

Pengaruh Substitusi Pakan Komersial dengan Pakan Hasil Samping Agroindustri pada Babi Fase Grower

Effect of Agroindustrial By-Product as Commercial Feed Substitution on Grower Phase Pigs

A M Pongtuluran¹, I K G Wiryawan^{1*}, Salundik², W Negara³

Corresponding email:

kgwiryawan@apps.ipb.ac.id,

¹) Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB University, Jl. Agatis Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

²) Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB University, Jl. Agatis Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

³) Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta - Bogor

ABSTRACT

This research was conducted to determine the impact of substituting commercial feed with agroindustrial by-product feed on the growth performance of pigs in the grower phase and the benefits obtained by farmers. A total of 20 pigs aged 18 weeks were tested in a randomized block design with four treatments and five replications. The feed treatments were P0= commercial feed (CP 552), P1= 50% CP552 and 50% agroindustry feed, P2= 100% agroindustry feed, and P3= P2 feed with the addition of phytase and mannase enzymes. The results showed that feed consumption, body weight gain, and feed conversion were not significantly different among the treatments. The digestibility of the P0 was significantly higher than that of P1, P2, and P3 ($p<0.05$). The digestibility of the P3 was not significantly different from that of the P1; however, it was significantly higher than P2 ($p<0.05$). The IOFC of P2 was higher than P0 and P1, while P3 resulted in the highest IOFC among treatments. It can be concluded that utilizing feed containing agro-industrial by-products could substitute 100% of commercial feed in growing pigs and provides 60% higher income than commercial feed. Moreover, additional phytase and mannase enzymes on agroindustrial by-products feed might provide 89% higher income than commercial feed.

Key words: agroindustry, by-products, commercial feed, pigs, substitution

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dampak penggantian pakan komersial dengan pakan hasil samping agroindustri pada performa pertumbuhan babi fase grower serta keuntungan yang didapatkan peternak. Sebanyak 20 ekor babi berumur 18 minggu yang diuji dalam rancangan acak kelompok yang diberi 4 perlakuan dengan 5 ulangan. Perlakuan pakan yang diberikan adalah P0= pakan komersial (CP 552), P1= 50 % CP 552 dan 50 % pakan agroindustri; P2 adalah 100 % pakan agroindustri dan P3= pakan P2 yang ditambahkan enzim fitase dan mannase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi pakan, pertambahan bobot badan, konversi pakan tidak berbeda nyata dari setiap perlakuan. Kecernaan perlakuan P0 nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan P1, P2 dan P3 ($p<0,05$). Kecernaan perlakuan P3 tidak berbeda nyata dibandingkan perlakuan P1, namun nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 ($p<0,05$). Penggunaan pakan P2 menghasilkan IOFC lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan pakan P0 maupun pakan P1, namun penggunaan pakan P3 memberikan IOFC yang tertinggi dari semua perlakuan. Dapat disimpulkan bahwa pakan dari hasil samping agroindustri dapat menggantikan pakan komersial tanpa menurunkan performa babi fase grower, dan mampu memberikan pendapatan 60 % lebih tinggi dibandingkan penggunaan pakan komersial. Pakan dari hasil samping agroindustri yang diberi tambahan enzim fitase dan mannase mampu memberikan pendapatan sebesar 89 % lebih tinggi dibandingkan penggunaan pakan komersial.

Kata kunci: agroindustri, babi, hasil samping, pakan komersial, substitusi



Copyright © 2024 by JINTP

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

PENDAHULUAN

Peternakan babi memiliki potensi besar menjadi salah satu usaha yang mampu menggerakkan perekonomian lokal beberapa daerah di Indonesia Timur seperti Toraja, Bali, NTT, Papua, dan Sulawesi Utara. Usaha peternakan babi dapat menjadi sumber penghasilan tambahan maupun sumber penghasilan utama bagi peternak (Iyai et al. 2021). Sumber penghasilan dari usaha ternak babi diperoleh jual beli produksi babi dan olahannya, pembibitan, pakan dan aditif serta perlengkapannya, serta usaha kuliner. Pada umumnya 80 % usaha ternak babi di Toraja dilakukan oleh peternak kecil skala rumah tangga yang hanya mampu memelihara sampai 10 ekor ternak (Keraru 2021). Walaupun demikian, penghasilan yang diperoleh dari produksi babi dapat meningkatkan taraf hidup rumah tangga serta mendukung ketahanan ekonomi keluarga, mengurangi kemiskinan dan pengangguran (Ho et al. 2022). Keuntungan peternakan babi melalui skala rumah tangga karena biayanya rendah dengan resiko kecil dapat memberikan penghasilan yang berkelanjutan sehingga dapat menjadi sumber pendapatan utama keluarga (Quang & Tuong 2018). Untuk itu usaha peternakan babi skala rumah tangga perlu diintensifkan di wilayah yang kondusif di Indonesia seperti di Toraja Sulawesi Selatan. Pengembangan usaha ternak babi di Toraja sangat tepat karena daerah ini memiliki sumber daya alam, sumber daya manusia, iklim, kondisi sosial dan budaya yang kondusif untuk pengembangan usaha peternakan babi (Matialo et al. 2020).

Namun, peternak babi skala kecil rumah tangga menghadapi berbagai kendala seperti tidak tersedianya pakan yang berkualitas, yang murah serta terjangkau oleh peternak. Adapun pakan komersial yang tersedia dipasaran, harganya mahal dan tidak terjangkau oleh peternak skala rumah tangga. Akhirnya peternak skala rumah tangga memberikan ternaknya dengan makanan sisa dapur, yang dicampur dengan hasil samping pertanian tanpa memperhitungkan kandungan nutriennya (Tala & Irfan 2020; Ullo et al. 2020). Akibatnya pertumbuhan ternak babi lambat dan hasilnya tidak maksimal sehingga tidak dapat diandalkan menjadi sumber penghasilan utama apalagi untuk menjadi penggerak perekonomian rumah tangga. Itulah sebabnya sebagian besar peternak skala rumah tangga di Toraja menjadikan usaha ini hanya pekerjaan sampingan.

Babi termasuk ternak monogastrik yang memiliki kemampuan efisien dalam memanfaatkan pakan untuk pertumbuhan dan produksi, pemberian pakan tepat mampu meningkatkan efisiensi pakan, memberi penghasilan yang berkelanjutan serta mengurangi dampak (Pomar & Remus 2019). Ternak babi dapat mengkonsumsi berbagai jenis makanan termasuk produk samping pertanian maupun produk samping agroindustri (Riwukore et al. 2019). Pemanfaatan hasil samping agroindustri pertanian, perkebunan dan perikanan sebagai pakan babi dapat menjadi solusi atas kendala yang dihadapi oleh peternak skala rumah tangga

di Toraja. Hasil samping agroindustri memiliki kandungan nutrisi yang sesuai kebutuhan ternak, harganya murah, tersedia cukup banyak serta penggunaannya tidak bersaing dengan kebutuhan manusia, sehingga sangat tepat diformulasikan menjadi pakan babi (Yang et al. 2021).

Bahan pakan dari hasil samping agroindustri seperti dedak gandum, dedak padi serta bungkil inti sawit dapat menjadi sumber protein dan energi yang baik untuk memenuhi kebutuhan nutrisi pada ternak babi. Dedak padi memiliki kandungan nutrisi yang tepat untuk pakan babi (Parameters 2020), sedangkan dedak gandum merupakan hasil sampingan penggilingan gandum kaya serat, vitamin, mineral, dan protein sumber energi (Wang et al. 2020). Produk samping ikan berupa jeroan, perut, kepala, tulang, sirip dan kulit serta ikan kecil sortiran, kaya akan sumber protein dan vitamin serta mineral. Untuk itu produk samping ikan ini sangat dibutuhkan dalam formulasi pembuatan pakan babi (Afreen & Ucak 2020). Penggunaan bahan pakan hasil samping agroindustri ini tidak bersaing dengan kebutuhan manusia sehingga tidak menjadi tantangan dalam menjaga ketahanan pangan nasional (Sureshkumar et al. 2023a). Bahan pakan ini harganya murah sehingga akan memberikan pendapatan yang lebih besar kepada peternak.

Namun beberapa penelitian mengungkapkan pakan dari sampingan agroindustri kualitasnya rendah, dan beberapa diantaranya mengandung faktor anti nutrisi yang mempengaruhi palatabilitas pakan, daya cerna, dan gangguan pencernaan (Vastolo et al. 2022). Kandungan serat tinggi menimbulkan rasa kenyang sehingga babi tidak berusaha untuk menambah asupan pakan akibatnya konsumsi pakan berkurang (Shurson et al. 2021). Hasil penelitian Yang et al. (2021) bahwa pemakaian hasil samping agroindustri dibatasi dengan tingginya serat yang dapat mempengaruhi performa ternak babi. Hal yang sama disampaikan oleh (Malenica et al. 2023), bahwa penggunaan hasil agroindustri sebagai pakan ternak sangat perlu mempertimbangkan dugaan pencernaan yang rendah, mengandung kontaminasi bakteri yang mempengaruhi kesehatan. Walaupun penggunaan hasil samping agroindustri dapat menghemat biaya pakan, akan tetapi penting untuk mempertimbangkan kualitas pakan dan nilai nutrisi mempengaruhi produksi babi (Kassymbek et al. 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji secara langsung penggunaan pakan dari hasil samping industri pada ternak babi fase grower. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat konsumsi, performa ternak babi, pencernaan serta keuntungan yang dapat diperoleh peternak dengan menggunakan pakan hasil samping agroindustri dengan membandingkan pada penggunaan pakan komersial. Hasil pengujian akan dapat digunakan oleh peternak untuk memiliki pilihan, pakan yang akan digunakan dalam usaha peternakan yang dapat memberikan keuntungan maksimal. Hasil pengujian ini

juga dapat digunakan oleh industri pakan untuk memiliki alternatif bahan pakan yang akan digunakan agar dapat memproduksi pakan yang murah dan tetapi berkualitas serta harganya terjangkau peternak babi.

METODE

Waktu dan Lokasi (*tentative*)

Penelitian ini dilakukan dari bulan September sampai oktober 2023 di Toraja Utara, Sulawesi Selatan. Pengujian pakan dilakukan di Laboratorium Nutrisi dan Teknologi Pakan BRIN, Kawasan Sains dan Teknologi BJ. Habibie Tangerang Serpong, Dilaboratorium Analisis Bahan Hayati, Pusat Bioteknologi IPB Bogor dan di Laboratorium Kimia Pakan Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin Makassar.

Ternak Percobaan

Ternak penelitian adalah babi fase grower sebanyak 20 ekor babi lokal persilangan yang ditempatkan dalam kandang individu. Umur ternak 18 minggu dengan berat badan rata-rata 39,10 kg. Ternak ditempatkan dalam kandang tunggal yang dilengkapi dengan tempat makan dan tempat air minum yang tersedia ad libitum.

Pakan Percobaan

Pakan yang diuji dalam penelitian ini terdiri dari 4 pakan perlakuan yaitu P0= pakan komersial (CP 552), P1= 50 % CP 552 dan 50 % pakan agroindustri; P2 adalah 100 % pakan agroindustri dan P3= pakan P2 yang tambahkan enzim fitase dan mannase. Pakan agroindustri diformulasikan berdasarkan SNI 01-3930-2006. Bahan pakan dari hasil samping agroindustri dan komposisinya dalam pakan seperti pada Tabel 1. Adapun kandungan nutrisi pakan perlakuan pada babi fase grower seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Rancangan Penelitian

Rancangan yang dilakukan pada penelitian ini adalah rancangan acak kelompok (RAK), berdasarkan bobot badan ternak yang diberi 4 pakan perlakuan dengan 5 ulangan. Ternak ditempatkan dalam kandang individu yang dilengkapi tempat makan dan tempat air minum.

Tabel 1 Bahan pakan dari hasil samping agroindustri dan komposisinya dalam pakan ternak babi fase grower

No.	Jenis hasil samping/limbah	Komposisi ternak babi fase grower ¹ (%)
1.	Dedak jagung	46
2.	Dedak padi	12
3.	Dedak gandum	17
4.	Bungkil inti sawit	12
5.	Tepung ikan	12
6.	Vitamin, mineral, dan enzim	1

¹Formulasi disusun berdasarkan standar pakan babi fase grower SNI 01-3930-2006

Tabel 2 Kandungan nutrisi pakan perlakuan fase grower

Kandungan nutrisi ¹	Perlakuan			
	P0	P1	P2	P3
BK (%)	87,8	87,8	85	85
PK (%)	19,48	19,36	19,24	19,24
LK (%)	4,82	6,21	7,6	7,6
SK (%)	6,10	6,63	7,16	7,16
Ca (%)	0,9-1,2	1,03	1,07	1,07
P (%)	0,6-1,0	1,05	1,11	1,11
Lisin (%)	1,05	1,28	1,51	1,51
Metionin (%)	0,35	0,34	0,34	0,34
Sistein (%)	0,25	0,24	0,23	0,23
Met+sistein (%)	0,60	0,58	0,57	0,57
Fitase+mannase (g ton ⁻¹)	0	0	0	120
EM (kkal kg ⁻¹)	3712	3563	3414	3414
Harga (Rp)	12.000*	9.116	6.232	6.300

¹Kandungan nutrisi berdasarkan hasil perhitungan kecuali untuk pakan komersial; BK = bahan kering; PK= protein kasar; LK= Serat kasar; EM= Energi Metabolisme; Ca = kalsium; P = fosfor. Man. = Mannase; ²P0= pakan komersial CP 552; ³P0= pakan komersial CP 552.

*Harga eceran di Kabupaten Toraja Utara.

Pemberian pakan diberikan pada pagi hari pukul 07.00 dan sore hari pukul 16.00 sedang air minum disediakan *ad libitum*.

Pengukuran Peubah

Peubah yang diamati terdiri dari jumlah konsumsi bahan kering (BK) pakan, pertambahan bobot badan harian dan (PBBH) dan pertambahan bobot total (PBBT), konversi pakan atau *feed conversion ratio* (FCR) serta pencernaan pakan. Disamping itu juga dihitung biaya pakan, harga jual atas kenaikan bobot badan ternak, serta pendapatan yang diperoleh peternak dalam bentuk *income over feed cost* (IOFC).

Rumus IOFC = (PBB x harga jual) - (konsumsi pakan x biaya pakan)

Pengamatan konsumsi pakan dilakukan dengan menimbang jumlah yang diberikan pada pagi dan sore dikurangi sisa pakan yang tidak dimakan ternak. Untuk pengamatan kenaikan bobot badan dilakukan dengan menimbang setiap dua minggu. Untuk pengamatan pencernaan dilakukan dengan melakukan koleksi total feses yang dilakukan selama 7 hari pada akhir pengujian ini. rumus pencernaan nutrisi = $\frac{\text{konsumsi nutrisi (g)} - \text{nutrisi feses}}{\text{konsumsi nutrisi}} \times 100 \%$

Rumus pencernaan nutrisi

$$= \frac{\text{konsumsi nutrisi (g)} - \text{nutrisi feses}}{\text{konsumsi nutrisi}} \times 100 \%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsumsi Pakan

Hasil yang diperoleh dari perlakuan pada ternak babi fase grower terhadap konsumsi bahan kering pakan total, (BK total), konsumsi bahan kering pakan harian (BK harian), Konsumsi bahan Organik total (BO total),

Tabel 3 Konsumsi BK total, BK harian, Konsumsi BO dan PK total

Pakan	Konsumsi BK total (kg ekor ⁻¹)	Konsumsi BK harian (kg ekor ⁻¹)	Konsumsi BO total (kg ekor ⁻¹)	Konsumsi PK total (kg ekor ⁻¹)
P0	70,07±14,98	1,84±0,39	61,38 ±13,12	16,61±3,55
P1	82,49±5,40	2,17±0,14	71,48±4,68	19,11±1,25
P2	72,24±4,05	1,90±0,11	63,24±3,54	17,01±0,95
P3	84,53±15,81	2,22±0,42	68,96±12,90	19,52±3,65

P0= pakan komersial (CP 552), P1= 50 % CP 552 dan 50 % pakan agroindustri; P2 adalah 100 % pakan agroindustri dan P3= pakan P2 yang tambahkan enzim fitase dan mannase

konsumsi PK total di sajikan pada Tabel 3. Pemberian pakan hasil samping agroindustri tidak berbeda nyata konsumsi protein kasar total (PK total) seperti disajikan pada Tabel 3.

Pengaruh perlakuan terhadap konsumsi BK total, konsumsi BK harian, dan konsumsi BO total serta dengan konsumsi pakan komersial. Konsumsi pakan yang tidak beda signifikan ini memperlihatkan pakan yang mengandung hasil samping agroindustri memiliki palabilitas yang baik dan setara dengan pakan komersial. Palabilitas pakan sangat dipengaruhi aroma, rasa, dan tekstur serta kualitas pakan yang mengundang selera babi untuk mengkonsumsinya (Henry *et al.* 2020). Pakan hasil samping agroindustri dalam penelitian ini adalah kombinasi dari dedak jagung, dedak padi, dedak gandum dan bungkil inti sawit serta tepung ikan. Kandungan bungkil inti sawit dan tepung ikan dapat menimbulkan variasi rasa, tekstur dan warna dalam pakan sehingga menarik selera ternak babi untuk meningkatkan konsumsi pakan (Huenul *et al.* 2023). Hal yang sama disampaikan Vangroenweghe & Thas (2022), bahwa bungkil inti sawit yang ditambahkan dalam pakan hasil agroindustri turut menyumbangkan kenaikan konsumsi pakan karena aroma dan rasa yang dimilikinya. Selain itu, kandungan nutrisi semua pakan perlakuan tidak relatif berbeda, kecuali kandungan serat kasar yang lebih tinggi pada pakan agroindustri. Dengan demikian pakan dari hasil samping agroindustri dapat meningkatkan asupan bahan kering, energi dan pencernaan total pada pakan setara dengan pakan komersial (Yang *et al.* 2021).

Penambahan enzim fitase dan mannase dalam pakan P3 cenderung dapat memperbaiki konsumsi BK harian pada ternak babi fase grower. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata konsumsi yang meningkat dari 1,9 kg ekor⁻¹ hari⁻¹ pada perlakuan P2 menjadi 2,22 kg ekor⁻¹ hari⁻¹ pada perlakuan P3 dengan kenaikan sebesar 32 g hari⁻¹ atau 17%. Nilai rata-rata konsumsi yang meningkat sebesar 32 g ini, lebih baik dibandingkan dengan penelitian yang dilaporkan oleh Guachamín *et al.* (2024) yang hanya mampu menambah konsumsi BK pakan sebesar 28,61 g hari⁻¹ ekor⁻¹. Hasil ini menunjukkan kecenderungan penambahan enzim fitase dan mannase dalam memperbaiki konsumsi, walaupun tidak berbeda nyata.

Menurut Kim *et al.* (2021) penambahan enzim fitase dan mannase dalam pakan hasil samping agroindustri dapat memperbaiki efisiensi pakan, meningkatkan

kecernaan dan konsumsi pakan. Menurut Vangroenweghe *et al.* (2021), kelompok babi yang diberi enzim ada kecenderungan meningkatkan konsumsi pakannya meskipun tidak berbeda signifikan. Adanya enzim mannase dalam pakan akan memecah komponen manan menjadi bentuk gula sederhana dengan viskositas rendah sehingga mudah diserap dalam sistem pencernaan. Akibatnya aliran pakan di dalam saluran pencernaan menjadi lebih cepat dan meningkatkan nafsu makan (Torres-Pitarch *et al.* 2017). Selain itu, penambahan fitase dalam pakan yang kaya fitat seperti pada hasil samping agroindustri umumnya akan meningkatkan efisiensi pencernaan dalam penyediaan fosfor untuk pembentukan tulang, dan metabolisme energi yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi ternak babi (Liu *et al.* 2023). Disamping itu penambahan enzim fitase akan meningkatkan kecernaan energi, asam amino dan mineral yang dibutuhkan ternak yang diikat oleh fitat (Sureshkumar *et al.* 2023a).

Peningkatan Bobot Badan

Peningkatan bobot badan harian (PBBH) tertinggi diperoleh pada perlakuan P0 memberikan PBBH sebesar 0,68 kg ekor⁻¹ dan pertambahan bobot badan total (PBBT) sebesar 25,85 kg ekor⁻¹ (Tabel 4). Perlakuan P1 menghasilkan performa yang hampir setara dengan P0, dengan PBBH 0,63 dan PBBT 24,10 kg ekor⁻¹, sedangkan PBBH perlakuan P3 sebesar 0,66 kg ekor⁻¹ dan PBBT 24,89 kg ekor⁻¹ mendekati nilai P0. Selanjutnya, P2 memberikan PBBH terendah sebesar 0,55 kg hari⁻¹ dengan PBBT 21,07 kg.

Tabel 4 PBBH, PBBT dan konversi pakan ternak babi fase grower

Pakan	PBBH (kg ekor ⁻¹)	PBBT (kg ekor ⁻¹)	FCR
P0	0,68 ±0,11	25,85±4,03	2,57±0,28
P1	0,63±0,08	24,10±2,95	3,24±0,49
P2	0,55±0,08	21,07±3,08	3,29±0,48
P3	0,66±0,14	24,89±5,27	3,44±0,46

P0= pakan komersial (CP 552), P1= 50 % CP 552 dan 50 % pakan agroindustri; P2 adalah 100 % pakan agroindustri dan P3= pakan P2 yang tambahkan enzim fitase dan mannase

Pertambahan bobot badan harian (PBBH) dan PBBT tidak berbeda nyata dari semua perlakuan pada fase grower. Perbedaan PBBH yang tidak signifikan dari

setiap pakan perlakuan diduga karena konsumsi BK total, konsumsi BO Total, dan konsumsi PK Total dari setiap pakan perlakuan tidak berbeda signifikan (Tabel 3). Menurut (Rocha *et al.* 2022), tinggi rendahnya konsumsi protein akan mempengaruhi PBBH atau PBBH total. Hal yang sama dilaporkan oleh Limbach *et al.* (2021) bahwa peningkatan atau pengurangan konsumsi protein kasar akan sangat berpengaruh pada pertambahan bobot badan harian maupun bobot badan total. Lebih lanjut, kandungan nutrisi dalam pakan berfungsi dalam membangun jaringan tubuh dan massa otot dalam tubuh ternak yang diinterpretasikan sebagai peningkatan bobot badan ternak (Wang *et al.* 2019).

Kandungan serat kasar yang lebih tinggi pada pakan agroindustri tidak memberikan pengaruh negatif pada babi fase grower. Menurut Malenica *et al.* (2023), bahan pakan dari hasil samping agroindustri diantaranya bungkil inti sawit dan dedak padi dan dedak gandum memiliki kandungan serat kasar yang tinggi sehingga kandungan serat dalam pakan menjadi cukup tinggi. Kandungan serat kasar dapat mengurangi pencernaan energi dan protein pada babi karena tidak memiliki cukup enzim untuk mendegradasinya, akibatnya pertambahan bobot badan lebih rendah (Vastolo *et al.* 2022). Walaupun dalam penelitian ini kandungan serat pakan perlakuan P2 sebesar 7,16 % lebih tinggi dibandingkan pakan komersial P0 sebesar 6,10%, namun tidak membawa pengaruh yang signifikan pada performa ternak babi pada fase grower.

Pertambahan bobot badan harian yang lebih tinggi pada perlakuan P3 diduga oleh pengaruh penambahan enzim fitase dan mannase yang memberikan pengaruh penambahan kenaikan bobot badan harian (Rao *et al.* 2023). Penambahan enzim fitase pada pakan hasil samping agroindustri akan meningkatkan ketersediaan fosfor untuk mensintesis protein yang dibutuhkan untuk pertumbuhan jaringan dan massa otot serta organ (Valente *et al.* 2024). Kombinasi fitase dan mannase dalam pakan babi menghasilkan efek yang sinergis. Fitase akan meningkatkan ketersediaan fosfor dan nutrisi lainnya, sementara mannase meningkatkan daya cerna energi dan nutrisi untuk kinerja pertumbuhan yang lebih baik. Kombinasi enzim ini mampu meningkatkan kenaikan bobot badan dan rasio konversi pakan (Genova *et al.* 2023). Hal yang sama dilaporkan (Zijlstra & Beltranena 2022), bahwa penambahan multi enzim dapat meningkatkan pertumbuhan babi serta efisiensi pakan tanpa menyebabkan perubahan yang signifikan pada mikrobioma usus babi. Walaupun ada penambahan PBBH pada pakan perlakuan P3 namun penambahan mannase sebanyak 120 g 1000 kg⁻¹ belum memberikan efek beda signifikan PBBH pada pakan perlakuan. Hal ini mendukung penelitian yang dilakukan oleh Vangroenweghe *et al.* (2021) bahwa babi yang diberi enzim dapat memberi penambahan bobot badan

namun tidak signifikan kenaikan bahkan tetap lebih rendah dari pada babi yang diberi pakan kontrol.

Feed Conversion Ratio (FCR)

Feed Conversion Ratio dari setiap pakan perlakuan (Tabel 4) terjadi variasi nilai FCR dari pakan perlakuan. Nilai terbaik diperoleh pada babi yang diberi pakan P0 (2,7). Berdasarkan nilai FCR yang diperoleh dari penelitian ini maka pakan P1, P2 dan P3 yang merupakan pakan berbasis hasil samping agroindustri ini masih dikategorikan pakan dengan kualitas baik pada nilai FCR diantara 2,5 – 3,5 (Jehemat 2019). Feed Conversion Ratio pakan hasil samping agroindustri tidak berbeda nyata dengan pakan komersial. Dengan demikian pakan hasil samping agroindustri memiliki nutrisi yang berkualitas yang dapat meningkatkan efisiensi pakan yang tidak berbeda signifikan dengan pakan komersial (Yang *et al.* 2021a). Menurut Ajila *et al.* (2012), bahwa pakan dari produk samping agroindustri dapat meningkatkan FCR pada babi dengan menyediakan kandungan protein dan daya cerna yang tinggi. Oleh karena itu penggunaan pakan hasil samping agroindustri baik digunakan 50 % seperti pada perlakuan P1, maupun digunakan 100 % seperti pada perlakuan P2, mampu memberikan efisiensi yang tidak berbeda nyata dengan pakan pakan komersial (Widayati *et al.* (2019). Penambahan produk samping agroindustri dalam pakan ternak babi dapat mempertahankan atau bahkan meningkatkan kinerja ternak babi, menjadikannya alternatif yang layak untuk pakan tradisional. Menurut (Malenica *et al.* 2023), bahwa limbah dan hasil samping industri agri-pangan dapat dimanfaatkan sebagai pakan babi yang berbiaya rendah dan berkualitas, meningkatkan FCR karena kandungan serat makanan, polifenol, dan senyawa bioaktif lainnya yang kaya untuk peningkatan kesehatan dan pertumbuhan ternak.

Pada penelitian ini diperoleh kecenderungan perbaikan FCR dengan menambahkan enzim pada pakan berbasis hasil samping agroindustri. Hal ini diduga jumlah fitase dan mannase yang diberikan hanya 120 g 1000 kg⁻¹ pakan sehingga belum memberikan pengaruh signifikan untuk meningkatkan efisiensi pakan. Hasil penelitian Shastak *et al.* (2015) melaporkan bahwa dosis mannase yang dapat memberikan peningkatan efisiensi pakan yang signifikan adalah sekitar 200 g 1000 kg⁻¹ pakan. Enzim dibutuhkan 150 – 300 g 1000 kg⁻¹ pakan agar dapat memberikan efek peningkatan efisiensi yang signifikan (da Silva *et al.* 2022).

Tabel 5 Kecernaan BK, BO, NDF pakan ternak babi fase grower

Perlakuan	Kecernaan BK (%)	Kecernaan BO (%)
P0	90,47±1,43 ^a	91,70±1,2 ^a

P1	86,44±1,10 ^b	88,02±0,97 ^b
P2	82,30±1,18 ^c	84,28±1,05 ^c
P3	86,29±1,26 ^b	87,69± 1,13 ^b

P0= pakan komersial (CP 552), P1= 50 % CP 552 dan 50 % pakan agroindustri; P2 adalah 100 % pakan agroindustri dan P3= pakan P2 yang tambahkan enzim fitase dan mannase. BK: bahan kering, BO: bahan organik. Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata $p < 0,05$.

Kecernaan Pakan

Kecernaan pakan perlu diketahui agar pakan dapat dioptimalkan untuk meningkatkan performance dan efisiensi produksi ternak (Ouweltjes *et al.* 2018). Nilai kecernaan pakan terlihat pada Tabel 5. Tingkat kecernaan yang tinggi mencerminkan kemampuan sistem pencernaan ternak dalam mengubah pakan menjadi zat yang dapat digunakan tubuh ternak secara langsung mempengaruhi efisiensi pakan dan performans ternak (Szabó *et al.* 2023). Penyerapan nutrisi yang efisien akan mengurangi kerentanan pada penyakit dan mendukung produktivitas babi secara keseluruhan (Xiong *et al.* 2019). Tinggi rendah kecernaan pakan sangat ditentukan kualitas nutrisi dalam pakan, makin berkualitas pakan makin tinggi juga tingkat kecernaan pakan tersebut (Kaca *et al.* 2021). Kecernaan bahan kering pakan, bahan organik pakan perlakuan disajikan pada Tabel 5.

Kecernaan BK pakan tertinggi diperoleh pada pakan perlakuan P0 (90,47 %), diikuti oleh P1 (86,44 %), P3 (86,29%) sedang yang terendah adalah P2 (82,30%). Kecernaan BO pakan diperoleh P0 (91,70%) lebih tinggi dari semua perlakuan sedang kecernaan yang terendah adalah pakan P2 (84,28%), sedang pakan P1 (88,02%) dan Pakan P3 (87,69%) relatif sama. Dengan demikian pakan P0 memiliki kecernaan BK dan BO yang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan pakan P1, P2 dan P3 ($p < 0,05$). Tingginya kecernaan BK dan BO pada pakan P0 diduga karena memiliki kandungan serat kasar yang lebih rendah yaitu 3,48 % dibanding P1 (5,28%), P2 dan P3 sebesar (6,94%). Hasil penelitian ini sesuai hasil riset Zijlstra & Beltranena (2022) bahwa makin tinggi kandungan serat kasar maka makin rendah kecernaan nutrisi dalam pakan. Komponen serat kasar seperti selulosa, hemiselulosa, dan pektin adalah komponen utama dinding sel tumbuhan dan tidak dapat dipecah oleh enzim pencernaan babi. Walaupun komponen serat kasar ini kurang dapat dicerna oleh enzim pencernaan babi, namun komponen ini bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan ternak (Yang *et al.* 2023). Hal yang sama disampaikan dalam laporan penelitian (Aderibigbe *et al.* 2024) dan (Rojas & Stein 2017) bahwa peningkatan kandungan dan kompleksitas serat dari pakan dapat mengakibatkan penurunan kecernaan nutrisi lain termasuk nitrogen. Disamping itu babi tidak memiliki

enzim dalam saluran pencernaan yang dapat mendegradasi pakan seperti dari bahan pakan bungkil inti sawit yang banyak mengandung ikatan 1, 4-mannosil dan ikatan α -1, 6-galaktosil, akibat kecernaan pakan tersebut jadi berkurang (Jang *et al.* 2020). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pakan P0 memiliki kecernaan yang lebih tinggi signifikan dibandingkan kecernaan pakan P1, P2 dan P3. Pakan komersial diformulasikan dari bahan baku yang berkualitas tinggi dengan proses yang meningkat daya cerna serta dilengkapi dengan aditif yang mendukung performa pertumbuhan (Rojas & Stein, 2017).

Pada pengujian ini ditemukan bahwa pakan P2 dan pakan P3 yang memiliki serat kasar yang sama, namun kecernaan pakan P3 sebesar 87,69% lebih tinggi signifikan dibandingkan kecernaan pakan P2 yang hanya sebesar 82,30%. Meningkatnya kecernaan pada pakan P3 karena adanya penambahan enzim fitase dan mannase masing-masing 120 g 1000 kg⁻¹ pakan pada pakan P3. Penambahan enzim *mannase* akan memecah mannan, polisakarida yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan alami babi, sedangkan *fitase* akan menghidrolisis fitat, bentuk fosforus yang tidak dapat dicerna oleh hewan monogastrik seperti babi tanpa bantuan enzim tambahan (Sureshkumar *et al.* 2023). Degradasi mannan menjadi oligosakarida yang lebih pendek membuat pakan lebih mudah dicerna oleh enzim (Widayati *et al.* 2019). Selain itu, struktur nutrisi pakan yang lebih sederhana meningkatkan kemampuan enzim pencernaan babi, terutama pada fase grower, untuk memecah dan menyerap nutrisi tersedia (Torres-Pitarch *et al.* 2017). Hasil ini juga sesuai dengan laporan Jang *et al.* (2020), bahwa penambahan enzim mannase sebesar 0,10 % dalam pakan yang mengandung bungkil inti sawit mampu meningkatkan kecernaan nutrisi yang signifikan pada pakan tersebut. Hal yang menarik dari hasil penelitian ini bahwa kecernaan pakan P1 dan pakan P3 tidak berbeda signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh pada penambahan enzim dalam pakan hasil samping agroindustri sehingga kecernaannya bertambah (Rojas & Stein 2017). Dengan demikian pakan dari hasil samping agroindustri yang diberi tambahan enzim fitase dan mannase masing-masing sebesar 120 g 1000 kg⁻¹ pakan, memiliki kecernaan yang sama dengan pakan komersial yang ditambahkan 50 % pakan dari hasil samping agroindustri.

Keuntungan Dalam Bentuk IOFC

Pendapatan atas biaya pakan (IOFC) dalam usaha peternakan babi sangat dipengaruhi oleh komposisi pakan dan manajemen pemeliharaan. Menurut (Nyachoti *et al.*, 2022) bahwa pakan menyumbang porsi terbesar dari biaya produksi babi. Dalam hal pakan, energi saja dapat mewakili 50% atau lebih dari total

Tabel 6 Biaya pakan, harga jual ternak, dan IOFC ternak babi fase grower

Perlakuan	Biaya pakan (Rp ekor ⁻¹)	Harga jual ternak (Rp ekor ⁻¹)	IOFC (Rp ekor ⁻¹)
P0	840782 ± 200979	1163250 ± 202756	322468 ± 107043
P1	679226 ± 49688	1084500 ± 148355	405274 ± 142636
P2	431157 ± 27000	948150 ± 155173	516993 ± 140324
P3	510248 ± 106722	1120050 ± 264948	609802 ± 186698

P0= pakan komersial (CP 552), P1= 50 % CP 552 dan 50 % pakan agroindustri; P2 adalah 100 % pakan agroindustri dan P3= pakan P2 yang tambahkan enzim fitase dan mannase.

biaya (Gutierrez & Patience 2012). Bahkan menurut (Johnson *et al.* 2018), biaya pakan yang tinggi merupakan faktor pembatas bagi pengembangan industri peternakan babi.

Adapun biaya pakan, harga jual ternak serta keuntungan dalam IOFC yang diperoleh peternak dari penelitian ini disajikan pada Tabel 6. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biaya pakan tertinggi pada perlakuan P0 diikuti oleh P1 dan P3 sedangkan biaya pakan terendah didapatkan pada pakan P2. Hal ini sejalan dengan penelitian Widayati *et al.* (2019), bahwa pemanfaatan limbah pertanian dan industri pangan sebagai komponen alternatif pakan babi untuk mensubstitusi pakan komersial tidak menurunkan performa dan produksi ternak babi.

Keuntungan yang diperoleh oleh peternak dalam bentuk IOFC diperhitungkan dari besarnya selisih antara nilai penjualan atas kenaikan PBBH dengan besarnya biaya pakan, makin tinggi nilai IOFC mengindikasikan bahwa keuntungan yang diperoleh peternak makin lebih besar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa IOFC perlakuan P2 sebesar Rp. 516.993 lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P0 sebesar Rp. 322.468. Ada peningkatan pendapatan lebih tinggi 60 % dengan penggunaan pakan P2 dibandingkan dengan menggunakan pakan komersial P0. Besarnya keuntungan dari penggunaan pakan P2 karena biaya pakannya lebih murah mendekati 50 % dibandingkan biaya pakan komersial. Biaya pakan P2 dalam penelitian ini sebesar Rp.431.157 sedang biaya pakan P0 sebesar Rp. 840.782. Bertambahnya keuntungan peternak di peroleh dari optimalisasi pemberian pakan dari hasil samping agroindustri. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Davoudkhani *et al.* (2020), optimalisasi strategi pemberian pakan dapat meningkatkan margin kotor per ekor babi sebesar 50%. Dengan demikian penggunaan pakan dari hasil samping agroindustri dapat mengurangi biaya pakan, serta mampu meningkatkan kualitas produk sehingga memberikan keuntungan yang lebih besar kepada peternak. (Vastolo *et al.* 2022).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penambahan enzim fitase dan mannase dapat meningkatkan IOFC pada pakan perlakuan P3. Ada peningkatan IOFC pada pakan P2 dari Rp. 516.993, menjadi Rp. 609.802 pada perlakuan P3. Selain itu, IOFC yang diperoleh pada pakan perlakuan P3 ini lebih tinggi dibandingkan IOFC perlakuan P0 yang hanya sebesar

Rp.322.468. Dengan demikian penggunaan enzim fitase dan mannase masing-masing sebesar 120 g 1000 ton⁻¹ pakan hasil samping agroindustri mampu memberikan pendapatan kepada peternak sebesar 89% lebih tinggi dibandingkan menggunakan pakan komersial. Walaupun dalam penelitian diperoleh penambahan enzim walaupun tidak berdampak signifikan pada konsumsi, penambahan bobot badan, serta konversi pakan, namun enzim membantu peningkatan pencernaan serta mengurangi biaya pakan yang signifikan sehingga meningkatkan profit bagi peternak. Hal ini sesuai dengan penelitian (Hong *et al.* 2011), bahwa penambahan enzim meningkatkan profitabilitas pada peternakan babi meskipun konsumsi pakan, peningkatan bobot badan tidak signifikan. Dengan demikian penambahan enzim pada pakan hasil samping agroindustri mengurangi biaya pakan yang signifikan, mampu meningkatkan pendapatan peternak secara berkelanjutan (Sureshkumar *et al.* 2023a).

SIMPULAN

Penggunaan pakan hasil agroindustri dapat digunakan mensubstitusi pakan komersial 100 % pada ternak babi fase grower dan memberikan keuntungan lebih tinggi 60 % %, namun jika pakan hasil samping agroindustri diberi tambahan enzim fitase dan mannase maka memberikan keuntungan lebih tinggi dapat mencapai 89 % dibandingkan menggunakan pakan komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- Aderibigbe AS, Park CS, Johnson T, Velayudhan DE, Vinyeta E & Adeola O. 2024. Efficacy of a novel multi-enzyme feed additive on growth performance, nutrient digestibility, and gut microbiome of weanling pigs fed corn-wheat or wheat-barley-based diet. *Journal of Animal Science*, 102: 112 <https://doi.org/10.1093/jas/skae064>
- Afreen M, & Ucak I. 2020. Fish processing wastes used as feed ingredient for animal feed and aquaculture feed. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 6(2): 55–64. <https://doi.org/10.18331/SFS2020.6.2.7>
- Ajila CM, Brar SK, Verma M, Tyagi RD, Godbout S & Valéro JR. 2012. Bio-processing of agro-byproducts to animal feed. *Critical Reviews in Biotechnology*, 32(4): 382–400. <https://doi.org/10.3109/07388551.2012.659172>
- da Silva CA, Callegari MA, Dias CP, de Souza KL, de Carvalho RH, Alebrante L, da Silva Martins CC, Heck A & Fascina V B. 2022. Increasing doses of bacterial fitase (*Citrobacter braakii*) improves performance and carcass characteristics of pigs in growing and finishing phases. *Animals*, 12(19): 1–11. <https://doi.org/10.3390/ani12192552>
- Genova JL, Rupolo PE, de Azevedo LB, Henz D, Carvalho ST, Kipper M, de Gonçalves GAC, Vilela HLO, Pasquetti TJ, de Oliveira NTE,

- Dietrich ARM & de Carvalho PL O. 2023. B-Mannase supplementation in diets reduced in 85 Kcal metabolizable energy/Kg containing xylanase-ftease improves gain to feed ratio, nutrient usage, and backfat thickness in finisher pigs. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1144692>
- Guachamín-Guachamín RA & Quisirumbay-Gaibor JR. 2024. Effect of fitases in pig diets on production performance: Meta-analysis. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 36(6): 4519 - 452. https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num1_art:3362
- Henry DD, Ciriaco FM, Araujo RC, Fontes PLP, Rostoll-cangiano L, Sanford CD, Schulmeister TM, Jr, CBD, Lamb GC & Dhirenzo N. 2020. Palatability in pigs, the pleasure of consumption1. *Cadernos de Saúde Pública*, 12(1): 1-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2016.09.005%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.09.060>
- Ho NN, Do TL, Tran DT & Nguyen TT. 2022. Indigenous pig production and welfare of ultra-poor ethnic minority households in the Northern mountains of Vietnam. *Environment, Development and Sustainability*, 24(1): 156-179. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01348-6>
- Hoang Q, N, & Guntoro B. 2020. Challenges, opportunities and prospects of swine industry in vietnam. *Proceeding International Conference on Green Agroindustry*, 4 :189-196.
- Hong SM, Jang HD, Kim HJ, Yoo JS, Lee JH & Kim IH. 2011. Effects of enzyme complex supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles and economic feed cost in growing pigs. *Journal of Animal Science and Technology*, 53(2) :113-118. <https://doi.org/10.5187/jast.2011.53.2.113>
- Huenul E, Salazar L, Frias D, Videka M, Luna D, Dwyer DM & Figueroa J. 2023. Effects of flavour variety on the intake and palatability of commercial feed in nursery pigs. *Frontiers in Veterinary Science*, 10: 1-9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1218198>
- Iyai DA, Nurhayati D, Arim M, Saragih D, Orisu M, Djunaedi M, Randa SY, Warsono I, Syufi Y, Murwanto A, Pakage S, Mulyadi, Rumetor S, Suawa E, Rahardjo D, Baaka A, Arizona R, Seseray D, Monim H, Wajo MJ. 2021). Analyses of interlinked actors in determining the potential business beneficiaries of small-scale pig farming systems in West Papua, Indonesia. *Heliyon*, 7(2): e05911 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05911>
- Jang JC, Kim KH, Kim DH, Jang SK, Hong JS, Heo PS & Kim, Y. Y. 2020. Effects of increasing levels of palm kernel meal containing β -mannase to growing-finisher pig diets on growth performance, nutrient digestibility, and pork quality. *Livestock Science*, 238: 104041. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104041>
- Kaca N I, Tonga Y, Suariani L, Sanjaya GAMP, I & Made Yudiastari NM, Ketut Ety Suwitari, KEN. 2021. Dry matter digestibility, organic matter and digestibility in vitro of setaria grass at types and different dosage of fertilizers. *International Journal of Life Sciences Available Online at Wwww.Sciencescholar.Us*, 5(3): 125-132. <https://doi.org/10.29332/ijls.v5n3.1530>
- Keraru EN, Harianto, Husalina. 2021. *Profitability and Technical Efficiency of Household Scale Pig Farming in Indonesia*. Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian. 17 (1): 27-38
- Kim MJ, Ingale SL, Hosseindoust A, Choi YH, Kim KY & Chae BJ. 2021. Synergistic effect of exogenous multi-enzyme and fitase on growth performance, nutrients digestibility, blood metabolites, intestinal microflora and morphology in broilers fed corn-wheat-soybean meal diets. *Animal Bioscience*, 34(8): 1365-1374. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0663>
- Liu F, Li J, Ni H, Azad MAK, Mo K & Yin Y. 2023. The effects of fitase and non-starch polysaccharide-hydrolyzing enzymes on trace element deposition, intestinal morphology, and cecal microbiota of growing-finisher pigs. *Animals*, 13(4): 549 <https://doi.org/10.3390/ani13040549>
- Malenica D, Kass M & Bhat R. 2023. Sustainable management and valorization of agri-food industrial wastes and by-products as animal feed: For ruminants, non-ruminants and as poultry feed. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1): 117 <https://doi.org/10.3390/su15010117>
- Matialo CC, Elly FH, Dalie S & Rorimpandey B. 2020. Pengaruh biaya pakan terhadap keuntungan peternak babi di desa Werdhi Agung kecamatan Dumoga Barat. *ZOOTEC*. 40 (2) : 724-734. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/zooteck/article/view/30194>
- Ouweltjes W, Verschuren LMG, Pijlman J, Bergsma R, Schokker D, Knol EF, van der Aar PJ, Molist F & Calus MPL. 2018. The repeatability of individual nutrient digestibility in pigs. *Livestock Science*, 207: 63-67. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.11.013>
- Parameters OS. 2020. Defatted rice bran supplementation in diets of finishing. *Animals* 10 (3) :449 doi: [10.3390/ani10030449](https://doi.org/10.3390/ani10030449)
- Pomar C & Remus A. 2019. Precision pig feeding: A breakthrough toward sustainability. *Animal Frontiers*, 9(2): 52-59. <https://doi.org/10.1093/af/vfz006>
- Quang HV & Tuong T Van. 2018. Economics of scale in pig production in vietnam. *Tạp Chí Nông Nghiệp và Phát Triển Nông Thôn*, 11: 0-13.
- Rao ZX, Tokach MD, Woodworth JC, DeRouchey JM, Goodband RD & Gebhardt JT. 2023. Effects of various feed additives on finishing pig growth performance and carcass characteristics: A Review. *Animals*, 13(2):200. <https://doi.org/10.3390/ani13020200>
- Riwukore JR, Habaora F, Hildayanti SK & Susanto Y. 2019. The local community perception towards pig farming in Kupang City, East Nusa Tenggara, Indonesia. *Asian Journal of Science and Technology*, 10(5): 9660-9664. <https://www.journalajst.com/local-community-perception-towards-pig-farming-kupang-city-east-nusa-tenggara-indonesia>
- Rojas OJ & Stein HH. 2017. Processing of ingredients and diets and effects on nutritional value for pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1):1-13. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0177-1>
- Shastak Y, Ader P, Feuerstein D, Ruehle R & Matuschek M. 2015. β -Mannan and mannanase in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 71(1): 161-173. <https://doi.org/10.1017/S0043933915000136>
- Shurson GC, Hung YT, Jang JC & Urriola PE. 2021. Measures matter—determining the true nutri-physiological value of feed ingredients for swine. *Animals*, 11(5): 1-50. <https://doi.org/10.3390/ani11051259>
- Sureshkumar S, Song J, Sampath V & Kim I. 2023a. Exogenous enzymes as zootechnical additives in monogastric animal feed: A Review. *Agriculture*, 13(12): 1-22. <https://doi.org/10.3390/agriculture13122195>
- Sureshkumar S, Song J, Sampath V & Kim, I. 2023b. Exogenous enzymes as zootechnical additives in monogastric animal feed: A Review. *Agriculture* 13(12) : 2195 <https://doi.org/10.3390/agriculture13122195>
- Szabó C, Lugata K J & Ortega ADSV. 2023. Gut Health and Influencing Factors in Pigs. *Animals*, 13(8) :1-28. <https://doi.org/10.3390/ani13081350>
- Tala S & Irfan M. 2020. Budidaya ternak babi fase starter dengan penggunaan sumber pakan konsentrat yang berbeda di kabupaten Tana Toraja. *Jurnal Galung Tropika*, 9(1): 41-47. <https://doi.org/10.31850/jgt.v9i1.517>
- Torres-Pitarch A, Hermans D, Manzanilla EG, Bindelle J, Everaert N, Beckers Y, Torrallardona D, Bruggeman G, Gardiner GE & Lawlor PG. 2017. Effect of feed enzymes on digestibility and growth in weaned pigs: A systematic review and meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 233: 145-159. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.024>
- Ullo M, Randa SY & Hartini S. 2020. Kecernaan nutrisi dan performa ternak babi fase starter yang diberi pakan campuran bahan pakan limbah. *Livestock and Animal Research*. 18 (2) : 97 <https://103.23.224.239/lar/article/view/42931>
- Valente JDT, Genova JL, Kim SW, Saraiva A & Rocha GC. 2024. Carbohydrases and fitase in poultry and pig nutrition: A Review beyond the Nutrients and Energy Matrix. *Animals*, 14(2) : 1-22. <https://doi.org/10.3390/ani14020226>

- Vangroenweghe F, Poulsen K & Thas O. 2021. Supplementation of a β -mannase enzyme reduces post-weaning diarrhea and antibiotic use in piglets on an alternative diet with additional soybean meal. *Porcine Health Management*, 7(1): 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40813-021-00191-5>
- Vangroenweghe F & Thas, O. 2022. Supplementation of a β -Mannase Enzyme improves feed efficiency in palm kernel expeller rich swine diets. *Austin Journal of Nutrition & Metabolism*, 9(1): 1–7. <https://doi.org/10.26420/austinjntrmetab.2022.1123>
- Vastolo A, Calabrò S & Cutrignelli MI. 2022. A review on the use of agro-industrial CO-products in animals' diets. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1): 577–594. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2039562>
- Wang YM, Yu HT, Zhou JY, Zeng XF, Wang G, Cai S, Huang S, Zhu ZP, Tan JJ, Johnston LJ, Levesque CL & Qiao SY. 2019. Effects of feeding growing-finishing pigs with low crude protein diets on growth performance, carcass characteristics, meat quality and nutrient digestibility in different areas of China. *Animal Feed Science and Technology*, 256: 114256. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114256>
- Widayati TW, Rahayu BWI, Rahardjo DD & Santoso B. 2019. The utilization of agricultural and food industry wastes as feed of grower pigs in Manokwari Regency West Papua. *Animal Production*, 20(3): 165 - 172. <https://doi.org/10.20884/1.jap.2018.20.3.723>
- Xiong X, Tan B, Song M, JiP, Kim K, Yin Y & Liu Y. 2019. Nutritional intervention for the intestinal development and health of weaned pigs. *Frontiers in Veterinary Science*, 6: 1–14. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00046>
- Yang K, Qing Y, Yu Q, Tang X, Chen G, Fang R & Liu H. 2021. By-product feeds: Current understanding and future perspectives. *Agriculture* 11(3): 1–20. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030207>
- Yang W, Jiang F, Yu B, Huang Z, Luo Y, Wu A, Zheng P, Mao X, Yu J, Luo J, Yan H & He, J. 2023. Effect of different dietary lipid sources on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal health in weaned pigs. *Animals*, 13(19) :1–14. <https://doi.org/10.3390/ani13193006>
- Zijlstra RT & Beltranena E. 2022. Feeding coproducts to pigs to reduce feed cost and reach sustainable food production. *Animal Frontiers*, 12(6): 18–22. <https://doi.org/10.1093/af/vfac067>