



Limbah Industri Perunggasan dan Manfaatnya sebagai Sumber Protein Ruminansia: Ulasan Singkat

Poultry industry waste and its benefits as a source of protein for ruminants: a brief review

Yanuartono, Indarjulianto Soedarmanto*, & Alsi Dara Paryuni

Departemen Ilmu Penyakit Dalam, Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Gadjah Mada.

Jl. Fauna No.2, Karangmalang, Depok, Sleman. 55281 Yogyakarta

Tel : +62-274-560862, Fax +62-274-560861

*Email korespondensi: indarjulianto@ugm.ac.id

Diterima: 07 November 2023 • Direvisi: 07 Juni 2024 • Disetujui: 29 September 2024

ABSTRAK. Peningkatan produksi daging global selama beberapa tahun terakhir terutama didorong oleh produksi daging unggas yang lebih efisien karena usaha perunggasan terus berkembang lebih maju di banyak bagian dunia. Metode peningkatan pemanfaatan penggunaan pakan asal limbah industri perunggasan telah diusulkan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah, mengurangi kompetisi pemanfaatan pangan maupun pakan dan meningkatkan system daur ulang yang efisien. Limbah industri perunggasan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein ruminansia antara lain adalah tepung bulu, limbah penetasan ayam, kaki ayam, tepung jeroan, tepung darah, tepung tulang, manure dan litter unggas. Limbah industri peternakan unggas tersebut dapat dimanfaatkan kembali ke dalam rantai makanan, setelah melalui berbagai macam perlakuan. Penggunaan limbah unggas sebagai sumber protein ternak ruminansia telah lama diteliti dan diterapkan di lapangan. Tulisan ini bertujuan memberikan ulasan singkat pemanfaatan limbah industry perunggasan sebagai sumber protein alternatif untuk ruminansia.

Kata kunci: Unggas; limbah; protein; ruminansia

ABSTRACT. The increase in global meat production over recent years has been driven primarily by more efficient poultry meat production as poultry businesses continue to advance in many parts of the world. Methods for increasing the use of feed from poultry industry waste have been proposed to increase waste utilization efficiency, reduce competition for food and feed use, and improve an efficient recycling system. Poultry industry waste that can be used as a source of ruminant protein includes feather meal, chicken hatching waste, chicken feet, offal meal, blood meal, bone meal, manure, and poultry litter. After various treatments, poultry farming industrial waste can be reused into the food chain. The use of poultry waste as a ruminant protein source has long been researched and applied in the field. This paper will briefly review the use of poultry industry waste as an alternative protein source for ruminants.

Keywords: Poultry; poultry waste; protein; ruminants

PENDAHULUAN

Dunia saat ini sedang menghadapi masalah kekurangan pangan dan bahan pakan ternak karena peningkatan pesat populasi manusia sehingga terjadi persaingan dalam hal pemanfaatan sumber bahan pangan maupun pakan antara manusia dan ternak (Adeniji dan Oyeleke, 2008). Peningkatan produksi daging global selama beberapa tahun terakhir terutama

didorong oleh produksi daging unggas yang lebih efisien karena usaha perunggasan terus berkembang menuju industrialisasi yang lebih maju di banyak bagian dunia (FAO, 2018; Castro *et al.*, 2023). Metode peningkatan pemanfaatan penggunaan pakan asal limbah industri perunggasan telah diusulkan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah, mengurangi kompetisi pemanfaatan pangan maupun pakan dan meningkatkan

sistem daur ulang yang efisien (Van Kernebeek *et al.*, 2016; Van Zanten *et al.*, 2019; Billen *et al.*, 2021).

Menurut Mezes *et al.* (2015) hanya sekitar 60–70% produk rumah potong unggas yang dapat dikonsumsi. Selama proses pemotongan dan pengolahan, industri daging ayam menghasilkan limbah dalam volume yang besar seperti tulang, bulu, jeroan, darah dan air limbah (Cabrera-Núñez *et al.*, 2018). Sampai saat ini upaya untuk memanfaatkan limbah industri perunggasan terus dilakukan untuk meminimalisir dampak negatif yang muncul terutama pencemaran lingkungan (Maheshwari, 2013; Wychodnik *et al.*, 2020), tanah (Malovanyy *et al.*, 2021), air tanah, air sungai, udara maupun danau (Hidayat *et al.*, 2021). Pencemaran juga dapat ditimbulkan oleh penggunaan obat-obatan dalam industri perunggasan yang kurang terkontrol dengan baik (Dalólio, *et al.*, 2017; Mottet and Tempio, 2017). Peternak unggas sampai saat ini diketahui masih secara rutin menggunakan obat-obatan untuk tujuan terapeutik dan pencegahan penyakit (Vermeulen *et al.*, 2002; Kant *et al.*, 2013). Guna mengatasi hal tersebut, saat ini ada prioritas utama dengan mengurangi penggunaan obat-obatan yang tidak perlu diberikan. Selain cara tersebut di atas, industri perunggasan mulai menggunakan limbah yang berasal dari unggas sebagai sumber nutrisi alternatif bagi hewan ternak untuk menekan biaya produksi serta memanfaatkannya guna menjaga kualitas lingkungan (Ungureanu *et al.*, 2022).

Penggunaan limbah asal unggas menjadi salah satu pilihan sumber nutrisi alternatif yang diharapkan akan meningkatkan performa ternak secara umum tanpa mempengaruhi kualitas maupun kuantitas hasil ternak (Voběrkova *et al.*, 2020). Limbah industri peternakan unggas tersebut dapat dimanfaatkan kembali ke dalam rantai makanan, setelah melalui berbagai macam perlakuan (Leinonen *et al.*, 2012; Ritchie and Roser, 2019). Limbah industri perunggasan yang

dapat digunakan sebagai sumber pakan alternatif adalah tepung bulu (Wilder *et al.*, 1955; Pate *et al.*, 1995; Hasni *et al.*, 2014), limbah penetasan ayam (Sung and Kim, 2020; Choi *et al.*, 2021), kaki ayam (Mokrejs *et al.*, 2017; Potti and Fahad, 2017), tepung darah (Karunajeewa *et al.*, 1989; Anoh and Akpet, 2013), tepung tulang (Drewyor and Waldroup, 2000; Bozkurt *et al.*, 2004), tepung jeroan (Xavier *et al.*, 2012; Redoy *et al.*, 2021) litter unggas (Farrell, 2013) dan manure (Brunton, 2012). Limbah industri unggas tersebut dapat dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan morfologi, karakteristik dan komposisi biokimia untuk meningkatkan nilai nutrisinya sehingga metode pengolahannya juga menjadi berbeda (Kannah *et al.*, 2020; Zinina *et al.*, 2022). Berbagai pengolahan yang digunakan untuk meningkatkan nilai nutrisi limbah industri perunggasan antara lain adalah biologis (Brandelli *et al.*, 2015; Kanani *et al.*, 2020), fisik (Anderson, 2006; Cai *et al.*, 2014; Sams, 2016), kimia (Bertsch and Coello, 2005; Zinina *et al.*, 2022) dan proses kombinasi (Yusop and Babji, 1995; Yusop *et al.*, 2012).

Penggunaan limbah unggas sebagai sumber protein ternak ruminansia telah lama diteliti dan diterapkan di lapangan (Aderibigbe and Church, 1987; Kazemi-Bonchenari *et al.*, 2017). Saat ini penggunaan manure unggas untuk pakan ternak ruminansia sudah meluas. Meskipun nilai energinya rendah tetapi tinggi protein, serat, dan mineral. Limbah tersebut diberikan dengan proporsi nitrogen non-protein yang tinggi, sehingga penggunaannya hanya untuk pakan ternak ruminansia (Brunton, 2012). Penelitian Bohnert *et al.* (1998) dengan menggunakan pedet Angus jantan menunjukkan limbah industri unggas merupakan sumber yang bermanfaat sebagai asupan protein terdegradasi maupun tidak terdegradasi dalam rumen. Limbah unggas tersebut nilai nutrisinya setara dengan protein bungkil kedelai dan memiliki potensi sebagai

alternatif sumber suplemen N bagi ruminansia (Lallo and Garcia, 1994). Tulisan ini bertujuan untuk mengulas manfaat limbah ternak unggas sebagai sumber pakan ternak khususnya ruminansia dan upaya meminimalisir pencemaran yang dihasilkan dari limbah industri perunggasan.

Jenis limbah industri perunggasan dan pemanfaatanya

Unggas adalah salah satu spesies ternak yang paling efisien untuk mengubah pakan menjadi makanan (Mata-Alvarez *et al.*, 2014) akan tetapi juga menghasilkan banyak limbah mulai dari penetasan hingga pemotongan yang berdampak pada tantangan yang sulit untuk diatasi. Tantangan tersebut bukan hanya pembuangan dan pengelolaan limbah, tetapi juga pencemaran lingkungan dan risiko kesehatan (Mustafa *et al.*, 2018). Steffens (1994) menambahkan bahwa daur ulang limbah dari rumah pemotongan unggas memiliki arti penting dari sisi ekonomi, biologis dan lingkungan. Saat ini upaya untuk memanfaatkan limbah industri perunggasan terus menerus dilakukan untuk mengatasi permasalahan

limbah, pencemaran dan mahalnnya sumber protein lain. Limbah industri perunggasan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan pakan untuk hewan antara lain adalah jeroan, bulu, darah, limbah penetasan ayam, litter dan manure (Papadopoulos, 1985; Owen *et al.*, 2009; Swain *et al.*, 2011; Ghaly and Mac Donald, 2012; Cruz *et al.*, 2012; Beski *et al.*, 2015; Ahlawat *et al.*, 2023). Nilai nutrisi dari berbagai macam limbah tersebut sangat bervariasi sehingga penggunaannya juga tergantung dari jenis limbah dan hewan yang memanfaatkan.

Limbah jeroan/ Poultry Visceral Meal (PVM)

Limbah jeroan unggas terdiri dari jantung, paru-paru, tembolok dan usus merupakan salah satu sumber protein hewani yang dapat menggantikan tepung ikan atau bungkil kedelai sebagai bahan pakan hewan (Bhaskar *et al.*, 2014). Limbah jeroan unggas dapat diproses menjadi tepung atau disebut PVM melalui pemasakan atau perlakuan asam diikuti dengan pengeringan (Redoy *et al.*, 2021). *Poultry Visceral Meal* memiliki kandungan nutrisi bervariasi seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan nutrisi *Poultry Visceral Meal*

Jenis limbah	Bahan kering %	Kandungan protein %	Kandungan lemak %	Kandungan karbohidrat %	Kandungan abu %	Pustaka
PVM	89,7	35	22	38,19	12,75	Cruz <i>et al.</i> , 2009
PVM	89,7	60,67	12,05	8,05	8,93	Bhaskar <i>et al.</i> , 2014
PVM	90,9	35	22	27,6	6,3	Oké <i>et al.</i> , 2016
PVM	90,9	71,9	1,7	10,9	6,4	Alofa and Abou, 2020
PVM	92,63	68,26	8,64	11,4	4,33	Sarkar and Islam, 2021

Tabel 1. menunjukkan variasi bahan kering PVM dengan kisaran antara 89,7 - 92,63%, protein 35-71,9%, lemak 1,7-22%, karbohidrat 8,05-38,19% dan abu 4,33-12,75%. Variasi tersebut tergantung dari asal bahan jeroan yang diolah, moda transportasi PVM dan metode pengolahan (Kpogue *et al.*, 2019; Odeyemi *et al.* 2020; Redoy *et al.*, 2021; Mullabaev *et al.*, 2022). Lebih lanjut, hasil penelitian

Meeker and Meisinger (2015) dan Volpato *et al.*, (2022) menunjukkan bahwa kandungan nutrisi seperti protein, lemak, karbohidrat dan abu tersebut terutama dipengaruhi oleh metode pengolahan yang digunakan. Metode pengolahan secara umum yang dapat meningkatkan nilai protein adalah hidrolisis enzimatik (Kristinsson and Rasco, 2000; Šližytė *et al.*, 2009). Seidavi *et al.* (2018) menambahkan

bahwa salah satu faktor yang berpengaruh terhadap variasi nilai kandungan lemak adalah penyimpanan yang dapat mengakibatkan ketengikan sehingga terjadi kerusakan dan penurunan kandungan lemaknya. Penggunaan PVM saat ini terfokus pada hewan monogastrik seperti ayam (Cruz *et al.*, 2009; Xavier *et al.*, 2012), ikan (Giri *et al.*, 2010; Alofa *et al.*, 2016), babi (Bagau *et al.*, 2018), kelinci (Ahlawat *et al.*, 2023) dan hewan kesayangan (Anuar *et al.*, 2017). Penelitian Cruz *et al.* (2009) membuktikan bahwa pemberian PVM tidak berpengaruh terhadap kualitas karkas dan lemak abdominal jika dibandingkan dengan perlakuan pemberian bungkil kedelai. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan PVM memberikan keuntungan karena dapat menekan biaya untuk mengganti bahan pakan yang jauh lebih mahal seperti tepung ikan dan bungkil kedelai.

Tepung darah dan tepung bulu

Limbah unggas lain yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif untuk ternak adalah tepung darah dan tepung bulu. Tepung darah unggas adalah sumber protein dan mineral alami, termasuk kalsium dan fosfor. Makinde and Sonaiya, (2011) menambahkan bahwa tepung darah unggas mengandung sekitar 80-90% protein dan 90 g lisin/kg bahan kering (BK) dan sejumlah kecil abu dan lipid. Tepung darah unggas digunakan sebagai bahan pakan untuk ternak seperti babi (Babatunde *et al.*, 2021; Dalle *et al.*, 2022), unggas (Xavier *et al.*, 2011) dan ikan (Weerasinghe and Hettiarachchi, 2011). Namun saat ini penggunaan tepung darah unggas belum banyak digunakan sebagai bahan pakan alternatif jika dibandingkan dengan limbah unggas yang lain seperti jeroan, tepung bulu, offal dan manure. Tepung darah saat ini juga belum lazim digunakan di Eropa dan Amerika Utara, namun demikian, tepung darah adalah sumber protein yang layak dan murah untuk industri peternakan lokal di beberapa negara di Asia dan Afrika (M'Ncene *et al.*, 1999).

Tepung darah yang banyak dimanfaatkan sebagai pakan alternatif berasal dari ruminansia dan babi yang volumenya jauh lebih banyak sehingga proses pengolahan lebih efisien (Said *et al.*, 2018). Oleh sebab itu hanya sedikit hasil penelitian dan laporan yang terkait dengan pemanfaatan tepung darah unggas tunggal sebagai sumber pengganti sumber protein konvensional yang mahal. King and Campbell (1978) dan Katz *et al.* (1994) dalam penelitiannya menggunakan tepung darah babi, sapi dan ayam yang dicampur untuk pemberian pakan pada babi.

Produksi bulu unggas secara global mencapai jumlah besar setiap tahun sebagai limbah samping dari pengolahan unggas (Fakhfakh *et al.*, 2010). Bulu bisa mencapai sekitar 6% dari bobot hidup ayam dewasa dan kaya akan protein keratin (Swetlana and Jain, 2010). Bulu mentah secara struktural mirip dengan rambut, kuku, wol, tanduk, dan cakar yang 90% terdiri dari struktur protein keratin (Latshaw *et al.*, 1994 : Chen *et al.*, 2012). Sedangkan tepung bulu adalah limbah pengolahan unggas berasal dari bulu unggas melalui berbagai macam proses untuk akhirnya diubah menjadi bentuk tepung (Mandey *et al.*, 2017; Osunbami and Adeola, 2022). Tepung bulu saat ini telah dimanfaatkan sebagai bahan pakan alternatif unggas (Hasni *et al.*, 2014), ikan (Arunlertaree and Moolthongnoi, 2017), anjing (Machado *et al.*, 2021) dan babi (Pan *et al.*, 2016) untuk menggantikan bahan pakan lain seperti tepung ikan atau bungkil kedelai yang semakin mahal. Tepung darah dan tepung bulu memiliki kandungan nutrisi bervariasi seperti terlihat pada table 2.

Table 2 menunjukkan variasi bahan kering tepung darah dan tepung bulu dengan kisaran antara 84,68-95,7%, protein 75,5-90,7%, lemak 0,45-9,1%, karbohidrat 0,4-14,84% dan abu 1,49-8,77%. Variasi tersebut disebabkan karena perbedaan metode proses pengolahan yang digunakan. Tepung darah diproses dengan

metode konvensional *solar and oven drying* dengan cara perebusan sampai kelembaban mencapai 10-12% kemudian dijemur atau dikeringkan dengan oven (King'ori *et al.*, 1988). Metode lain yang digunakan *drum drying, ring and flash drying* dan *spray dryng* dan fermentasi (Drouzas and Schubert, 1996; Swan, 2000; Chickering *et al.*, 2001; Ramadhan *et al.*, 2016). Dari semua metode tersebut, *solar and oven drying*

merupakan metode yang paling rendah peningkatan nilai nutrisinya. Menurut Kramer (1978), kualitas nutrisi tepung darah akan menurun saat proses pengolahan dengan metode *drying* terkait dengan kerusakan protein selama proses pemanasan. Namun sebaliknya, menurut King'ori, *et al.* (1998), metode fermentasi akan meningkatkan nilai nutrisi tepung darah.

Table 2. Kandungan nutrisi tepung darah dan tepung bulu asal unggas

Jenis limbah	Bahan kering %	Protein %	Lemak %	Karbohidrat %	abu %	Pustaka
TB	92,00	90,7	1,3	-	-	McCasland and Richardson, 1966
TB	95,00	84,6	6,4	7,8	2,6	Dale, 1992
TB	90,00	82	6,1	-	4,2	Ayanwale, 2006
TB	84,68	84,04	5,61	-	8,77	Adejumo <i>et al.</i> , 2016
TB	87,67	82,36	0,83	1,02	1,49	Tesfaye <i>et al.</i> , 2017
TB	91,60	79,9	8,7	0,4	3,4	Colembergue <i>et al.</i> , 2019
TD	90,79	75,5	0,45	14,84	-	Wongngam <i>et al.</i> , 2020
TB	95,70	87,8	9,1	-	1,9	Osunbami and Adeola, 2022

Keterangan: TB = Tepung Bulu; TD = Tepung Darah.

Variasi nilai nutrisi tepung bulu unggas disebabkan oleh perbedaan penggunaan metode proses pengolahan. Menurut Papadopoulos (1984) perbedaan tersebut terkait dengan kandungan protein, asam amino dan daya cerna. Metode yang digunakan dalam proses pengolahan bulu unggas antara lain adalah metode kimiawi dan enzimatik (El Boushy *et al.*, 1990; Papadopoulos, 1985; Mokrejs *et al.*, 2011; Nursinatrio and Nugroho, 2019). Salah satu metode yang banyak digunakan adalah fermentasi dengan menggunakan bantuan mikroorganisme yang bersifat keratinofilik untuk meningkatkan kualitas tepung bulu (latshaw *et al.*, 1994; Grazziotin, 2006). Metode lain yang digunakan adalah hidrolisa menggunakan *hydrochloric acid* dan *sulphuric acid* yang mampu menghidrolisa keratin pada bulu unggas (Bureau *et al.*, 1999). Dari Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa untuk meningkatkan nilai nutrisi tepung darah dan tepung bulu diperlukan metode proses pengolahan yang tepat sehingga diharapkan dapat menggantikan bahan pakan konvensional yang semakin mahal.

Limbah Penetasan Ayam

Limbah penetasan ayam (*hatchery byproducts*) merupakan hasil samping dari industri penetasan ayam seperti telur infertil, telur yang tidak menetas, embrio ayam, anak ayam *culling* dan cangkang telur (Al-Harathi *et al.*, 2010; AAFCO, 2016). Sedangkan menurut Choi *et al.* (2019) limbah penetasan ayam terdiri dari telur infertil, telur yang belum menetas, anak ayam bobot rendah, anak ayam mati dan kulit atau telur cangkang telur. Limbah penetasan ayam mengandung sekitar 30%-60% protein kasar (Adeniji and Adesiyani, 2007; Sung *et al.*, 2019) sehingga diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan alternatif yang dapat menggantikan sumber protein hewani yang banyak digunakan dalam pakan ternak (Belewu and Ologunleko, 1996). Kandungan limbah penetasan ayam unggas tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. menunjukkan variasi bahan kering limbah penetasan ayam dengan kisaran antara 98,00-89,76%, protein 5,86-57,4%, lemak 3,45-30,01%, karbohidrat 7,68-25,92% dan abu 6,37-60,35%. Dhaliwal *et al.* (1997) menyatakan

bahwa hasil analisa proksimat dari limbah penetasan ayam sangatlah bervariasi. Variasi yang sangat lebar tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh faktor jenis bahan limbah yang diolah dan perbedaan metode pengolahan yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai nutrisi dari bahan campuran limbah penetasan ayam akan lebih tinggi dibandingkan dengan bahan limbah tunggal. Menurut Sung and Kim, (2020) bahan limbah penetasan ayam dapat dicampur menjadi satu atau merupakan bahan tunggal. Bahan limbah seperti telur infertil, telur yang tidak menetas, embrio ayam,

anak ayam *culling*, dan cangkang telur yang dicampur menjadi tepung akan memiliki kandungan nutrisi yang berbeda jika dibandingkan dengan limbah penetasan ayam tunggal seperti telur yang tidak menetas atau anak ayam *culling*. Hasil penelitian Choi *et al.* (2021) menunjukkan bahwa limbah telur infertil mengandung nilai nutrisi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan limbah penetasan ayam campuran, namun demikian jika dibandingkan dengan tepung ikan, keduanya mengandung nilai nutrisi yang masih jauh lebih rendah.

Tabel 3. Kandungan nutrisi limbah penetasan ayam unggas

Jenis limbah	Bahan kering %	Protein %	Lemak %	Karbohidrat %	abu %	Pustaka
LPA	97,11	22,8	14,37	-	60,35	Ilian and Salman, 1986
LPA	92	44,25	30,01		14,04	Rasool <i>et al.</i> , 1999
LPA	91,83	42,26	23,94		18,12	Abiola <i>et al.</i> , 2012
LPA	89,76	5,86	3,45	25,92	6,37	Ojebiyi <i>et al.</i> , 2014
LPA	94,1	54,3	-	-	19,5	Sung and Kim, 2020
LPA	98,00	31,4	-	-	40,6	Choi <i>et al.</i> , 2021
LPA	98,88	38,57	21,14	7,68	31,49	Asiedu <i>et al.</i> , 2022
LPA	96,5	57,4	21,4	-	16,8	Sung <i>et al.</i> , 2022

Keterangan: LPA = Limbah penetasan ayam.

Metode pemrosesan juga mempengaruhi nilai nutrisi dari limbah penetasan ayam (Glatz and Miao, 2009). Menurut Khan and Bhatti (2002) ada kemungkinan bahwa faktor yang mempengaruhi kandungan protein kasar pada limbah penetasan ayam adalah suhu dan lama perlakuan saat proses pengolahan. Asiedu *et al.* (2022) menambahkan bahwa proses *steaming* akan sedikit menurunkan kandungan protein dibandingkan dengan proses yang lain. Limbah penetasan ayam dapat diproses dengan berbagai metode seperti fermentasi, perebusan, pengawetan atau *ensiling*, pemanasan, pengeringan, *steaming*, ekstrusi dan penggilingan untuk dijadikan bentuk tepung (Miller, 1984; Cai and Pancorbo, 1994; Deshmukh and Patterson 1997; Kirkpınar *et al.*, 2004; Abiola, and Onunkwor, 2004; Asiedu *et al.*, 2022). Meskipun nilai nutrisi limbah penetasan ayam dianggap dapat menggantikan sumber

protein konvensional namun ada beberapa kelemahan yang perlu mendapatkan perhatian. Menurut Desmukh and Patterson (1997), kelemahan tersebut karena limbah penetasan ayam sangat mudah rusak dan proses pengolahannya terlalu mahal. Namun demikian, menurut Baba *et al.*, (2018), secara ekonomi fermentasi limbah penetasan ayam mampu menekan biaya proses pengolahan sehingga masih cukup menguntungkan.

Limbah litter dan manure

Litter dan manure adalah campuran kotoran unggas, bulu, tumpahan pakan, tumpahan air minum, bahan *bedding*, dan merupakan limbah utama dalam produksi unggas (Agblevor *et al.*, 2010). Litter dan manure merupakan limbah organik yang sudah sejak lama dimanfaatkan sebagai pupuk kandang (Straub, 1977; Lopez-Masquera *et al.*, 2008).

Dengan meningkatnya hasil produksi industri perunggasan, pemanfaatan litter dan manure menjadi semakin penting tidak hanya dari sisi ekonomi tetapi juga keberlangsungan kelestarian lingkungan (Gorliczay *et al.*, 2021; Akanni and Benson 2014). Litter dan manure dapat menjadi alternatif yang cukup menjanjikan untuk menggantikan pupuk kimia karena berperan penting dalam peningkatan dan perbaikan sumber daya tanah (Kiss *et al.*, 2021). Selain sebagai pupuk organik, saat ini, litter dan manure lebih banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi yang dapat di daur ulang untuk tujuan pembangunan yang berkelanjutan (Dhungana *et al.*, 2022; Ayub *et al.*, 2022). Konversi energi dari litter dan manure secara luas telah banyak aplikasikan dengan baik dan efisien di negara maju maupun berkembang (Fibrowatt, 2008; Billen *et al.*, 2015).

Saat ini litter dan manure lebih banyak dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan sumber energi dibandingkan dengan pemanfaatan sebagai sumber pakan alternatif untuk hewan. Hal tersebut disebabkan karena produksi litter dan manure dalam industri perunggasan sangatlah besar sehingga membutuhkan biaya, tenaga dan tempat yang lebih besar dibandingkan dengan limbah industri perunggasan yang lain (Chastain *et al.*, 2001). Selain hal tersebut, litter dan manure juga tidak dapat digunakan sebagai sumber pakan tunggal karena harus dicampur dengan sumber pakan yang lain untuk meningkatkan nilai nutrisi dan palatabilitasnya (Muller, 1982; Rude and Rankins. 1995). Meskipun demikian beberapa penelitian menunjukkan bahwa litter dan manure dapat juga dimanfaatkan sebagai sumber pakan alternatif utamanya sebagai pakan ruminansia (McCaskey *et al.*, 1994; Newton *et al.*, 1977). Saat ini, penggunaan litter dan manure sebagai pakan alternatif lebih banyak diterapkan di negara miskin dan negara berkembang (Adeleye, 1991; Belewu, 1997; Jakhmola *et al.*, 1998).

Manfaat limbah industry perunggasan bagi ternak ruminansia

Industri perunggasan saat ini mengalami peningkatan yang sangat pesat tanpa diimbangi peningkatan produksi pakan sehingga mengakibatkan komponen utama seperti konsentrat protein menjadi mahal dan terjadi peningkatan biaya produksi. Seiring dengan peningkatan industri perunggasan maka terjadi pula peningkatan jumlah limbah industri perunggasan yang berdampak pada pencemaran lingkungan. Upaya pemanfaatan limbah industri perunggasan terus dilakukan guna menekan biaya produksi dan meminimalisir pencemaran limbah yang terjadi. Salah satu upaya pemanfaatan limbah industri perunggasan adalah dengan mengubahnya menjadi bahan pakan untuk hewan termasuk ruminansia. Pemanfaatan limbah industri perunggasan untuk ruminansia tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa limbah industri perunggasan mampu menggantikan sumber protein yang lebih mahal seperti bungkil kedelai, *corn gluten meal*, tepung jagung, tepung biji kapas dan *wheat bran*. Menurut Church *et al.* (1982), limbah industri perunggasan yang mengandung jeroan, kepala, daging, bulu jika diberikan sebagai pakan ruminansia dapat mempengaruhi karakteristik protein yang tidak dicerna dan tidak diabsorpsi di dalam rumen atau sering juga disebut *protein by-pass*. Penelitian lain menunjukkan ruminansia dengan pakan basal hijauan kualitas sedang yang ditambah kombinasi urea dengan tepung bulu dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme rumen sebanding dengan pemberian protein berkualitas tinggi seperti bungkil kedelai. Hal tersebut kemungkinan disebabkan adanya peningkatan respon mikroorganisme terhadap pencernaan bahan kering, konsentrasi VFA dan sintesis RNA dalam rumen secara *in vitro* maupun *in vivo* (Daugherty and Church, 1982).

Tabel 4. Pemanfaatan limbah industri perunggasan sebagai pakan ruminansia

Ternak	Bahan yang dapat diganti	Limbah unggas	Pengaruh	Pustaka
Sapi jantan	Bungkil kedelai	Tepung bulu	Meningkatkan aktivitas mikroba rumen setara dengan Bungkil kedelai	Daugherty and Church, 1982.
Kambing perah	Bungkil kedelai	Tepung bulu	Tidak ada perubahan signifikan pada asupan bahan kering, berat badan dan produksi susu	Lu <i>et al.</i> , 1990
<i>African Dwarf goats</i>	Bungkil kacang tanah	Manure unggas	Tidak ada perubahan pada performan dan berat badan	Okeudo and Adegbola, 1993
Kambing <i>Barbari</i>	<i>Wheat bran</i>	Litter broiler	Peningkatan pencernaan dan pertumbuhan	Nadeem <i>et al.</i> , 1993
domba	Bungkil kedelai	<i>Poultry by product meal (PBM)</i> Tepung daging, darah, tulang dan kepala	Pertambahan berat badan dan peningkatan kualitas bulu	Lallo and Garcia, 1994
Sapi Angus jantan	Bungkil kedelai dan <i>corn gluten meal</i>	<i>Poultry by product meal (PBM)</i>	Terjadi peningkatan asupan bahan kering dan ADG	Bohnert <i>et al.</i> , 1998
Kambing dan domba	Konsentrat (jagung giling, bungkil kedelai, <i>wheat bran</i> dan tepung biji kapas	Manure unggas 20%	Peningkatan ADG	Saleh <i>et al.</i> , 2002
Sapi silangan Cebu x Suizo heifers	Konsentrat (tepung sorghum, jagung dan <i>wheat bran</i>)	manure dan <i>poultry meal</i> 30%	Peningkatan ADG, peningkatan kualitas karkas	Cabrera-Núñez <i>et al.</i> , 2018
Domba Kambing	Bungkil kedelai -	Litter broiler Kombinasi tepung jagung (75%) dan manure unggas (25%)	Peningkatan ADG, Peningkatan pencernaan bahan kering dan organik serta peningkatan ADG	Rahimi <i>et al.</i> , 2018 Washaya <i>et al.</i> , 2018
Domba	Tepung biji kapas	Limbah penetasan ayam	Peningkatan asupan bahan kering, peningkatan ADG, penurunan prosentase tulang dalam karkas	Rezayipoor <i>et al.</i> , 2022

Penelitian Lu *et al.* (1990) pada kambing perah yang diberi pakan tepung bulu dibandingkan dengan bungkil kedelai tidak menunjukkan adanya perubahan terhadap asupan bahan kering, berat badan dan produksi

susu. Salah satu penyebab tidak adanya perbedaan tersebut kemungkinan adalah rendahnya kandungan asam amino *methionine*, *lysine* dan *tryptophan* pada tepung bulu (Morand *et al.*, 1966). Kemungkinan lain adalah tepung

bulu lebih sulit terlarut dalam cairan rumen jika dibandingkan dengan bungkil kedelai sehingga pemanfaatannya rendah jika diberikan pada ruminansia periode laktasi (Thomas and Beeson, 1977). Meskipun demikian, pemberian tepung bulu jelas menunjukkan penghematan dari sisi biaya pakan jika dibandingkan dengan bungkil kedelai.

Cabrera-Núñez *et al.* (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa suplementasi 30% kombinasi antara *poultry manure* dan *poultry meal* meningkatkan ADG sapi dara mencapai 1,0 kg/hari. Suplementasi yang seimbang dengan kadar protein dan energi yang optimal dalam ransum tersebut secara signifikan juga meningkatkan kualitas karkas karena *poultry meal* merupakan produk samping unggas yang merupakan sumber protein dengan nilai biologis tinggi. Hasil tersebut didukung oleh Washaya *et al.* (2018) dalam penelitiannya dengan menggunakan kombinasi tepung jagung (75%) dan *Poultry manure* (25%) mampu meningkatkan pencernaan bahan kering dan organik serta meningkatkan ADG pada kambing. Kemampuan tersebut tidaklah mengherankan karena *poultry manure* merupakan bentuk nitrogen non-protein (NPN) yang mengandung protein kasar sekitar 15-30% dan lebih dari setengahnya merupakan protein sejati (*true protein*) sedang sisanya adalah NPN (Tadele and Amha, 2015; Zurak *et al.*, 2023). Komponen NPN dalam *poultry manure* tersebut berbentuk asam urat yang dapat dimanfaatkan oleh ruminansia melalui mikroba rumen yang mengubah nitrat menjadi ammonia. Selanjutnya ammonia diabsorpsi oleh mikroba rumen guna kepentingan sintesis protein mikroba tersebut (Ajayi *et al.*, 2016).

Table 4 menunjukkan bahwa tepung darah dapat meningkatkan penambahan berat badan dan kualitas bulu pada domba. Tepung darah bermanfaat bagi ruminansia karena kandungan proteinnya yang tinggi dan asam amino yang tahan terhadap degradasi dalam rumen (King *et*

al., 2019). menyatakan bahwa tepung darah bersifat tahan terhadap degradasi oleh mikroorganisme dalam rumen sehingga dapat meningkatkan jumlah dan kualitas protein pakan yang dapat mencapai usus halus yang pada akhirnya diharapkan dapat meningkatkan produksi (Loerch *et al.*, 1983; Palmquist and Weiss, 1994). Klemesrud *et al.*, (2000) dan Piepenbrink *et al.*, (1998) menambahkan bahwa tepung darah mengandung lebih banyak asam amino esensial daripada bungkil kedelai tetapi defisien asam amino, sulfur dan isoleusin. Defisiensi asam amino tersebut menurut Maiga *et al.*, (1996) dapat dicukupi dengan menambahkan dari sumber protein yang lain.

Litter dan manure unggas lebih banyak dimanfaatkan sebagai pakan ruminansia jika dibandingkan dengan limbah unggas yang lain (Alam *et al.*, 2008). Table 4 menunjukkan bahwa penggunaan litter dan manure unggas mampu meningkatkan pencernaan ruminansia, pertumbuhan, performans dan ADG. Sebaliknya, hasil penelitian Okeudo and Adegbola (1993) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada kambing *African Dwarf goats* yang diberi pakan manure dengan bungkil kedelai. Meskipun demikian, dipandang dari sisi ekonomis memiliki keuntungan karena biaya pakan yang dikeluarkan menjadi jauh lebih rendah. Menurut Ben-Ghedalia *et al.* (1982), manure merupakan suplemen mineral yang tepat dalam ransum domba dan sapi perah karena kandungan fosfor dan magnesium yang tinggi. Namun, manure memiliki kandungan kalsium yang tinggi sehingga jika diberikan dalam jumlah yang berlebihan akan dapat menyebabkan gangguan keseimbangan metabolisme kalsium pada sapi perah (Tagari, 1978; Neumann *et al.*, 1977).

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa hasil penelitian pemanfaatan limbah industri perunggasan masih cukup bervariasi. Namun demikian hal tersebut wajar karena banyak faktor yang mempengaruhi. Faktor yang dapat

mempengaruhi hasilnya antara lain adalah jenis limbah unggas yang digunakan sebagai bahan (Caires, 2010), proses pengolahan limbah (Lasekan *et al.*, 2013), sumber protein pembanding (Washaya *et al.*, 2018), prosentase limbah yang digunakan (Cabrera-Núñez *et al.*, 2018), jenis ruminansia (Jayathilakan *et al.*, 2012) dan metode penelitian yang digunakan (Chavda *et al.*, 2014). Tabel 4 juga menunjukkan bahwa kombinasi limbah industri perunggasan jika diberikan pada ternak hasilnya akan lebih optimal jika dicampur dengan bahan pakan yang lain. Pencampuran dengan bahan pakan yang lain seperti tepung jagung tersebut akan meningkatkan biaya pakan, akan tetapi tetap akan lebih hemat jika dibandingkan dengan pemberian tepung jagung tunggal.

KESIMPULAN

Pemanfaatan limbah industry perungggasan sampai saat ini dapat dianggap sebagai sumber protein dengan nilai biologis yang tinggi. Dengan mempertimbangkan karakteristik nilai nutrisinya dan ketersediaannya dalam jumlah besar limbah tersebut dapat dikategorikan sebagai sumber protein untuk pakan komersial ruminansia dan memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap penurunan biaya produksi usaha peternakan ruminansia.

DAFTAR PUSTAKA

- AAFCO. 2016. Official Publication; Association of American Feed Control Officials: Atlanta, GA, USA, 2016.
- Abiola, S.S., N.E. Radebe, C.V.D. Westhuizen, & D.O. Umesiobi. 2012. Whole hatchery waste meal as alternative protein and calcium sources in broiler diets. *Archivos de Zootecnia*, 61(234): 229-234.
- Abiola, S.S., & E.K. Onunkwor. 2004. Replacement value of the hatchery waste meal for fish meal in layer diets. *Bioresour. Technol.* 95 (1): 103-106.
- Adejumo, I.O., C. Adetunji, K. Ogundipe. & S.N. Osademe. 2016. Chemical Composition and Amino Acid Profile of Differently Processed Feather Meal. *Journal of Agricultural Sciences*. 61(3)237-246.
- Adeleye, O. A. 1991. Dried poultry droppings as a source of dietary nitrogen for sheep fed com-cob based diet. *W.Afr. J. Bio. appl. Chem.* 136 (1-4): 19- 23.
- Adeniji A.A., & S.S. Adesiyon. 2007. The Feeding Value Of Hatchery Waste Meal In The Diets Of Early-Weaned Piglets. *Agrosearch*. 9 (1-2):17 – 22.
- Adeniji, A.A. & M.M. Oyeleke. 2008. Effects of Dietary Grit Fed on the Utilization of Rumen Content by Pullet Chicks, Department of Animal Production, University of Ilorin, Ilorin, Nigeria. *J. appl. sci. res.* 4: 1257-1260.
- Aderibigbe, A.O. & D.C. Church 1987. Evaluation of cardboard and dried poultry waste as feed ingredients for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 18 (3) 209-224.
- Agblevor F.A., S. Beis, S.S. Kim, R. Tarrant. & N.O. Mante. 2010. Biocrude oils from the fast pyrolysis of poultry litter and hardwood. *Waste Management*. 30 (2): 298-307.
- Ahlawat, S.S., D.P. Sharma. & P.C. Panda. 2023. Effect Of Feeding Poultry Viscera Meal n Carcass Traits Of Broiler Rabbits. *Indian Journal of Animal Research*. 35(2): 141 -143o.
- Ajayi, F.T., S.O. Omotoso. & T.O. Dauda. 2016. Performance and nutrient digestibility of West African Dwarf goats fed corncob-poultry dropping silage. *The Pacific Journal of Science and Technology* 17:278- 287.
- Akanni, K.A. & O.B. Benson. 2014. Poultry Wastes Management Strategies and Environmental Implications on Human Health in Ogun State of Nigeria. *Adv. Econ. Bus.* 2 (4): 164-171.
- Alam M.S., M.J. Khan, M.A. Akber. & M. Kamruzzaman, 2008. Broiler litter and layer manure in the diet of growing bull calves. *Bangladesh Vet.* 25 (2): 62-67.

- Al-Harhi, M.A., A.A. El-Deek. M. Salah El-Din. & A.A. Alabdeen. 2010. A nutritional evaluation of hatchery by-product in the diets for laying hens. *Egypt. Poult. Sci.* 30 (1): 339-351.
- Alofa, C.S. & Y. Abou. 2020. A Mixture of Chicken Viscera, Housefly Larvae and Spirulina Waste as Replacement of Fishmeal in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Diets. *Aquaculture Studies*, 21(1): 11-21.
- Alofa, C.S., V. Oke. & Y. Abou. 2016. Effect of replacement of fish meal with broiler chicken viscera on growth, feed utilization and production of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 4(6): 182-186.
- Anderson, D. 2006. Pet Nutrition. In: D. L.Meeker, editor, *Essential rendering all about the animal by-products industry Alexandria (VA): National Renderers Association*; p. 159-177.
- Anoh, K.U. & S.O. Akpet. 2013. Growth Response of Broiler Chickens Fed Diets Containing Blood Meal with Enzyme Supplementation as a Replacement for Fish Meal. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*. 4 (4): 31-34. DOI: 10.9790/2380-0443134
- Anuar, M.A.K., N.H.H. Narashid. M.M. Salleh. & A. Yahya. 2017. A review: Conversion of chicken viscera into protein hydrolysate for palatant production. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*.13 (3): 606-611.
- Arunlertaree, C. & C. Moolthongnoi. 2017. The use of fermented feather meal for replacement fish meal in the diet of *oreochromis niloticus*. *Environment and Natural Resources Journal*. 6(1): 13-24.
- Asiedu, P. F.N.A. Odoi, A.A Prah. P.Y. Wallace. E.K. Adu. G.Z. Bumbie. & D.Y. Osei. 2022. Effects of processing protocols on the potential of hatchery waste as a protein source for livestock production. *Livestock Research for Rural Development* 34 (5): 2022.
- Ayanwale, B.A. 2006. Evaluation of Hydrolysed Feather meal as a Protein Source in rabbit Diets. *Research Journal of Biological Sciences*. 1(1-4): 32-35.
- Ayub, Y., A. Mehmood. J.Ren. & C.K.M. Lee. 2022. Sustainable recycling of poultry litter to value-added products in developing countries of South Asia. *Journal of Cleaner Production*. 357 (4): 132029.
- Baba, I.A., M.T. Bandy. H.M. Khan. A.A. Khan. A. Akhand. & M. Untoo. 2018. Economics of Fermentation of Poultry Farm Waste. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 7(06): 2108- 2112.
- Babatunde, O.O., C.S. Park. & A. Adeola.2021. Nutritional Potentials of Atypical Feed Ingredients for Broiler Chickens and Pigs. *Animals*. 11(5):1196.
- Bagau, B., L.S. Kalangi. S.D. Anis. M. Najoan. & S. Dalie. 2018. The Effect of Fish Meal Substitution with Chicken Viscera in Pig Ration on Blood and Meat Cholesterol, LDL and HDL. *Adv. Nut. Food Sci.* 3(2): 1-2.
- Belewu, M.A. 1997. Broiler litter as feed for ruminants -Potential and limitations under Nigerian conditions. *Ghana Journal of Agricultural Science*. 30(2): 79-85.
- Belewu, M.A, & A.A. Ologunleko. 1996. Digestibility and Nitrogen utilization Hatchery by-product as a Source of Protein for West African Dwarf Goats. *Nigerian Journal of Pure and Applied Sciences*11: 392-397.
- Ben-Ghedalia, D., H. Tagari. A. Geva & S. Zamwel S. 1982. Availability of Macroelements from a Concentrate Diet Supplemented with Soybean Meal or Poultry Manure Fed to Sheep. *J Dairy Sci* 65 (9):1760-1764.
- Bertsch, A. & N. Coello. 2005. A biotechnological process for treatment and recycling poultry feathers as a feed ingredient. *Bioresearch Technology*. 96 (15): 1703-1708.
- Beski, S.S.M., R.A. Swick. & P.A. Iji. 2015. Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review. *Anim Nutr*. 1(2): 47-53.
- Bhaskar, P., S.K. Pyne. & A.K. Ray. 2014. Evaluation Of Poultry Viscera as Potential Fish Feed Ingredient, Compared To Fishmeal. *International Journal of Current Research*. 6 (2): 5241-5243.

- Billen, P., J. Costa, L. Van der Aa, J. Van Caneghem. & C. Vandecasteele. 2015. Electricity from poultry manure: a cleaner alternative to direct land application. *Journal of Cleaner Production*. 96 (1): 467-475.
- Billen, G., E. Aguilera. R. Einarsson. J. Garnier. S. Gingrich. B. Grizzetti. L. Lassaletta. J. Le Noë. & A. Sanz-Cobena. 2021. Reshaping the European agro-food system and closing its nitrogen cycle: The potential of combining dietary change, agroecology, and circularity. *One Earth*. 4 (6): 839-850.
- Bohnert, D.W. B.T. Larson, M.L. Bauer, A.F. Branco, K. R. McLeod, D. L. Harmon. & G.E. Mitchell, Jr. 1998. Nutritional evaluation of poultry by-product meal as a protein source for ruminants: effects on performance and nutrient flow and disappearance in steers. *J Anim Sci*. 76 (9): 2474-2484. DOI: 10.2527/1998.7692474x
- Bozkurt, M., H. Basmacioglu. & M. Ergül. 2004. Effect of Dietary Concentration Meat and Bone Meal on Broiler Chickens Performance. *International Journal of Poultry Science* 3 (11): 719-723.
- Brandelli, A., L. Sala. & and S.J. Kalil. 2015. Microbial enzymes for bioconversion of poultry waste into added-value products. *Food Research International*. 73: 3-12.
- Brunton, E.W. 2012. Animal waste management an industry perspective. *American Society of Agricultural*. DOI: 10.13031/ISSN.2151-0032.
- Bureau, D., A. Harris. & C. Cho. 1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 180(3-4): 345-358.
- Cabrera-Núñez, A., I. Daniel-Renteria, C. Martínez-Sánchez, S. Alarcón-Pulido, S. Rojas-Ronquillo. & S. Velázquez-Jiménez. 2018. Use of poultry by-products as a protein source in the preparation of ruminant diets. *Abanico vet*. 8(2): 59-67.
- Cai, T. & O.C. Pancorbo. 1994. Chemical. and Microbiological Characteristics of Poultry Processing Byproducts, Waste and Poultry Carcasses during Lactic Acid Fermentation. *Journal of Applied Poultry Science Research*. 3(1): 49-60.
- Cai, T., O.C. Pancorbo, C. William. & J.E. Sander. 2014. Stabilization Of Poultry Processing By-Products And Waste And Poultry Carcasses Through Lactic Acid Fermentation. *The Journal of Applied Poultry Research* 3(1):17-25.
- Caires, C.M.I.I., E.A.I.I. Fernandes, N.S.I.I.I. Fagundes, A.P.I.V. Carvalho, M.P.V. Maciel. & B.R. Oliveira. 2010. The use of animal byproducts in broiler feeds: use of animal co-products in broilers diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 12 (1): 41 – 46.
- Castro, F.L.S., L. Chai, C.M. Arango, P.A. Owens, S. Reichelt. C. DuBois. & A. Menconi. 2023. Poultry industry paradigms: connecting the dots. *Journal of Applied Poultry Research*. 32(1): 100310.
- Chastain, J.P., J.J. Camberato. & P. Skewes. 2001. Chapt. 3B: Poultry manure production and nutrient content. In *Confined Animal Manure Managers Certification Program Manual: Poultry Version, 3-b-1 to 3-b-17*. Clemson S.C.: Clemson University Extension. Available at: www.clemson.edu/extension/livestock/livestock/camm/poultry.html
- Chavda, J.A., H.H. Savsani. K.S. Murthy. & N.K. Ribadiya. 2014. Utilisation of poultry excreta as a ruminant feed – A review. *Agricultural Reviews* 35(2):136.
- Chen, P.-Y., J. McKittrick. & M.A. Meyers. 2012. Biological materials: Functional adaptations and bioinspired designs. *Progress in Materials Science* 57: 1492-1704.
- Chickering, III, D. E., M.J., Keegan. G. Randall. H. Bernstein. & J. Straub. (Compiler) 2001. *Spray drying method*: Google Patents.
- Choi, H.S., G.H. Park. J.H. Kim. S.Y. Ji. & D.Y. Kil. 2019. Determination of calcium and phosphorus utilization in various hatchery by-products for broiler chickens. *Korean J Agric Sci*. 46: 361-368. doi: 10.7744/kjoas.20190023.
- Choi, W.J., J.H. Kim. G.P. Han. C.H. Kwon. & D.Y. Kil. 2021. Effects of dietary hatchery by-products on growth performance, relative organ weight, plasma measurements, immune organ index, meat quality, and tibia

- characteristics of broiler chickens. *Anim Biosci.* 34(7):1181-1192. doi: 10.5713/ab.20.0755.
- Church, D.C., D.A Daugherty. & W.H. Kennick. 1982. Nutritional evaluation of feather and hair meals as protein sources for ruminants. *J. Anim. Sci.* 54 (2): 337-344.
- Colembergue, J.P., M.M. Souza. & C. Prentice. 2019. Influence of process conditions used to obtain protein isolates from chicken feather meal. *International Food Research Journal* 26(4): 1351-1357
- Cruz, V.C., P.C. Araújo. J.R. Sartori. A.C Pezzato. J.C. Denadai. G.V. Polycarpo. L.H. Zanetti & C. Ducatti. 2012. Poultry offal meal in chicken: traceability using the technique of carbon ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)- and nitrogen ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$)-stable isotopes. *Poult Sci.* 91(2): 478-86.
- Cruz, V.C., C.I. Ducatti. P.C.I. Araújo. J.R. Sartori. & A. Piccinin. 2009. Effect of poultry viscera meal inclusion in broiler diets in different rearing periods on performance, carcass and parts yields. *Braz. J. Poult. Sci.* 11 (3): 175-179.
- Dale, N. 1992. True Metabolizable Energy of Feather Meal. *Journal of Applied Poultry Research.* 1(3): 331-334.
- Dalle, N.S., S. Sembiring. & E.J.L. Lazarus. 2022. Effect of Including Fermented Feather Meal as Substitution of Concentrate in the Basal Diet with Different Levels on the Performance of Landrace Crossbred Pigs. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia.* 17 (1): 44-50.
- Dalólio, F.S., J.N. da Silva. A.C.C. de Oliveira. I.D.F.F. Tinóco. R.C. Barbosa. M. de Oliveira Resende. L.F.T. Albino. & S.T. Coelho. 2017. Poultry litter as biomass energy: A review and future perspectives. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 76: 941-949.
- Daugherty, D.A., & D.C. Church. 1982. In Vivo and in Vitro Evaluation of Feather and Hair Meals in Combination with Urea for Ruminants, *Journal of Animal Science.* 54 (2): 345-352.
- Deshmukh, A.C., & P.H. Patterson. 1997. Preservation of Hatchery Waste by Lactic Acid Fermentation. 2. Large-Scale Fermentation and Feeding Trial to Evaluate Feeding Value. *Poultry Science* 76 (9):1220-1226.
- Dhaliwal, A.P.S., B.K. Shingari. & K.L. Sapra. 1997. Chemical composition of hatchery waste. *Pak. Vet. J.* 17 (4): 168-170
- Dhungana, B., S.P. Lohani. & M. Marsolek. 2022. Anaerobic Co-Digestion of Food Waste with Livestock Manure at Ambient Temperature: A Biogas Based Circular Economy and Sustainable Development Goals. *Sustainability*14(6): 3307.
- Drewyor, M.E., & P.W. Waldroup. 1998. Utilization of high levels of meat and bone meal in broiler diets. *Journal of Applied Poultry Research.* 9 (2):131-141.
- Drouzas, A., & H. Schubert, H. 1996. Microwave application in vacuum drying of fruits. *Journal of food Engineering,* 28(2): 203-209.
- El Boushy, A.R., A.F.B. van der Poel. & O.E.D. Walraven. 1990. Feather meal—A biological waste: Its processing and utilization as a feedstuff for poultry. *Biological Wastes,* 32(1): 39-74.
- Fakhfakh-Zouari, N., N. Hmidet. A.S. Haddar. S. Kanoun. & M. Nasri. 2010. A novel serine metallokeratinase from a newly isolated *Bacillus pumilus* A1 grown on chicken feather meal: biochemical and molecular characterization. *Applied Biochemical Biotechnology.* 162 (2): 329-344.
- FAO. 2023. International Egg Commission. Global Egg Production Continues to Grow Food and Agriculture Organization (2018). Accessed Jun. 2023.
- Farrell D. 2013. Poultry Development Review. Food and Agriculture Organization of the United Nations; Rome, Italy: 2013.
- Fibrowatt. 2008. Power from poultry litter. Langhorne, Pa.: Fibrowatt. Available at: fibrowattusa.com.
- Ghaly, A.E., & K.N. MacDonald. 2012. Drying of Poultry Manure for Use as Animal Feed. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences.* 7 (3): 239-254.

- Giri, S.S., S.K. Sahoo. & S.N. Mohanty. 2010. Replacement of by-catch fishmeal with dried chicken viscera meal in extruded feeds: effect on growth, nutrient utilisation and carcass composition of catfish *Clarias batrachus* (Linn.) fingerlings. *Aquaculture International*. 18: 539-544.
- Glatz, P., & Z. Miao. 2009. High Value Products from Hatchery Waste. © 2009 Rural Industries Research and Development Corporation. Electronically published by RIRDC in April 2009. Canberra at www.rirdc.gov.au
- Gorliczay, E., I. Boczonádi. N.É. Kiss. F.A. Tóth. S.A. Pabar. B. Biró. L.R. Kovács. & J. Tamás. 2021. Microbiological Effectivity Evaluation of New Poultry Farming Organic Waste Recycling. *Agriculture*. 11(7): 683.
- Grazziotin, A., F.A. Pimentel. E.V. de Jong. & A. Brandelli. 2006. Nutritional improvement of feather protein by treatment with microbial keratinase. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126 (1) :135-144.
- Hasni, M.S., H.A. Sahito. M.A. Memon. M.I. Sanjrani. M.A. Gopang. & N.A. Soomro. 2014. Effect of Feeding Various Levels of Feather Meal as a Replacement of Fish Meal on the Growth of Broiler. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. 3(2): 2319-1473.
- Hidayat, C., S. Purwanti. Komarudin & Rahman. 2021. Reducing air pollution from broiler farms. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 788 (2021): 012150.
- Ilian, M.A. & A.J. Salman 1986. Feeding Processed Hatchery Wastes to Poultry. *Agricultural Wastes* 15 (1986) 179-186 *Agricultural Wastes* 15 (1986) 179-186.
- Jakhmola, R. C., S. S. Kundu. M.T. Punj. S. Kiran. D.N. Kamra. & S. Rameshwar (1988) Animal excreta as ruminant feed: Scope and limitations under India conditions. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19 (1&2), 1-23.
- Jayathilakan, K., K.Sultana. K. Radhakrishna. & A.S. Bawa. 2012. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *J Food Sci Technol.* 49(3):278-293.
- Kanani, F., M.D. Heidari. B.H. Gilroyed. & N. Pelletier. 2020. Waste valorization technology options for the egg and broiler industries: a review and recommendations. *Journal of Cleaner Production*. 262, 121129.
- Kannah, R.Y., J. Merrylin. T.P. Devi. S. Kavitha. P. Sivashanmungam. G. Kumar. & J.R. Banu. 2020. Food waste valorization: biofuels and value added product recovery. *Bioresource Technology Reports*. 11: 100524.
- Kant, V., P. Singh. P.K. Verma. I. Bais. M.S. Parmar. A. Gopal. & V. Gupta. 2013. Anticoccidial Drugs Used in the Poultry: An Overview. *Science International*. 1: 261-265.
- Karunajeewa, H., S. Abu-Serewa. S. Tham. & P. Harris. 1989. Effects on egg production and quality of supplementing the diet of hens laying brown eggs with blood meal and magnesium chloride. *The Journal of Agricultural Science*. 113(3): 299-303.
- Katz, L.J., J.L. Nelssen. M.D. Tokach. R.D. Goodband. T.L. Weeded. S.S. Dritz. J.A. Hansen. & K.G. Friesen. 1994. The Effects of Spray-Dried Blood Meal on Growth Performance of the Early-Weaned Pig. *J. Anim. Sci.* 72:2860-2869.
- Kazemi-Bonchenari, M., A.R. Alizadeh. L. Javadi. M. Zohrevand. N.E. Odongo. & A.Z.M. Salem. 2017. Use of poultry pre-cooked slaughterhouse waste as ruminant feed to prevent environmental pollution. *Journal of Cleaner Production*. 145 (2017) 151e156.
- Khan, S.H. & B.M. Bhatti. 2002. Effect of feeding cooked hatchery waste in the performance of broilers. *Pakistan Vet. J.* 22(1):27-39.
- King, R.H. & R.G. Campbell. 1978. Blood meal as a source of protein for grower/finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 3 (2): 191-200.
- King, T.M., J.K. Beard. M.M. Norman. H.C. Wilson. J.M. Macdonald. & J.T. Mulliniks. 2019. Effect of supplemental rumen undegradable protein and glucogenic precursors on digestibility and energy metabolism in sheep, *Translational Animal Science*. 3 (Suppl1); 1714-1718.

- King'ori, A.M., J.K. Tuitoek. & H.K. Muiruri. 1998. Comparison Of Fermented Dried Blood Meal and Cooked Dried Blood Meal As Protein Supplements For Growing Pigs. *Tropical Animal Health and Production*. 30 (3) 191-196.
- Kirkpinar, F., Z. Acikgoz. M. Bozkurt. & V. Ayhan, 2004. Effects of inclusion of poultry by-product meal and enzyme-prebiotic supplementation in grower diets on performance and feed digestibility of broilers. *British Poult. Sci.* 45(2): 273-279.
- Kiss, N.É., J. Tamás, N. Szöllösi. E. Gorliczay. & A. Nagy. 2021. Assessment of Composted Pelletized Poultry Litter as an Alternative to Chemical Fertilizers Based on the Environmental Impact of Their Production. *Agriculture*. 11(11): 1130.
- Klemesrud, M.J., T.J. Klopfenstein. & A.J. Lewis. 2000. Evaluation of feather meal as a source of sulfur amino acids for growing steers. *J. Anim. Sci.* 78 (1): 207-215. DOI: 10.2527/2000.781207x
- Kpogue, D.N.S. A.B. Aboh. D.S.J.V. Vodounnou. F.O. Malomon. S. Agonha. & E.D. Fiogbe. 2019. *AAFL Bioflux*. 12 (5): 2030.
- Kramer, S. L. 1978. Amino acids in commercially produced blood meals. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 26(4): 979-981.
- Kristinsson, H.G. & B.A. Rasco. 2000. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 40(1): 43 -81.
- Lallo, C.H.O., G.W. Garcia. 1994. Poultry by-product meal as a substitute for soybean meal in the diets of growing hair sheep lambs fed whole chopped sugarcane. *Small Ruminant Research*. 14 (2): 107-114.
- Lasekan, A., F. Abu Bakar. & D. Hashim. 2013. Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Manag.* 33(3): 552-565.
- Latshaw, J.D., N. Musharaf. & R. Retrum. 1994. Processing of feather meal to maximize its nutritional value for poultry. *Animal Feed Science and Technology* 47 (3-4): 179-188.
- Leinonen, I., A.G. Williams. J. Wiseman. J. Guy. & I. Kyriazakis. 2012. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: broiler production systems. *Poultry Science*. 91(1): 8-25.
- Loerch, S. C., L.L. Bexger. S.D. Plegge. & O.C. Fahey, Jr. 1983. Digestibility and rumen escape of soybean meal, blood meal, meat and bone meal and dehydrated alfalfa nitrogen. *J. Animal. Sci.* 57(4):1037. DOI:10.2527/jas1983.5741037x
- Lopez- Masquera, M.E., F. Cabaleiro. M.S. Sainz. A. López- Fabal. & E. Carral. 2008. Fertilizing value of broiler litter: Effects of drying and pelletizing. *Bioresource Technol.* 99 (13): 5626-5633. doi: 10.1016/j.biortech.2007.10.034.
- Lu, C.D., M.J. Potchoiba. T. Sahlu. & J.M. Fernandez. 1990. Performance of dairy goats fed isonitrogenous diets containing soybean meal or hydrolyzed feather meal during early lactation. *Small Rumin. Res.* 3(5): 425-434.
- M'Ncene, W., J. Tuitoek. & H. Muiruri. 1999. Nitrogen utilization and performance of pigs given diets containing a dried or undried fermented blood/molasses mixture. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 78 (3-4): 239-247.
- Machado, G.S., A.P.F. Correa. P.G.D.S. Pires. L. Marconatto. A. Brandelli. A.D.M Kessler. & L. Trevizan. 2021. Determination of the Nutritional Value of Diet Containing *Bacillus subtilis* Hydrolyzed Feather Meal in Adult Dogs. *Animals*. 11(12): 3553.
- Maheshwari, S. 2013. Environmental Impacts of Poultry Production. *Poult Fish Wildl Sci.* 1:1
- Maiga, H.A., D.J. Schingoethe. & J. Ellison-Henson. 1996. Ruminant degradation, amino acid composition, and intestinal digestibility of the residual components of five protein supplements. *J. Dairy Sci.* 79 (9): 1647-1653.
- Makinde, O.A. & E.B. Sonaiya. 2011. Utilization of sun-dried maize offal with blood meal in diets for broiler chickens. *Open Journal of Animal Sciences* 1(3): 106-111.
- Malovanyy, M., M. Kanda. R Paraniak. Z. Odnorih. & I. Tymchuk. 2021. The Strategy of

- Environmental Danger Minimization from Poultry Farms Waste. *Journal of Ecological Engineering*. 22(5): 229-237.
- Mandey, J.S., C.A. Rahasia. B.F.J Sondakh. C.J. Pontoh. & J.R. Leke. 2017. The Effect of Dietary Substitution of Hydrolyzed Feather Meal to Anchovy Fish Meal on Nutrients Retention, Performance and Economic Potential of Broiler Chickens. *Proceedings of the 15th ASEAN Conference on Food Science and Technology*. November 14-17, Ho Chi Minh City, Vietnam
- Mata-Alvarez, J., J. Dosta. M. Romero-Güiza. X Fonoll. M. Peces. & S. Astals. 2014. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 36: 412-427.
- McCaskey, T. A., B. G. Ruffin. J. T. Eason. & R. C. Strickland. 1994. Value of broiler poultry litter as feed for beef cattle. p. 267-272. In *Proc. 1994 National Poultry Waste Management Symposium*, Univ. of Georgia, Oct. 30-Nov. 2, 1994
- McCasland, E., & L.R. Richardson 1966. Methods for Determining the Nutritive Value of Feather Meals. *Poultry Science*. 45 (1): 1231-1236.
- Meeker, D.L. & J.L. Meisinger. 2015. Companion animals symposium: rendered ingredients significantly influence sustainability, quality, and safety of pet food. *J. Anim. Sci.*, 93 (3): 835-847. doi: 10.2527/jas.2014-8524.
- Mezes L., A. Nagy. B. Galya. & J.Tamas. 2015. Poultry feather waste recycling possibility as soil nutrient. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(4): 244-252. DOI:10.18393/ejss.2015.4.244-252
- Miller, B.F. 1984. Extruding hatchery waste. *Poult. Sci.* 63 (6): 1284-1286.
- Mokrejs, P., R. Gal. D. Janacova. M. Plskova. & M. Zacharova. 2017. Chicken Paws By-products as an Alternative Source of Proteins. *Orient J Chem*. 33(5).
- Mokrejs, P., P. Svoboda, J. Hrnčirik. D. Janacova. & V. Vasek 2011. Processing poultry feathers into keratin hydrolysate through alkaline-enzymatic hydrolysis. *Waste Management & Research*. 29(3):260-267.
- Morand, E.T., Jr., J.D. Summers. & S.J. Slinger. 1966. Keratin as a source of protein for the growing chick. I. Amino acid imbalance as the cause of inferior performance of feather meal and the implication of disulfide bonding in raw feathers as the reason for poor digestibility. *Poul. Sci.* 45 (6): 1257-1266.
- Mottet, A. & G. Tempio. 2017. Global poultry production: current state and future outlook and challenges. April 2017. *World's Poultry Science Journal*. 73(2):1-12.
- Mullabaev, N., J. Sobirov. G. Urunova. M. Yuldashov. & B. Kamilov. 2022. Chicken-based by-products as a main component in African Catfish (*Clarias gariepinus*) in the environments of Uzbekistan IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1068 (2022) 012039 IOP Publishing
- Muller, Z.O. 1982. Feed for animal wastes: Feeding Manual. *FAO Animal Production and Health Paper*. Number 28., Rome.
- Mustafa, E.A., E.M. Hamad. M.M.O. Elhassan. A.M.A. Salman. M.M.E. Elsidig. & M.A. Lamyia. 2018. Disposal of dead birds and manure in poultry farms under different production and management systems in Khartoum State, Sudan. *World J. Pharm. Pharm. Sci.* 7: 61-70.
- Nadeem, M.A., A. Ali A, Azim. & A.G. Khan. 1993. Effect of feeding broiler litter on growth and nutrient utilization by Barbari goat. *Asian-Australas J Anim Sci.* 6 (1):73-77.
- Neumann, F., T.A. Nobel. & E. Bogin. 1977. Enzootic calcinosis in sheep and C-cells hyperplasia of the thyroid. *Vet. Rec.* 101(18):364-366
- Newton, G.L., P.R., Utely. R.J. Ritter. & W.C. McCormick. 1977. Performance of beef cattle fed wastage and digestibility of wastage and dried waste diets. *Journal of Animal Science*. 44 (3) 447.
- Nursinatrio, & R.A. Nugroho. 2019. Hydrolyzed Chicken Feather Meal as Protein Source for Red Tilapia (*Oreochromis sp.*) Aquafeeds. *Pakistan J. Zool.* 51(4): 1489-1496.

- Odeyemi, O.A., O.O. Alegbeleye. M. Strateva. & D. Stratev. 2020. Understanding spoilage microbial community and spoilage mechanisms in foods of animal origin. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 19 (2): 319-331.
- Ojebiyi, O.O., I.O. Oladunjoye. T.A. Rafiu. M.D. Shittu. & O. Ajayi. 2014. Synergistic effects of hatchery by-products and cassava peel meal mixtures on the performance of crossbred growing rabbits. *Online J. Anim. Feed Res.* 4(4): 91-96.
- Oké, V., H.O. Odountan. & Y. Abou. 2016. Chicken Viscera Meal as a Main Component in Diet for African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) Reared in Earthen Ponds. *Journal of Food and Nutrition Research.* 4 (12): 799-805
- Okeudo, N.J. & A.A. Adegbola, 1993. Utilisation of dried caged-hen manure and cassava peels for intensive sheep production. *Tropical Anim. Health Product.* 25: 234-238.
- Osunbami, O.T. & O. Adeola. 2022. Energy value of hydrolyzed feather meal and flash-dried poultry protein for broiler chickens and pigs, *Journal of Animal Science.* 100 (3) March 2022, skac073.
- Owen, O.J., J.P. Alawa. S.N. Wekhe. N.O. Isirimah. E.C. Chukuigwe. A.O. Aniebo. E.M. Ngodigha. & A.O. Amakiri. 2009. Incorporating Poultry Litter In Rabbit Feed: A Solid Waste Management Strategy. *Egyptian J. Anim. Prod.* 46(1):63-68.
- Palmquist, D.L. & W.P. Weiss. 1994. Blood and Hydrolyzed Feather Meals as Sources of Undegradable Protein in High Fat Diets for Cows in Early Lactation. *Journal of Dairy Science.* 77 (6):1630-1643.
- Pan, L., X.K Ma. H.L. Wang. X. Xu. Z.K. Zeng. Q.Y. Tian. P.F. Zhao. S. Zhang. Z.Y. Yang. & X.S. Piao. 2016. Enzymatic feather meal as an alternative animal protein source in diets for nursery pigs. *Animal Feed Science and Technology.* 212: 112-121.
- Papadopoulos, M.C. 1984. Feather meal: Evaluation of the effect of processing conditions by chemical and chick assays. PhD. Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Papadopoulos, M.C. 1985. Processed chicken feathers as feedstuff for poultry and swine. A review. *Agricultural Wastes.* 14 (4), 275-290.
- Pate, F.M., W.F. Brown. & A.C. Hammond. 1995. Value of feather meal in a molasses-based liquid supplement fed to yearling cattle consuming a forage diet. *J Anim Sci.* 73(10):2865-2872.
- Piepenbrink, M. S., D.J. Schingoethe. M.J. Brouk. & G.A. Stegeman. 1998. Systems to evaluate the protein quality of diets fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 81 (4): 1046-1061.
- Potti, R.B. & M.O. Fahad. 2017. Extraction and Characterization of Collagen from Broiler. Chicken Feet (*Gallus gallus domesticus*) - Biomolecules from Poultry Waste. *Journal of Pure and Applied Microbiology.* 11(1):315-322.
- Rahimi, M.R., Y.A. Alijoo. R. Pirmohammadi. & M. Alimirzaei. 2018. Effects of feeding with broiler litter in pellet-form diet on Qizil fattening lambs' performance, nutrient digestibility, blood metabolites and husbandry economics. *Vet Res Forum.* 9(3):245-251.
- Ramadhan, R.F., Wizna, Y. Marlida. & Mirzah. 2016. Fermentation of Blood Meal with *Bacillus amyloliquefaciens* as Broiler Feeding. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances.* 11(12): 840-846.
- Rasool, S., M. Rehan. A. Haq. & M.Z. Alam. 1999. Preparation and Nutritional Evaluation of Hatchery Waste Meal for Broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 12(4): 554-557.
- Redoy, R.A., M. Rahman. M. Al-Mamun. & K.M.S. Islam. 2021. Short Time Preservation of Poultry Viscera Meal and its Potentiality as a Source of Protein in Broiler Diet. *International Journal of Poultry Science.* 20: 67-75.
- Rezayipoor, N., O. Dayani. A.A. Mehrgardi. R. Tahmasbi. & A. Khezri. 2022. Effects of substituting hatchery wastes for cotton seed meal in fattening male lamb diets on feed intake, live animal performance, carcass

- composition and physico chemical characteristics of *Longissimus thoracis*. *Meat Science*. 187(1):108768.
- Ritchie, H. & M. Roser. 2019. Meat and dairy production. *Our World in Data*. Online. Retrieved from <https://ourworldindata.org/meatproduction#citation>
- Rude, B.J. & D.L. Rankins. 1995. Effect of hay supplementation on performance of and digestibility in growing steers fed broiler litter with or without molasses addition. *J. Anim. Sci.* 73 (Supplement 1): 287.
- Said, M.I., E. Abustam. W. Pakiding. M.Z. Mide & M. Sukma, M. 2018. Synthesis of Feather Concentrate from Broiler Feather Waste using Different Chemical Hydrolysis Process and Effect on Its Properties. *OnLine Journal of Biological Sciences*.18 (3): 270-276.
- Saleh, H.M. K.M. Elwan. H.A. El-Fouly. & L.I. Ibrahim. 2022. The Use Of Poultry Waste As A Dietary Supplement For Ruminants. 43-51. *International Atomic Energy Agency*.
- Sams, A.R. 2016. Poultry Processing and Products. In book: *Reference Module in Food Science*, DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.02980-2
- Sarkar, M.S.I. & S.Islam. 2021. A Study on Proximate Analysis of Chicken Intestine and Chicken Skin. *International Journal of Scientific Research & Engineering Trends*. 7(2): 737-741.
- Seidavi, A.R., H. Zaker-Esteghamati. & C.G. Scanes. 2018. Chicken processing: impact, co-products and potential. *World's Poult. Sci. J.* 75 (1): 55-68.
- Šližytė, R., R. Mozuraitytė. O. Martínez - Alvarez. E. Falch. M. Fouchereau - Peron. & T. Rustad, 2009. Functional, Bioactive and Antioxidative Properties of Hydrolysates Obtained from Cod (*Gadus morhua*) Backbones. *Process Biochemistry*. 44 (6): 668 -677.
- Steffens, W. 1994. Replacing fish meal with poultry by product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 124 (1-4): 27-34.
- Straub, D. 1977. A hot issue-chicken manure. *Tilth producers quarterly. A Journal of Organic and Sustainable Agriculture*. United States Department of Agriculture (USDA). 1995. Laboratory methods for soil and foliar analyses in long-term environment monitory programs. EPA/600/R-95/077.
- Sung, J.Y. & B.G. Kim. 2020. Effects of a Hatchery Byproduct Mixture on Growth Performance and Digestible Energy of Various Hatchery Byproduct Mixtures in Nursery Pigs. *Animals*. 10(1):174.
- Sung, J.Y., S.Y. Ji. & B.G. Kim. 2022. Additivity of digestible energy and nutrient concentrations in hatchery byproducts fed to nursery pigs. *Anim Biosci*. 35(3): 453-460
- Sung, J.Y., S.Y. Ji. A.R. Son. & B.G. Kim. 2019. Energy concentration and phosphorus digestibility in hatchery byproducts fed to nursery pigs. *Animals*. 9 (5): 255.
- Swain, B.K., E.B. Chakurkar. & S.B. Barbuddhe S.B. 2011. Effect of feeding processed poultry hatchery waste on the performance of Vanaraja chicks. *Indian Journal of Poultry Science*. 46(1): 67-69
- Swan, J. E. (2000). *Animal, By-product Processing*. In F. J. Francis (Ed.), *Wiley encyclopedia of food science and technology*.5 (4). New York: Wiley.
- Swetlana, N. & P.C.Jain, P.C. 2010. Feather degradation by strains of *Bacillus* isolated from decomposing feathers. *Brazilian Journal of Microbiology* 41: 196-200.
- Tadele, Y. & N. Amha. 2015. Use of Different NonProtein Nitrogen Sources in Ruminant Nutrition: A review. *Advances in Life Science and Technology*. 29: 100-105.
- Tagari, H. 1978. Recycled animal waste as a feed stuff: Economic importance, processing data and nutritive value for ruminants. *Refu. Vet.* 35:123.
- Tesfaye, T., B. Sithole. D. Ramjugernath. & V. Chunilall. 2017. Valorisation of chicken feathers: Characterisation of chemical properties. *Waste Manage. N.Y.*, 68: 626-635.
- Thomas, V.M. & W.M. Beeson. 1977. Feather Meal and Hair Meal as Protein Sources for Steer Calves, *Journal of Animal Science*. 45 (4): 819-825.

- Ungureanu, N., V. Vladut. S.S.Biris. M. Dinca. D. Mirela. & N.E. Gheorghita. 2022. Management of by-products and waste from poultry meat industry Conference: International Symposium ISB-INMATEH – Agricultural and Mechanical Engineering At: Bucharest, Romania
- Van Kernebeek, H. R., S.J. Oosting. M.K.Van Ittersum. P. Bikker. & I.J.De Boer. 2016. Saving land to feed a growing population: consequences for consumption of crop and livestock products. *Int. J. Life Cycle Assess.* 21: 677-687.
- Van Zanten, H.H., M.K. Van Ittersum. & I.J. De Boer. 2019. The role of farm animals in a circular food system. *Glob. Food Sec.* 21: 18-22.
- Vermeulen, B., P. De Backer. & J.P.Remon. 2002. Drug administration to poultry. *Adv Drug Deliv Rev.* 54(6):795-803.
- Voběrkova, S., A. Maxianová. N. Schlosserová. D. Adamcová. M Vršanská. L. Richtera. M. Gagić. J. Zloch. & M.D.Vaverková. 2020. Food waste composting. Is it really so simple as stated in scientific literature? A case study. *The Science of the Total Environment.* 723, 138202.
- Volpato, J.A., L.B. Ribeiro. G.B. Torezan. I.C. da Silva. I. de Oliveira Martins. J.L. Genova. N.T.E. de Oliveira. S.T. Carvalho. P.L. de Oliveira Carvalho. & R.S. Vasconcellos. 2022. Characterization of the variations in the industrial processing and nutritional variables of poultry by-product meal. *Poultry Science.* 101(7): 101926.
- Washaya, S., B. Tavirimirwa. R Namilonga. N. Tembure. & A. Kaphuma. 2018. Poultry manure as a protein supplement in indigenous goat production in Zimbabwe. *International Journal of Livestock Production.* 9(9): 246-252.
- Weerasinghe, K.A.T.D. & M. Hettiarachchi. 2011. Effects of chicken blood meal incorporated fish feed, on growth performances and protein assimilation in red tilapia. May 2011 Conference: Seventeenth Annual Scientific Sessions of Sri Lanka Association for Fisheries and Aquatic Resources At: Colombo Vol.: 17
- Wilder O.H.M., P. C. Ostby. & B.R. Gregory. 1955. The Use of Chicken Feather Meal in Feeds. *Poultry Science.* 34 (3) 518-524.
- Wongngam,W., T. Mitani. S. Katayama. S. Nakamura. & J. Yongsawatdigul.2020. Production and characterization of chicken blood hydrolysate with antihypertensive properties. *Poultry Science.* 99 (10): 5163-5174.
- Wychodnik, K., G. Gałęzowska. J. Rogowska. M. Potrykus. A. Plenis. & L.Wolska. *Poultry Farms as a Potential Source of Environmental Pollution by Pharmaceuticals.* *Molecules* 25(5):1031.
- Xavier, S.A.G., J.H. Stringhini. A.B. de Brito. M.A. Andrade. M.B. Café. & N.S.M. Leandro. 2011. Feather and blood meal in pre-starter and starter diets for broilers. *R. Bras. Zootec.* 40 (8): 1745-1752.
- Xavier, S.A.G., J.H. Stringhini. A.B. de Brito. M.B. Café. N.S.M. Leandro. M.A. Andrade. & M Laboissière. 2012. Poultry viscera and bone meal in broiler pre-starter and starter diets. *R. Bras. Zootec.* 41(4) :934-940.
- Yusop, S.M. and Babji A.S. Chemical and microbiological composition of poultry meat and by-products. *Malay- J. Anim Sci.* 45-51.
- Yusop, S.M., M.G. O’Sullivan. J.F. Kerry. & J.P. Kerry. 2012. Influence of processing method and holding time on the physical and sensory qualities of cooked marinated chicken breast fillets. *LWT - Food Science and Technology.* 46 (1):363-370.
- Zinina, O., S. Merenkova. & M. Rebezov. 2022. Analysis of modern approaches to the processing of poultry waste and by-products: prospects for use in industrial sectors. *Food Sci. Technol, Campinas,* 42, e03222, 2022.
- Zurak, D., K. Kristina. & J. Aladrović. 2023. Metabolism and utilisation of non-protein nitrogen compounds in ruminants: a review. *Journal of Central European Agriculture.* 24(1):1-14. DOI: /10.5513/JCEA01/24.1.3645