima yaitu enzim galaktosidase (1,1%) pada tahun 2024 dan enzim muramidase (0,8%) pada tahun 2025. Jenis enzim lain yang juga diterima meliputi α -amilase (6,8%), β -glukanase (11,0%), β -mannanase (5,7%), selullase (6,8%) serta protease (12,9%). Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa BBPMSOH menerima sembilan jenis enzim, baik dalam bentuk tunggal maupun kombinasi. Enzim berperan sebagai bahan imbuhan pakan yang membantu proses pencernaan, terutama hewan monogastrik, melalui peningkatan ketersediaan nutrisi sehingga mendukung peningkatan produktivitas ternak.

Kata Kunci: enzim, AGP, imbuhan pakan, obat hewan, hewan monogastrik

ABSTRACT

Enzymes are feed additives used as substitutes for antibiotic growth promoters (AGPs) following the prohibition of AGPs in Indonesia. This study aims to provide an overview of enzyme use in the veterinary pharmaceutical sector based on enzyme sample submissions received by BBPMSOH. Data were collected through the SIHAPSOH application by categorizing samples classified as enzymes, and the data were visualized in the form of bar charts using Microsoft Excel. From 2020 to September 2025, BBPMSOH received 173 enzyme samples, consisting of 121 single-enzyme samples (69.94%) and 52 multi-enzyme combination samples (30.06%). The two most frequently received enzyme types were phytase (27.7%) and xylanase (27.3%), while enzyme types received less frequently included galactosidase (1.1%) in 2024 and muramidase (0.8%) in 2025. Other enzyme types received by BBPMSOH included α -amylase (6.8%), β -glucanase (11.0%), β -mannanase (5.7%), cellulase (6.8%), and protease (12.9%). Based on these data, BBPMSOH received a total of nine types of enzymes in both single and combination forms. Enzymes function as feed additives that support digestion, particularly in monogastric animals, by improving nutrient availability to enhance livestock productivity.

Keywords: enzymes, AGP, feed additives, veterinary pharmaceuticals, monogastric animals

PENDAHULUAN

Pelarangan penggunaan *antibiotic growth promoters* (AGPs) dalam pakan ternak pada tahun 2018 memberikan dampak yang cukup besar bagi industri peternakan di Indonesia. Pelarangan tersebut diatur dalam Undang-Undang No. 18 tahun 2009 tentang Peternakan dan Kesehatan Hewan sebagaimana telah diubah melalui Undang-Undang No. 41 tahun 2014, khususnya pada pasal 22 ayat 4c yang menyatakan bahwa “setiap orang dilarang menggunakan bahan pakan yang dicampur dengan hormon tertentu atau antibiotik sebagai suplemen”. AGP merupakan antibiotik yang secara rutin digunakan dalam dosis rendah pada pakan ternak untuk meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi konversi pakan. Sebagian besar AGP menargetkan bakteri Gram-positif yang sering dikaitkan dengan status kesehatan yang buruk pada unggas. AGP bekerja menghambat pertumbuhan bakteri dan, apabila digunakan sesuai dosis yang dianjurkan, tidak menyebabkan timbulnya resistensi antimikroba (Patel dan Katole, 2023).

Resistensi antibiotik dapat terjadi akibat penggunaan antibiotik yang tidak tepat atau digunakan dalam jangka waktu yang lama. Dampak penggunaan AGP yang tidak bijak dan bertanggung jawab menjadi salah satu dasar pelarangan penggunaan antibiotik sebagai imbuhan pakan. Dengan adanya pelarangan ini, industri peternakan akan menghadapi tantangan dalam mempertahankan tingkat produktivitas ternak yang sebelumnya dicapai saat penggunaan AGP masih diizinkan. Oleh karena itu, untuk menjaga atau meningkatkan produktivitas ternak, AGP kemudian digantikan dengan berbagai *Natural Growth Promoters* (NGPs) seperti pitobiotik, prebiotik, probiotik, simbiotik, asam organik, mineral tanah liat, enzim eksogen, dan nukleotida yang berfungsi meningkatkan kesehatan saluran pencernaan

dan performa produksi unggas maupun ruminansia (Patel dan Katole, 2023).

Kondisi tersebut mendorong pelaku usaha di bidang obat hewan memasukkan sampel produk pengganti AGP ke Balai Besar Pengujian Mutu Sertifikasi Obat Hewan (BBPMSOH) dalam rangka sertifikasi maupun pelayanan teknis. Salah satu jenis pengganti AGP yang diterima BBPMSOH adalah enzim. Enzim merupakan katalis biologis berupa protein yang mampu mempercepat proses biokimia dalam organisme hidup dengan bekerja secara spesifik mengubah molekul substrat tertentu menjadi molekul produk (Lucio dkk 2021, Robinson, 2015). Penggunaan enzim dalam pakan ternak berfungsi untuk meningkatkan konsistensi dan nilai nutrisi pakan, meningkatkan daya cerna, dan performa ternak, serta menurunkan pengaruh anti-nutrisi. Selain itu, enzim berperan dalam menjaga kesehatan saluran pencernaan (Lucio dkk, 2021).

Enzim dapat berasal dari tumbuhan, hewan, hasil fermentasi bakteri, maupun jamur, dan berperan sebagai bahan imbuhan pakan yang penting dalam industri pakan ternak untuk memaksimalkan konversi pakan. Hewan sebenarnya memiliki enzim pencernaan alami yang dikenal sebagai enzim endogen. Namun, enzim tidak selalu mampu untuk memecah dan menyerap seluruh nutrisi yang terkandung dalam bahan pakan. Oleh karena itu, diperlukan penambahan enzim dari luar tubuh atau enzim eksogen untuk membantu mengatasi keterbatasan tersebut. Enzim eksogen biasanya digunakan pada hewan monogastrik seperti unggas dan babi (Ayalew dkk., 2022).

Blackburn dan Greiner (2015) menyatakan bahwa enzim dapat mengatasi berbagai permasalahan terkait pakan, antara lain menurunkan kandungan antinutrisi, meningkatkan digestibilitas (daya cerna) pakan, mengurangi viskositas saluran

pencernaan, menurunkan biaya bahan baku pakan., serta mengurangi produksi amonia, dan limbah lain yang berpotensi mencemari lingkungan. Beberapa enzim eksogen yang umum digunakan dalam industri pakan ternak antara lain. Pektinase, amilase, sellulase, galaktosidase, β – glukonase, xilanase, fitase, protease, dan lipase. Enzim-enzim tersebut terutama digunakan pada hewan monogastrik seperti babi dan unggas, untuk meningkatkan efisiensi pakan dan performa produksi (Ayalew dkk., 2022).

Tulisan ini bertujuan memberikan gambaran mengenai penggunaan enzim sebagai pengganti AGP dalam industri obat hewan berdasarkan data penerimaan sampel enzim di BBPMSOH. Kajian ini mencakup sampel yang diajukan untuk mendapatkan nomor registrasi dari Kementerian Pertanian (izin edar obat hewan) maupun sampel yang diajukan untuk keperluan pelayanan teknis.

METODE

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data penerimaan sampel yang tercatat di BBPMSOH melalui aplikasi SIHAPSOH selama periode tahun 2020 hingga September 2025. Sampel kemudian dikelompokkan berdasarkan zat aktifnya yang termasuk dalam kategori enzim. Data yang telah diklasifikasikan selanjutnya dianalisis dan disajikan dalam bentuk diagram batang menggunakan Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerimaan sampel produk enzim BBPMSOH menunjukkan peningkatan jumlah dalam beberapa tahun terakhir. Terdapat dua tujuan pengajuan sampel enzim oleh pelanggan ke BBPMSOH, yaitu untuk keperluan registrasi obat hewan rangka memperoleh izin edar serta untuk keperluan pelayanan teknis. Sampel

enzim yang diterima dapat berupa enzim tunggal (mengandung satu jenis enzim) dan maupun enzim kombinasi (mengandung lebih dari satu jenis enzim dalam satu produk). Pada periode tahun 2020 hingga September 2025, BBPMSOH menerima sebanyak 173 sampel enzim, terdiri dari 121 sampel enzim tunggal (69,94 %) dan 52 enzim kombinasi (30,06 %). Distribusi penerimaan sampel enzim tersebut ditampilkan pada Gambar 1.

Dominasi penerimaan sampel enzim tunggal terlihat konsisten dari tahun 2020 hingga September 2025. Secara umum, penggunaan enzim dalam industri pakan dapat dibedakan menjadi enzim tunggal dan enzim kombinasi. Enzim tunggal bekerja secara spesifik terhadap substrat targetnya. Sebagai contoh, xilanase bekerja memecah arabinoksilan, β -glukonase bekerja memecah β -glukan yang banyak ditemukan pada *barley*, gandum dan oat, pektinase membantu memecah pektin yang ada dalam bungkil kedelai, selulase mendegradasi selulosa (Youssef, 2025). Dengan bekerja secara spesifik tersebut, penggunaan enzim tunggal diharapkan mampu substrat secara optimal sehingga nutrisi di dalam pakan dapat terserap dengan lebih baik, sekaligus meminimalisir pengaruh faktor anti nutrisi.

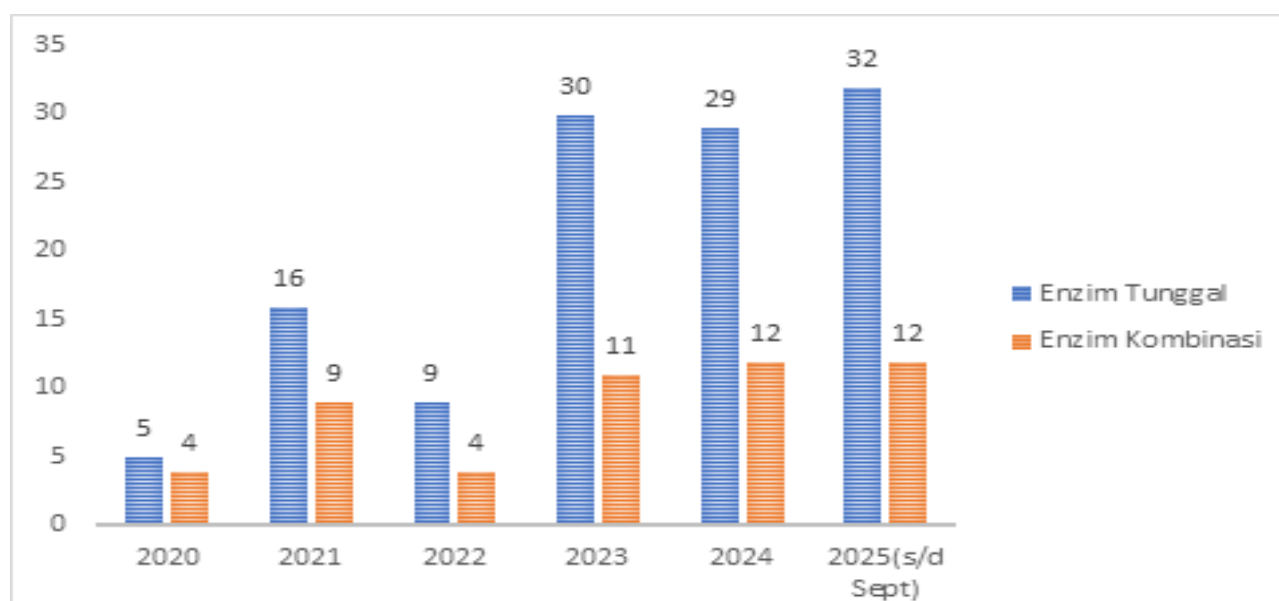
Penggunaan enzim kombinasi dalam industri pakan mulai menunjukkan peningkatan. Praktek penggunaan enzim kombinasi untuk meningkatkan daya cerna berbagai nutrisi dalam pakan melalui penambahan berbagai jenis enzim secara bersamaan (Kwak dkk, 2024). Menurut Berliana dkk. (2022) menyatakan bahwa pemberian enzim dapat dilakukan secara tunggal maupun dikombinasikan dengan enzim lain untuk meningkatkan pencernaan bahan baku pakan yang memiliki kandungan serat tinggi atau tingkat pencernaan yang rendah, seperti bungkil inti sawit. Pemberian enzim kombinasi juga merupakan salah satu upaya efisiensi

biaya dalam proses pembuatan pakan, baik dari sisi biaya maupun teknis produksi. Dengan adanya penggabungan enzim memungkinkan pemecahan berbagai substrat yang berasal dari beragam bahan baku pakan, serta membantu menurunkan faktor anti nutrisi secara lebih luas dan simultan.

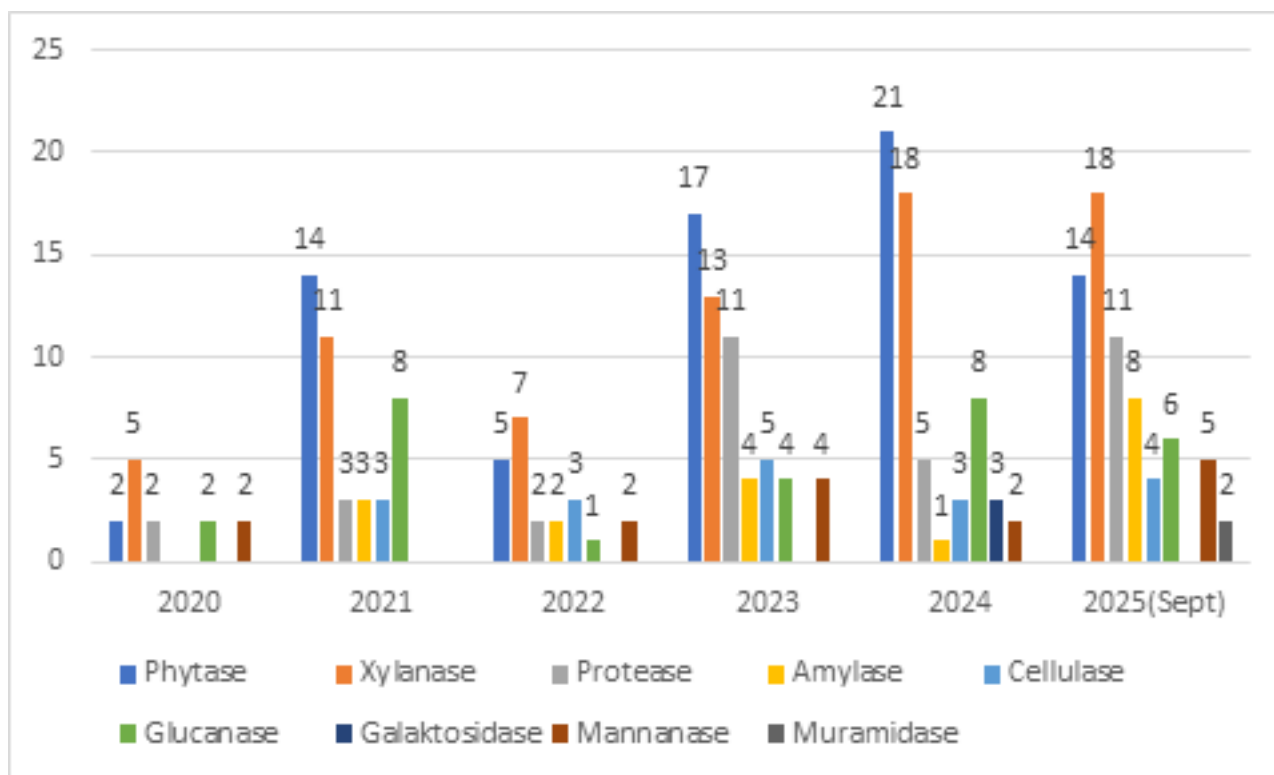
Gambar 2 menyajikan data sebaran jenis enzim yang diterima BBPMSOH periode 2020 hingga September 2025, tanpa membedakan apakah sampel enzim tersebut berupa enzim tunggal maupun enzim kombinasi. Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa enzim fitase dan xilanase merupakan dua jenis enzim yang secara konsisten mendominasi penerimaan sampel enzim setiap tahunnya. Sebaliknya, galaktosidase pada tahun 2024 dan muramidase pada tahun 2025 merupakan jenis enzim yang relatif jarang diajukan. Perkembangan penggunaan enzim juga menunjukkan peningkatan keberagaman seiring waktu. Pada tahun 2020, hanya terdapat lima jenis enzim yang diterima BBPMSOH, namun sampai September 2025 jumlahnya meningkat menjadi sembilan jenis. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan enzim sebagai pengganti

AGP terus berkembang dalam industri pakan ternak. Penggunaan enzim dapat mendukung peningkatan performa ternak melalui peningkatan pemecahan substrat dalam bahan pakan, sehingga nutrisi lebih mudah diserap dan biaya produksi dapat ditekan.

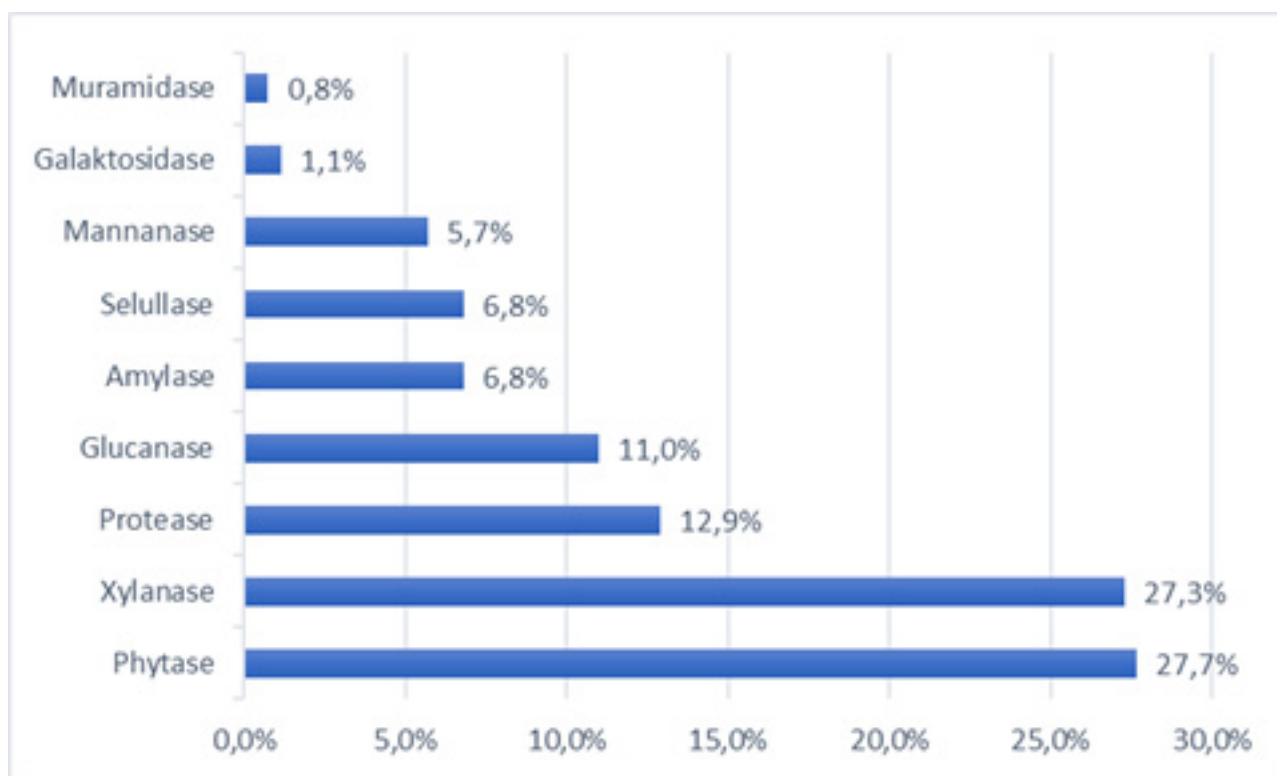
Enzim pakan secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu enzim pemecah polisakarida non-pati (*Non-Starch polysaccharides* / NSP), protease dan fitase. Enzim yang termasuk dalam kelompok NSP yaitu xilanase, α -galaktosidase, α -amilase, β -glukanase, β -mannanase, selulase, hemiselulase, dan pektinase (Ayalew dkk, 2022; Lucio dkk, 2021). Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, jenis enzim yang paling banyak diterima BBPMSOH adalah fitase (27,7%), diikuti dengan xilanase (27,3%). Dominasi penggunaan fitase berkaitan dengan fungsinya dalam memecah fitat, yaitu bentuk fosfor terikat yang banyak terdapat pada bahan baku pakan asal tumbuhan. Dengan aktivitas tersebut, fitase berperan meningkatkan ketersediaan fosfor bagi ternak serta membantu mengurangi penggunaan sumber fosfor anorganik dalam ransum.



Gambar 1. Distribusi Penerimaan Sampel Enzim di BBPMSOH pada periode 2020 – September 2025.



Gambar 2. Sebaran jenis enzim yang diterima BBPMSOH pada periode 2022 hingga September 2025



Gambar 3. Presentase sampel enzim yang diterima BBPMSOH pada periode 2020 hingga September 2025

Bahan baku pakan ternak yang berasal dari tumbuhan umumnya meliputi jagung, gandum, bungkil kedelai, dedak dan bahan jenis lainnya. Sebagai contoh, ransum ayam pedaging umumnya mengandung terdiri atas 15–20% bungkil kedelai dan bekatul. Namun, baik bungkil kedelai dan bekatul memiliki kandungan serat kasar dan anti nutrisi, terutama asam fitat, yang cukup tinggi (Maulana dkk, 2014). Asam fitat bebas akan mengikat asam amino sehingga menurunkan tingkat absorpsinya. Selain itu, asam fitat juga akan mengikat fosfor, sehingga fosfor dimanfaatkan oleh ternak dan diekskresikan melalui feses, yang pada akhirnya berpotensi mencemari tanah dan air. Fosfor sendiri merupakan unsur penting dalam penyusunan asam nukleat, membrane sel, serta berperan dalam pembentukan jaringan. Kekurangan fosfor dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan efisiensi konversi pakan (Lucio dkk, 2021; Rachmawati dkk, 2023).

Dengan adanya penambahan enzim fitase, asam fitat yang terkandung dalam bahan baku pakan dapat dihidrolisis menjadi inositol, glukosa, dan fosfor organik. Pemecahan asam fitat tersebut memungkinkan peningkatan ketersediaan mineral esensial lain seperti kalsium, seng dan besi. Penggunaan fitase juga dapat menurunkan biaya pakan, meningkatkan bobot badan ternak, serta menurunkan fosfor yang diekskresikan melalui feses sehingga dapat meminimalkan risiko pencemaran lingkungan (Yousseff, 2025). Enzim fitase banyak digunakan pada pakan ternak monogastrik, terutama babi dan ayam (Lucio dkk, 2021).

Xilanase merupakan enzim kedua yang paling sering diterima oleh BBPMSOH. Xilanase termasuk dalam kelompok enzim NSP yang berfungsi memecah serat kasar menjadi gula sederhana sebagai sumber energi.

Salah satu NSP yang terdapat dalam gandum arabinoxylan, yang juga dapat bersifat sebagai faktor anti nutrisi karena dapat menghambat penyerapan nutrisi dalam saluran pencernaan. Gandum sering digunakan sebagai bahan baku alternatif pengganti jagung, terutama ketika ketersediaan jagung menurun dan harganya meningkat. Kondisi ini mendorong formulator pakan untuk menggunakan gandum sebagai sumber energi dalam ransum, sehingga penambahan xilanase menjadi penting untuk meningkatkan daya cerna dan pemanfaatan nutrisi dari gandum dalam pakan ternak.

Keberadaan senyawa arabinoxilan dalam gandum dapat menyebabkan peningkatan viskositas cairan di dalam saluran pencernaan. Arabinoxilan merupakan karbohidrat kompleks yang sulit dicerna, sehingga senyawa ini cenderung berikatan dengan air di dalam saluran cerna membentuk larutan yang kental. Peningkatan viskositas tersebut dapat mengganggu proses transport dan absorpsi nutrisi serta mempengaruhi keseimbangan mikroflora dalam saluran pencernaan. Kondisi ini pada akhirnya dapat menurunkan efisiensi pakan dan performa ternak.

Penambahan enzim xilanase pada pakan berbahan dasar gandum dapat memecah arabinoxylan menjadi gula sederhana yang mampu diserap oleh usus. Pemecahan tersebut menurunkan viskositas di dalam saluran pencernaan, meningkatkan penyerapan nutrisi, dan pada akhirnya memperbaiki performa produksi ayam. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Hong dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa penambahan xilanase mampu meningkatkan pertumbuhan, menurunkan viskositas, serta meningkatkan pencernaan protein.

Kelompok enzim NSP lain yang diterima BBPMSOH meliputi α -galaktosidase, α -amilase, β -glukanase, β -mannanase, dan selulase.

Enzim α -galaktosidase memiliki keterkaitan erat dengan pemanfaatan bungkil kedelai (*soybean meal*/SBM), yang merupakan salah satu sumber protein berkualitas tinggi untuk babi dan unggas. Hewan monogastrik tidak memiliki enzim endogen α -1,6 galactosidase, sehingga perlu penambahan enzim secara eksogen untuk memecah molekul sukrosa, *stachyose*, rafinosa yang terdapat pada SBM di usus halus hewan monogastrik. Dengan penambahan enzim tersebut, hewan mampu menyerap lebih banyak nutrisi ke dalam tubuh (Harnkaew dkk, 2018).

Amilase merupakan salah satu enzim yang banyak digunakan dalam industri obat hewan. Enzim ini berfungsi memecah pati menjadi gula sederhana sehingga dapat dicerna dan diserap oleh usus. Amilase terbagi menjadi tiga tipe yaitu α -amilase, β -amilase dan γ -amilase (Youssef, 2025), dengan α -amilase sebagai tipe yang paling sering diajukan ke BBPMSOH. Sementara itu, β -glucanase merupakan enzim yang berfungsi memecah β -glukan menjadi gula sederhana yang dapat diserap oleh usus. β -glukan sendiri merupakan salah satu komponen utama dinding sel sereal, terutama pada barley dan biji-bijian lainnya. Pada hewan monogastrik seperti babi dan unggas, tidak terdapat enzim endogen β -glucanase sehingga β -glukan dalam bahan pakan tersebut tidak dapat terdegradasi secara optimal tanpa penambahan enzim dari luar (eksogen). β -glukan akan berikatan dengan air dalam usus sehingga menyebabkan peningkatan viskositas pencernaan, menutup permukaan usus sehingga penyerapan nutrisi akan terhambat. β -glukan juga bertindak sebagai faktor anti nutrisi pada gandum dan *barley* (Zhang dkk, 2013).

β -mannanase merupakan enzim yang berfungsi memecah β -mannan, yaitu salah satu komponen NSP yang terdapat dalam bungkil

kedelai (SBM). Penambahan β -mannanase memberikan efek yang serupa dengan enzim NSP lainnya, yaitu meningkatkan ketersediaan nutrisi dan efisiensi pencernaan (Nusairat dkk, 2024). Sementara itu, selulase merupakan enzim yang berfungsi memecah selulosa menjadi gula sederhana. Selulosa merupakan polisakarida yang tersusun atas unit gula sederhana yang dihubungkan oleh ikatan 1,4 glikosida. Selulosa banyak ditemukan pada berbagai bahan baku pakan diantara jagung, gandum, dedak padi, dan SBM. Penambahan enzim selulase secara eksogen juga memberikan efek yang sama seperti enzim NSP lainnya, yaitu membantu menurunkan faktor anti nutrisi dan meningkatkan pemanfaatan nutrisi (Suryani dkk, 2023).

Protease merupakan enzim yang berperan dalam memecah protein menjadi peptida berukuran lebih kecil dan asam amino, sehingga protein dalam bahan pakan dapat dicerna dan diserap dengan lebih baik oleh usus. Dilihat dari segi biaya, enzim protease mampu menurunkan penggunaan sumber protein yang berkualitas tinggi seperti SBM atau tepung ikan dan mengganti sumber protein yang berasal dari tanaman seperti gandum, jagung dan bungkil kedelai. Kendala yang muncul dengan penggantian sumber protein dari tanaman ini adalah tidak mampunya unggas mencerna secara sempurna sehingga perlu penambahan enzim protease yang mampu memecah protein yang berasal dari tanaman (Youssef, 2025).

Muramidase merupakan salah satu enzim yang mulai diterima BBPMSOH pada tahun 2025. Muramidase atau *N-acetyl muramidase* atau yang lebih dikenal sebagai lisozim, bekerja secara spesifik memecah peptidoglikan pada dinding sel bakteri. Enzim ini memutus ikatan β -1,4-glikosidik antara asam N-asetilmuramat dan N-asetil glukosamin pada struktur peptidoglikan yang ada pada dinding

sel bakteri. Penambahan muramidase dalam pakan dilaporkan memberikan efek positif, antara lain dmeningkatkan pertumbuhan, memperbaiki konversi pakan, meningkatkan bobot daging dada, serta dan meningkatkan pencernaan nutrisi (Walk dkk, 2023).

KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan bahwa penggunaan enzim sebagai pengganti antibiotic growth promoter (AGP) dalam industri obat hewan dapat tergambarkan melalui pola penerimaan sampel di BBPMSOH selama periode tahun 2020 hingga September 2025. Tercatat sebanyak sembilan jenis enzim dalam bentuk enzim tunggal maupun kombinasi. Enzim-enzim tersebut berfungsi sebagai bahan imbuhan pakan yang memiliki peran dalam meningkatkan daya cerna, pemanfaatan nutrisi, serta menjaga kesehatan saluran pencernaan pada hewan, khususnya hewan monogastrik, sehingga mendukung peningkatan performa dan produktivitas ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayalew, H. Zhang, H., Wang, J., Wu, S., Qiu, K., Qi, K., Tekeste, A., Wassie, T., dan Chanie, D. 2022. Potential Feed Additives as Antibiotic Alternatives in Broiler Production. *Front. Vet. Sci* Volume 9
- Berliana, Azis, A., Sestilawarti, Yusrizal dan Noferdiman. 2022. Penambahan multienzim dalam ransum yang mengandung bungkil inti sawit terhadap performa pertumbuhan dan morfometrik usus halus broiler. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan* Vol. 25 No 1 Mei 2022 :1-12.
- Blackburn, D.M., dan Greiner, R. 2015. *Enzymes Used in Animal Feed: Leading Technologies and Forthcoming Developments, Fungtional Polymers in Food Science*. Scrivener Publishing.
- Harnkaew, C., Bunchasak, C., Rakangthong, C., Sukontasing, S. dan Poeikhampha, T. 2018. Effect of α -galactosidase Supplementation in Diet on Egg Production, Egg Quality and Dietary Digestibility of Laying Hens. *Int. J. Poult. Sci.*, 17 (5): 243-248, 2018.
- Hong, J.S. Yu, M., Nawarathne, S.R., Oketch, E.O, Yun, H., Jayasena, D.D., dan Heo, J.M. 2025. Efficacy and Matrix Value of Xylanase in Broiler Fed an Energy – Deficient Corn – Wheat – Soybean Diet. *J Anim Sci Technol* 67 (3): 592 – 606.
- Kwak, M.J., Jin Ha, D., Park, M.Y., Eor, J.Y., Whang, K-Y., dan Kim, Y. 2023 Comparison Study between single enzyme and multienzyme complex in distiller's dred grains with soluble supplemented diet in broiler chicken. *J. Anim Sci Technol* 2024:66(2):398-411.
- Lucio, B.S.V., Dominguez, E.M.H., Diaz-Godinez, M.V.G., Gonzalez, V.M., Mendoza, B.M. dan Cervantez, J.A. 2021. Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Animal Feed: A Review. *Catalysts* 2021, 11, 851.
- Maulana, D., Atmonarsono, U., dan Suprijatna, E. 2014. Pengaruh penambahan Enzim Fitase dalam Ransum terhadap Produksi Karkas Ayam Broiler. *Animal Agriculture Journal* 3(4): 511 – 516.
- Nusairat, B., Odetallah, N., Tsai, C.Y., dan Wang, J.J. 2024. Effect of dietary β -mannanase supplementation on broiler performance. *Poultry Science* Volume 103, Issue 3.
- Patel, K.P. dan Katole, S.B. 2023. Antibiotic Growth Promoters and their Alternatives. *Indian Farmer*, Volume 10, Issue 03, 2023, 60 – 66.
- Rachmawati, D., Riyadi, P.H., Samidjan, I., Elfitasari, T., Chilamawati, D., Windarto, S., Amalia, R., Nurhayati, D., Yuniarti, T. dan Yunanto. 2023. Phytase Enzyme Ameliorates Growth Performance, Mineral Digestibility, Amino Acid Digestibility and Body Chemical Composition of the Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) at Rearing Stage. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries* Vol. 27(4): 1–14.
- Robinson, P.K. 2015. Enzymes: principles and biotechnological applications. *Essays Bioche.* 2015 Oct 26;59:1–41.

- Suryani, A.E., Anggraeni, A.S., Istiqomah, L., Sofyan, A. dan Sakti, A.A. 2023. Dietary Supplementation of Cellulase-Producing Probiotic on Nutrients Digestibility of Broiler Chicken. *Proceedings of the 4th International Conference of Animal Science and Technology (ICAST 2021)*.
- Walk, C.L., Alleno, C., Bouvet, R., Thoby, J.M., Eising, J, dan Segobola, P.2023. Dietary muramidase improved growth performance, feed efficiency, breast meat yield, and welfare of turkeys from hatch to market. *Poultry Science* Volume 102, Issue 7, July 2023, 102716.
- Youseff, I. M.I. 2025. Use of Enzymes in Poultry Diets to Improve the Productive Performance and Reduce the Diet Cost. *Journal Veterinary Medical Research* 10.21608/jvmr.2025.381481.1129.
- Zang, Y., Xu, X., Zhou, X., Chen, R., Yang, P., Meng, Q., Meng, K., Luo, H., Yuan, J., Yao, B., dan Zhang, W. 2013. Overexpression of an Acidic Endo- β -1,3-1,4-glucanase in Transgenic Maize Seed for Direct Utilization in Animal Feed. *Journal Pone* 0081993.