



Somatometri Itik Pengging (*Anas platyrhynchos*) setelah Pemberian Nanokitosan dalam Pakan

Ardelia Padma Nagari^{1*}, Sunarno², Agung Janika Sitasawi³ 

^{1,2,3} Program Studi Biologi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received December 14, 2022

Accepted July 13, 2023

Available online October 25, 2023

Kata Kunci:

Somatometri, Itik Pengging, *Anas platyrhynchos*, Nanokitosan, Aditif Pakan.

Keywords:

Somatometry, Pengging Duck, *Anas platyrhynchos*, Nanokitosan, Feed Additive.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Nanokitosan adalah jenis polisakarida hasil turunan kitosan yang bersumber dari eksoskeleton arthropoda laut seperti krustasea (udang, lobster, kepiting, teritip, kril) serta kutikula serangga. Nanokitosan telah disetujui sebagai feed aditif oleh Badan Pengawas Makanan dan Obat-obatan Amerika Serikat tetapi masih jarang digunakan oleh para peternak lokal di Indonesia. Berdasarkan potensi tersebut dilakukan penelitian dengan tujuan menganalisis pengaruh kadar pemberian aditif pakan nanokitosan dalam pakan terhadap bobot badan dan somatometri itik pengging yang ditunjukkan dengan panjang badan, lingkaran toraks, lingkaran abdomen, panjang leher, paruh, sayap, tibia, dan tarsometatarsus. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri atas 5 perlakuan meliputi P0 (pakan basal 100%), P0 adalah pakan basal tanpa aditif pakan nanokitosan (100% pakan basal); P1, P2, P3, dan P4 adalah pakan basal yang diberi aditif pakan nanokitosan, masing-masing dengan kadar 2,5; 5; 7,5; dan 10 g/kg pakan, tiap perlakuan diulang sebanyak lima kali. Pakan dan minum diberikan secara ad libitum. Data dianalisis menggunakan uji Kruskal Wallis. Berdasarkan hasil analisis penelitian disimpulkan bahwa nanokitosan sebagai aditif pakan dapat mempertahankan bobot badan dan ukuran somatometri pada itik pengging berdasarkan indikator yang diukur, meliputi panjang badan, lingkaran toraks dan abdomen, panjang sayap, leher, paruh, tibia, dan tarsometatarsus. Penggunaan nanokitosan sebagai aditif pakan dapat diberikan pada itik pengging (*Anas platyrhynchos*) umur 4 minggu (fase starter) agar dapat diperoleh efek yang optimal terhadap proses pencernaan, metabolisme, dan performa produktivitas yang terkait dengan bobot badan dan ukuran somatometri pada itik pengging.

ABSTRACT

Coastal sandy soil in Sogesanden Villager, Srigading Subdistrict, Sanden District, Bantul Regency, Special Region of Yogyakarta is sub-optimal land with limited biophysical land. The main problem of cultivation on sandy soil is irrigation's low efficiency and effectiveness. An efficient and effective irrigation system is needed to provide enough moisture for the plants. This study aimed to assemble and implement drip irrigation automation technology on peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivation land. The technology is able to provide water according to the plant water requirements. The method used is assembling irrigation system automation with soil moisture and irrigation applications on cultivation. The results showed that the irrigation automation system had been successfully assembled and applied to coastal sandy soil, the system functioned well. Soil sensors are able to detect soil moisture conditions and send data to the controller. The LCD screen shows the moisture conditions' value > 700 if the soil is dry and the moisture value ≤ 420 if the soil is wet. The automatic tap will open (> 700), water from the reservoir will flow through the hose to the plant roots, and the tap will automatically close and stop the water flow from the reservoir if the moisture value is ≤ 420. It was obtained that the labor efficiency reached 100% after using drip irrigation automation technology.

1. PENDAHULUAN

Lingkungan dan pakan merupakan faktor eksternal yang berpengaruh terhadap pertumbuhan, perkembangan, serta produktivitas itik petelur. Kondisi lingkungan, terutama iklim mikro di sekitar lokasi budidaya itik bersifat dinamis. Pakan juga sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan dan komposisi nutrisi dalam pakan. Perubahan faktor iklim mikro yang tidak menguntungkan serta penurunan kualitas dan ketersediaan nutrisi dalam pakan yang rendah akan berpotensi mengakibatkan ukuran anggota tubuh hewan tidak berkembang dengan baik (Christantyawati et al., 2018; Komi et al., 2021). Ukuran anggota tubuh merupakan variabel fisik dan menjadi indikator penting yang berfungsi untuk memantau dan mengevaluasi kualitas pakan, dinamika iklim mikro, kualitas manajemen budidaya serta kondisi dan status kesehatan hewan. Gambaran status kesehatan dan tingkat produktivitas hewan dapat diketahui melalui metode somatometri. Metode ini merupakan bagian dari morfometri yaitu metode pengukuran terhadap variasi dan perubahan bentuk serta ukuran tubuh dari suatu organisme, yang meliputi panjang paruh, lebar paruh, diameter kepala, panjang leher, diameter leher, panjang sayap, dada, femur,

*Corresponding author.

E-mail addresses: sunarno@lecturer.undip.ac.id (Sunarno)

metatarsus, dan panjang jari kaki ketiga, bobot badan, panjang badan, lingkaran badan serta panjang dan lingkaran tibia (Sitanggang et al., 2015; Suryawan et al., 2017). Somatometri berasal dari dua kata yaitu "soma" yang berarti tubuh dan "metri" yang berarti pengukuran. Somatometri didefinisikan sebagai teknik sistematis untuk mengukur variasi dan perubahan bentuk serta ukuran tubuh suatu organisme. Metode somatometri dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis peralatan, yang meliputi timbangan, penggaris, kaliper, dan pita ukur. Ukuran tubuh hewan memiliki keterkaitan dengan terjadinya perubahan biomassa pada tingkat jaringan, organ, dan individu organisme. Ukuran tubuh mengalami perubahan sebagai respon terhadap konsumsi pakan dan dinamika iklim mikro. Pertambahan ukuran tubuh dapat terjadi ketika sel-sel penyusun jaringan tubuh mengalami peningkatan jumlah dan ukuran terutama pada bagian yang aktif mengalami pertumbuhan (Prabahandari et al., 2021; Wulandari et al., 2015).

Ukuran bagian-bagian tubuh pada hewan budidaya yang sehat ditandai dengan tulang yang mengalami pertumbuhan secara terus-menerus dengan laju pertumbuhan relatif lambat seiring dengan bertambahnya umur sedangkan pertumbuhan otot relatif lebih cepat, sehingga rasio antara tulang dan otot meningkat selama pertumbuhan. Pertumbuhan kedua organ tersebut akan mengalami perlambatan atau konstan setelah hewan mengalami maturasi sistem reproduksi. Variabel ukuran tubuh berhubungan dengan faktor eksternal, yaitu iklim mikro dan nutrisi pakan. Faktor eksternal yang tidak optimal akan memicu terjadinya stres pada hewan yang berdampak pada terganggunya pertumbuhan, perkembangan serta produktivitas hewan ternak sehingga variabel tersebut penting untuk dipantau dan dievaluasi oleh peternak secara periodik (Tamzil, 2014; Wulandari et al., 2015). Ukuran tubuh hewan budidaya seperti itik petelur dapat ditingkatkan melalui pemberian pakan yang berkualitas. Pakan yang berkualitas terdiri dari bahan makanan tunggal atau campuran, baik yang mengalami pengolahan atau tidak diolah yang telah dikombinasikan dengan *feed* aditif untuk meningkatkan kinerja pencernaan, absorpsi nutrisi, proses metabolisme serta menstimulasi pertumbuhan. *Feed* aditif ialah bahan pakan tambahan atau bahan pelengkap non nutrisi pakan yang diberikan pada hewan ternak dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produksi ternak (Kamilah Mulhimah, T. R., & Lestari, 2021; Sunarno et al., 2021). Nanokitosan telah disetujui sebagai *feed* aditif oleh Badan Pengawas Makanan dan Obat-obatan Amerika Serikat. Bahan tersebut saat ini telah banyak digunakan di berbagai bidang bioteknologi, industri kimia, obat-obatan, industri makanan serta pertanian tetapi masih jarang digunakan sebagai aditif pakan oleh peternak itik di Indonesia. Indonesia sebagai negara maritim dengan luas perairan mencapai 5,8 juta km² mempunyai potensi hasil laut dan produk turunan yang melimpah. Produk laut seperti kepiting, udang, lobster, teritip, kril, dan sotong mengandung kitin yang dapat digunakan sebagai bahan penyusun nanokitosan (Abdel-Ghany & Salem, 2020; Muthu et al., 2021).

Nanokitosan ialah jenis polisakarida hasil turunan kitosan yang terdiri atas 2 unit kopolimer, yaitu unit β -(1,4)-2-acetamido-2-deoksi-D-glukosa dan β -(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa yang tergolong murah dan ekonomis, yaitu berkisar antara 30-500 US\$/kg (Kadouche et al., 2017; Liaqat & Eltem, 2018; Muzzarelli et al., 2012). Nanokitosan mudah larut dalam larutan asam, memiliki sifat polaritas rendah, dan dapat dicerna dalam saluran pencernaan hewan monogastrik (berlambung tunggal). Nanokitosan diketahui juga memiliki kombinasi sifat unik, yaitu mudah mengalami degradasi (*biodegradability*), mudah diperbarui (*biorenewable*), dan biofungsional, hidrofilitas tinggi serta biokompatibel. Nanokitosan memiliki reaktivitas kimia yang baik karena mempunyai gugus amina dan hidroksil yang bersifat anti-inflamasi, antioksidan, antimikroba, imunostimulan, antitumor, antikanker, dan hipokolesterolemia (Guan et al., 2019; Muzzarelli et al., 2012). Penelitian yang dilakukan oleh peneliti serupa melaporkan bahwa pakan itik dengan *feed* aditif berupa nanokitosan dengan konsentrasi 250-750 mg/100 g pakan terbukti memberikan pengaruh nyata terhadap performa tubuh dan pencernaan nutrisi usus halus itik yang ditunjukkan dengan peningkatan kadar trigliserida serum dan jumlah bakteri pencernaan seperti *Lactobacillus* dan *Enterococcus*. Hasil ini sesuai bertentangan dengan penelitian yang melaporkan bahwa pemberian *feed* aditif nanokitosan tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi trigliserida (El-Ashram et al., 2020; Kamilah Mulhimah, T. R., & Lestari, 2021).

Bukti penelitian lainnya menunjukkan bahwa nanokitosan memiliki potensi untuk meningkatkan bobot unggas. Nanokitosan diketahui mempunyai gugus fungsi yaitu gugus amina (-NH₂) yang berfungsi untuk merangsang sintesis protein dan gugus hidroksil yang berfungsi merangsang sintesis karbohidrat serta lemak, sehingga ayam yang diberi pakan dengan nanokitosan mengalami pertambahan bobot badan yang lebih baik jika dibandingkan dengan ayam yang tidak diberi nanokitosan. Pemberian nanokitosan dengan konsentrasi 1, 3, dan 5 g/kg pakan oleh peneliti terhadap hewan uji menunjukkan hasil nanokitosan mampu meningkatkan pertumbuhan, total konsumsi pakan, ketersediaan nutrisi, dan total protein serum pada hewan uji (Abd El-Naby et al., 2019; El-Ashram et al., 2020). Pemberian aditif pakan nanokitosan dalam pakan juga dapat memperbaiki morfologi intestinal dan meningkatkan ukuran vilus, ketebalan dan ukuran sel epitel serta otot polos. Nanokitosan mempengaruhi aktivitas mitosis sel epitel pada vili duodenum. Bentuk dan ukuran vili yang meningkat akan memberi pengaruh terhadap aktivitas

fungsional mukosa duodenum *intestinum tenue*, luas permukaan absorbtif, ekspresi enzim pada sel epitel yang memiliki *brush border*, dan sistem transpor nutrisi hasil pencernaan (Abd El-Naby et al., 2019; Tahir et al., 2019). Berdasarkan potensi aditif pakan nanokitosan pada penelitian sebelumnya, maka diperlukan adanya pengembangan penelitian pada budidaya itik lokal dengan kebaruan tentang pemanfaatan nanokitosan sebagai aditif pakan terhadap bobot badan dan somatometri itik pengging, yang meliputi panjang badan, lingkaran toraks, lingkaran abdomen, panjang leher, paruh, sayap, tibia serta tarsometatarsus. Penelitian diharapkan mampu mewujudkan peningkatan produktivitas dan kualitas itik lokal berdasarkan pada indikator bobot badan dan ukuran somatometri sekaligus memenuhi kebutuhan sumber protein hewani yang aman dan sehat dengan memanfaatkan bahan pakan lokal (nanokitosan). Pemberian aditif pakan nanokitosan adalah sebagai salah satu alternatif bagi para peternak untuk mengatasi masalah harga pakan yang tinggi.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Januari sampai Maret 2022, bertempat di peternakan rakyat Desa Bawak, Kecamatan Cawas, Kabupaten Klaten. Pengambilan data dilakukan selama 4 minggu di mulai dari umur itik 24 sampai 27 minggu. Hewan coba yang digunakan pada penelitian ini adalah itik pengging betina berjumlah 25 ekor berumur 21 minggu, dalam kondisi sehat, dan dewasa seksual atau memasuki periode produksi, diperoleh dari peternakan rakyat Desa Bawak, Kecamatan Cawas, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. Itik yang sehat dapat diketahui berdasarkan ciri-ciri khusus yang dimiliki, antara lain kondisi mata jernih, bulu tidak kusam, aktif bergerak, dan hidung tidak berlendir. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 kelompok perlakuan. Tiap kelompok perlakuan terdiri atas 5 ulangan. Itik ditempatkan ke dalam 5 petak kandang untuk diaklimasi selama 1 minggu. Tiap kandang berukuran $100 \times 150 \times 70$ cm³ dilengkapi dengan sekat menggunakan bambu dan diisi 5 ekor itik. Kandang penelitian menggunakan sistem *litter* dengan alas sekam padi. Pakan diberikan dengan frekuensi 2 kali sehari yaitu pagi jam 08.00 WIB dan sore hari jam 16.00 WIB. Pakan yang diberikan pada itik pengging berbentuk *mash* semi basah yang terdiri dari campuran dedak padi dan konsentrat dengan perbandingan 3:1 (pakan basal kering dicampur dengan air sebanyak 135 mL/400 g pakan) yang sudah diformulasikan dengan *feed* aditif nanokitosan.

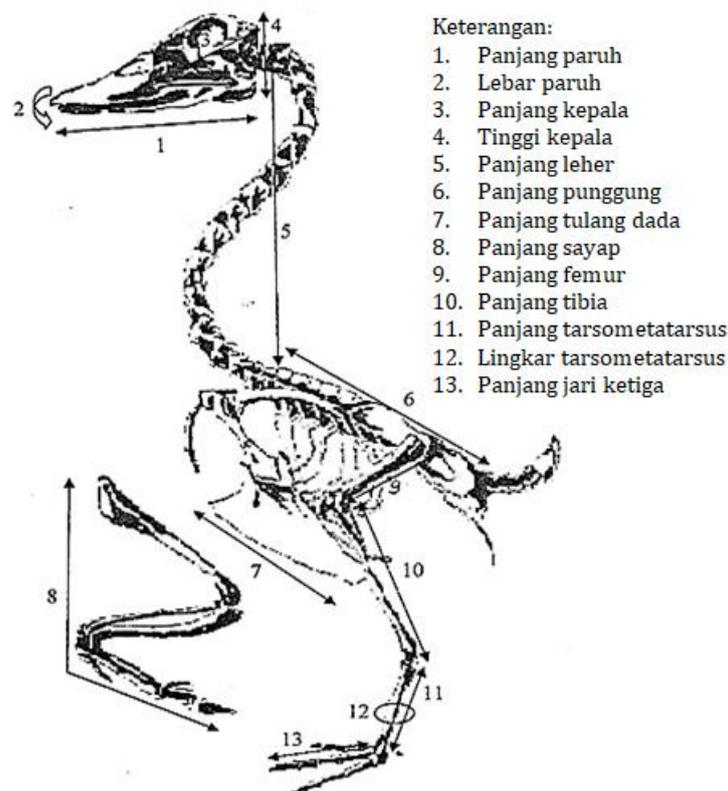
Formulasi pakan perlakuan disusun sebagai berikut, yaitu P0 adalah pakan basal tanpa *feed* aditif nanokitosan (100% pakan basal); P1 merupakan pakan basal yang diberi *feed* aditif nanokitosan 2,5 g/kg pakan; P2 merupakan pakan basal yang diberi *feed* aditif nanokitosan 5 g/kg pakan; P3 merupakan pakan basal yang diberi *feed* aditif nanokitosan 7,5 g/kg pakan; dan P4 merupakan pakan basal yang diberi *feed* aditif nanokitosan 10 g/kg pakan. Jumlah pakan tiap kandang dengan 5 ekor itik adalah 400 g/pemberian pakan. Pakan perlakuan ini diberikan sesuai takaran dan air minum diberikan *ad libitum* selama 8 minggu, mulai itik berumur 21 sampai 28 minggu. Analisis laboratorium kandungan nutrisi pakan penelitian itik pengging (*Anas platyrhynchos*) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Laboratorium Kandungan Nutrisi Pakan Penelitian Itik Pengging (*Anas Platyrhynchos*)

Komponen nutrisi	Perlakuan				
	P0	P1	P2	P3	P4
Energi metabolis (kkal/kg) ¹	2.630,50	2.680,90	2.790,57	2.840,80	2.880,45
Protein kasar (%) ¹	17,22	17,56	18,30	19,56	20,08
Lemak (%) ¹	6,16	5,40	5,25	4,25	4,16
Kalsium (%) ¹	1,82	2,05	2,56	2,90	3,04
Serat kasar (%) ¹	3,07	3,25	3,57	4,09	4,21

(Prabahandari et al., 2021)

Variabel penelitian itik pengging terdiri dari nanokitosan sebagai variabel bebas dan somatometri itik sebagai variabel terikat. Bobot badan diukur menggunakan timbangan digital, lingkaran toraks, lingkaran abdomen, panjang tubuh, leher, dan panjang sayap diukur menggunakan pita ukur sedangkan tibia, paruh, dan tarsometatarsus diukur menggunakan *caliper*. Pengukuran panjang badan dilakukan sesuai metode dari *os. vertebrae thoracic* sampai *os. vertebrae coccygealis*. Panjang paruh yang diukur adalah *os. premaxillare* (*proc. frontalis* sampai *proc. maxillaris*). Panjang leher diukur dari *os. atlas* sampai ke *os. vertebrae cervicalis* (Fauzi, A. A. et al., 2019; Suryawan et al., 2017). Panjang sayap diukur dari pangkal *os. humerus* hingga *os. phalanges* sedangkan tibia diukur dari *patella* sampai ujung tibia. Pengukuran panjang tarsometatarsus dilakukan sepanjang *shank*. Lingkaran toraks dan abdomen diukur sesuai metode (Albab et al., 2019; Sitanggang et al., 2015). Model pengukuran somatometri itik (*Anas platyrhynchos*) disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Pengukuran Somatometri Itik (*Anas Platyrhynchos*) (Suryawan et al., 2017)

Data somatometri itik pengging (*Anas platyrhynchos*) dianalisis menggunakan uji normalitas dan homogenitas. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa data terdistribusi tidak normal ($\alpha < 0,05$) tetapi homogen ($\alpha > 0,05$), sehingga data penelitian kemudian dianalisis menggunakan uji non-parametrik yaitu uji *Kruskal Wallis* dengan signifikansi 5%. Hasil uji *Kruskal Wallis* menunjukkan berbeda tidak nyata. Data diolah menggunakan aplikasi SPSS versi 22.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Rerata pertambahan bobot dan panjang badan, lingkar abdomen dan toraks, panjang paruh, leher, sayap, tibia serta tarsometatarsus disajikan pada [Tabel 2](#). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian *feed* aditif nanokitosan dalam pakan itik pengging (*Anas platyrhynchos*) menunjukkan berbeda tidak nyata dengan kelompok kontrol pada semua variabel. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, *feed* aditif nanokitosan diketahui belum mampu untuk menstimulasi pertumbuhan dari variabel yang diukur. Pemberian nanokitosan tidak mengganggu pencernaan, absorpsi nutrisi di *duodenum* serta metabolisme itik pengging. Metabolisme yang tidak berubah tidak menyebabkan perubahan ukuran dari variabel yang diamati pada penelitian ini.

Tabel 2. Rata-rata Pertambahan Bobot Badan, Panjang Badan, Lingkar Abdomen, Lingkar Toraks, Panjang Paruh, Leher, Sayap, Tibia, dan Panjang Tarsometatarsus

Variabel somatometri	Perlakuan				
	P0 ($\bar{x} \pm SD$)	P1 ($\bar{x} \pm SD$)	P2 ($\bar{x} \pm SD$)	P3 ($\bar{x} \pm SD$)	P4 ($\bar{x} \pm SD$)
Bobot badan (g)	220±27,39	220±90,83	230±75,83	260±65,19	220±75,83
Panjang badan (cm)	3,50±1,06	4,10±1,29	4,10±1,64	5,10±1,25	4,90±1,92
Lingkar abdomen (cm)	3,98±1,47	3,80±2,11	3,60±1,08	3,30±1,04	4,90±1,34
Lingkar toraks (cm)	3,10±0,74	2,30±0,97	2,90±0,74	2,80±0,84	3,30±1,64

Variabel somatometri	Perlakuan				
	P0 ($\bar{x} \pm SD$)	P1 ($\bar{x} \pm SD$)	P2 ($\bar{x} \pm SD$)	P3 ($\bar{x} \pm SD$)	P4 ($\bar{x} \pm SD$)
Panjang paruh (cm)	0,82±0,26	0,65±0,27	1,14±0,24	0,59±0,34	0,86±0,31
Panjang leher (cm)	3,30±1,10	4,40±1,71	4,10±0,89	2,54±0,78	2,90±0,89
Panjang sayap (cm)	2,84±1,43	1,80±0,57	2,82±1,01	2,92±0,54	1,90±0,74
Panjang tibia (cm)	1,50±0,61	1,86±0,42	1,80±0,45	1,16±0,50	1,18±0,58
Panjang tarsometatarsus (cm)	1,05±0,25	0,95±0,24	0,93±0,27	0,93±0,47	1,20±0,20

Keterangan: Data yang ditampilkan berupa rata-rata \pm standar deviasi. P0 : pakan basal tanpa *feed* aditif nanokitosan (100% pakan dasar)/ekor; P1 : pakan basal yang diberi *feed* aditif nanokitosan 2,5 g/kg pakan/ekor; P2 : pakan basal yang diberi *feed* aditif nanokitosan 5 g/kg pakan/ekor; P3 : pakan basal yang diberi *feed* aditif nanokitosan 7,5 g/kg pakan/ekor; dan P4 : pakan basal yang diberi *feed* aditif nanokitosan 10 g/kg pakan/ekor.

Pembahasan

Nanokitosan merupakan polisakarida hasil turunan kitosan yang bersumber dari kitin yang dapat terdegradasi secara biologis, dapat dicerna dalam usus unggas, dan bersifat non-toksik (Daccache et al., 2014; Tahir et al., 2019). Proses absorpsi nanokitosan ini dimulai setelah pakan yang telah dihaluskan melalui *ingluvies* (tembolok) memasuki usus halus. pH usus halus pada itik pengging berkisar antara 6,22-7,94. pH pada usus halus ini dapat mengalami perubahan yang disebabkan oleh pakan yang dicerna oleh unggas (Grzenda et al., 2023; Wang et al., 2020). Usus halus itik terbagi menjadi tiga bagian, yaitu duodenum, jejunum, dan ileum. Duodenum membentuk kelokan berbentuk huruf C mengelilingi pankreas. Pankreas berfungsi mensekresikan enzim amilase yang berperan mencerna karbohidrat dalam duodenum. Garam empedu pada waktu yang sama dikeluarkan dari hati dan kantung empedu melalui saluran empedu yaitu duktus hepatoenterik dan sistikoenterik ke dalam duodenum. Garam empedu dan ion bikarbonat dari pankreas berfungsi menetralkan asam klorida (HCl) di bagian duodenum unggas sehingga menghasilkan keadaan netral (sedikit alkalis) sesuai dengan kebutuhan amilase yang bekerja dalam usus halus. Amilase akan lebih mudah memecah karbohidrat yang terkandung dalam pakan itik pengging yang diberi *feed* aditif nanokitosan menjadi disakarida. Disakarida seperti maltosa, laktosa, dan sukrosa secara berurutan akan dikatalisis oleh maltase, laktase serta sukrose menjadi monosakarida yaitu glukosa, galaktosa, dan fruktosa. Nanokitosan memiliki ukuran partikel kecil (< 1.000 nm) sehingga dapat mendukung proses absorpsi di usus halus (Guan et al., 2019; Zaefarian et al., 2019). Muatan positif gugus amina nanokitosan di dalam usus halus dapat berinteraksi dengan muatan negatif pada membran sel penyusun usus halus. Kondisi tersebut juga memungkinkan nanokitosan dapat membuka kait antar sel (*tight junction*) yang terdapat pada vili duodenum. Kait ini dapat terbuka melalui mekanisme translokasi protein Claudin-4 (Cldn4), Zonula occludens-1, dan Occludin dari membran sel ke sitosol. Glukosa dan galaktosa diabsorpsi melalui mekanisme transport aktif yang difasilitasi transporter (*permease carrier*) yang bergantung pada ion sodium yang disebut dengan *sodium-glucose cotransporter*. Monosakarida lain seperti fruktosa diabsorpsi dari lumen melewati membran *brush border* yang difasilitasi oleh *glucose transporter-5* atau GLUT5. Glukosa bergerak melintasi membran plasma dari sitosol enterosit yang terdapat pada bagian basolateral yang masuk ke pembuluh darah kapiler dengan menggunakan *glucose transporter-2* (GLUT2), sedangkan galaktosa menggunakan *glucose transporter-5* (Henggu & Nurdiansyah, 2021; Rawi et al., 2023).

Monosakarida masuk ke aliran darah melalui kapiler vili ditransportasikan melalui vena porta hepatica ke dalam hati kemudian dari vena sentralis hati menuju ke vena kava yang selanjutnya diedarkan ke seluruh jaringan tubuh yang membutuhkan. Produk monosakarida sebagian akan digunakan secara langsung sebagai sumber energi oleh sel target, diproses menjadi piruvat dalam jalur glikolisis kemudian melalui reaksi dekarboksilasi oksidatif berubah menjadi asetil Ko-A dan akan mengalami oksidasi pada siklus Krebs menghasilkan energi dan CO₂. Monosakarida lainnya akan menuju ke hati dan mengalami perubahan menjadi glikogen dalam jalur glikogenesis. Polisakarida ini akan mengalami proses pemecahan kembali atau glikogenolisis menjadi glukosa untuk menyediakan energi bagi sel dan menstabilkan kadar glukosa darah (Henggu & Nurdiansyah, 2021; Tamzil, 2014). Rerata peningkatan bobot pada itik penelitian menunjukkan hasil tidak adanya perbedaan yang nyata antara kelompok perlakuan dengan kelompok kontrol (P0). Hal ini menunjukkan bobot badan itik selama penelitian relatif konstan yang tidak dipengaruhi oleh pemberian *feed* aditif nanokitosan. Kondisi ini terjadi karena setelah itik mengalami maturasi sistem saraf dan sistem reproduksi, pertumbuhan organ tubuhnya secara umum akan mengalami perlambatan atau konstan, seperti tulang dan otot. Penelitian sebelumnya menunjukkan

bahwa otot dan tulang mempunyai kontribusi penting bagi bobot badan hewan. Otot dan tulang memberi kontribusi bagi bobot badan itik berkisar antara 50-60%. Kondisi itik pengging yang digunakan dalam penelitian ini telah memasuki fase reproduksi sehingga pertumbuhan kedua organ (tulang dan otot) tersebut telah melambat atau bersifat statis yang berdampak pada bobot yang tidak menunjukkan perbedaan nyata antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol (P0) (Prabahandari et al., 2021; Pratiwi et al., 2019). Pola pertumbuhan itik pengging secara umum, dibagi menjadi 2 fase, yaitu fase akselerasi dan fase retardasi. Pertumbuhan akselerasi merupakan proses pertumbuhan cepat dengan laju yang tinggi, sedangkan retardasi ialah fase pertumbuhan dengan laju yang lambat. Kondisi pertumbuhan itik pengging berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa itik penelitian berada pada titik infleksi pertumbuhan yang berada di akhir fase akselerasi dan awal fase retardasi. Pemberian *feed* aditif nanokitosan pada titik ini tidak memberikan pengaruh nyata bagi bobot badan itik karena energi hasil metabolisme lebih banyak digunakan untuk pemeliharaan jaringan dan pemenuhan kebutuhan hidup pokok. Titik infleksi pada itik pengging ditandai dengan tercapainya percepatan maksimum pertumbuhan dan terjadi peralihan kondisi pertumbuhan yang awalnya cepat menjadi lambat (Kamilah Mulhimah, T., R., & Lestari, 2021; Kusmayadi, 2020).

Kondisi tersebut berakibat pada bobot badan itik yang tidak menunjukkan perbedaan nyata antara kelompok perlakuan dengan kontrol (P0) seperti hasil penelitian ini. Nanokitosan yang ditambahkan dalam pakan perlakuan dengan kadar 2,5; 5; 7,5; dan 10 g/kg pakan menghasilkan peningkatan bobot badan itik pengging secara berurutan sebesar 220; 230; 260; dan 220 g. Nilai pertambahan bobot badan tersebut tidak berbeda nyata dengan itik pengging kelompok kontrol (P0) yang mengalami pertambahan sebesar 220 g. Pertambahan bobot badan itik dalam penelitian ini tergolong normal sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa bobot normal itik lokal pada masa maturasi sistem reproduksi akan mengalami pertambahan sebesar 80-530 g dengan rerata bobot badan sebesar 1.520 g. Hasil tersebut diduga berkaitan dengan pemanfaatan nutrisi hasil pencernaan yang digunakan untuk pemenuhan kebutuhan hidup pokok dan pemeliharaan jaringan tubuh. Hal ini berarti penambahan nanokitosan dalam pakan tidak mengganggu proses pencernaan dan absorpsi nutrisi, terbukti dari pertambahan bobot badan itik antara perlakuan (P1, P2, P3, dan P4) dengan kelompok kontrol (P0) yang tidak berbeda nyata (Albab et al., 2019; Sunarno et al., 2020).

Kandungan protein (17,22-20,08%), kalsium (1,82-3,04%), dan energi metabolisme (2.630,50-2.880,45 kkal/kg) dalam pakan perlakuan (Tabel 1) telah memenuhi syarat dan sesuai dengan kebutuhan itik pengging seperti yang dianjurkan oleh. Kebutuhan protein itik pada fase *layer* menurut Ketaren (2007) berkisar antara 17-19%. Kandungan kalsium pakan cenderung meningkat sesuai dengan pertambahan umur itik, sebaliknya kandungan energi akan cenderung mengalami penurunan. Energi yang dibutuhkan untuk itik pada fase *layer* adalah 2.700 kkal EM/kg, sedangkan kebutuhan kalsium untuk itik pada fase *grower* dan *layer* berkisar antara 0,6-1% dan 2,90-3,25%. Analisis kandungan serat kasar pada pakan perlakuan (Tabel 1) berkisar antara 3,07-4,21%. Kandungan ini bersifat aman karena masih berada dalam batas normal atau di bawah batas maksimal yaitu 8% sesuai dengan yang dilaporkan oleh Sunarno et al. (2021). Kandungan serat kasar yang normal menurut penelitian sebelumnya belum mampu meningkatkan secara signifikan kinerja pencernaan, absorpsi bahan baku metabolisme serta peningkatan jumlah dan ukuran sel terutama pada bagian tubuh yang masih aktif mengalami pertumbuhan sehingga berakibat pada tidak meningkatnya biomassa jaringan atau penambahan ukuran bobot badan pada itik seperti bukti pada penelitian ini (Albab et al., 2019; Pratiwi et al., 2019). Respon itik pengging untuk setiap perlakuan menunjukkan bahwa pakan yang diberi *feed* aditif nanokitosan dapat dicerna dan menghasilkan nutrisi yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok dan pemeliharaan biomassa jaringan sehingga mencapai bobot badan tidak berbeda nyata. Nutrisi pakan dengan penambahan nanokitosan ini diduga telah memenuhi syarat dan sesuai kebutuhan itik pengging. Penelitian yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa komponen nutrisi yang terkandung dalam pakan terutama energi metabolik dan protein mempunyai keterkaitan dengan bobot badan itik petelur. Komponen nutrisi tersebut dapat mendukung maturasi sistem reproduksi dan peningkatan bobot badan sehingga tercapai bobot itik yang ideal. Pakan dengan nutrisi yang lengkap dan tersedia rutin memungkinkan itik lebih efisien dalam penggunaan energi sehingga akan berdampak pada proses pemeliharaan biomassa jaringan, terutama jaringan tulang, otot, dan lemak (Fauzi, A. A. et al., 2019; Savitri et al., 2016). Bagian tubuh unggas akan mengalami pertumbuhan yang teratur, tetapi tidak tumbuh dalam satu kesatuan karena berbagai jaringan tubuh tersebut mengalami pertumbuhan dengan laju yang berbeda. Pertumbuhan tulang unggas pada fase awal (*starter*) cenderung mengalami peningkatan, kemudian pada umur 12-20 minggu (fase *grower*) laju pertumbuhan tulang akan mengalami penurunan. Pertumbuhan tulang akan terhenti setelah tercapai ukuran maksimal, tulang merupakan rangka yang menentukan konformasi otot sehingga tumbuh pada fase awal (*starter*). Kecepatan pertumbuhan tulang dipengaruhi oleh tuntutan kebutuhan kalsium (Ca) akibat aktivitas fungsional dan komponen penyusun

yang berbeda, sehingga tiap dimensi tubuh mempunyai urutan pertumbuhan yang berbeda. Bagian tubuh unggas yang memiliki fungsi lebih awal dan tersusun dari tulang mempunyai titik infleksi dan ukuran dewasa yang cenderung lebih cepat apabila dibandingkan bagian tubuh yang penyusunnya terdiri dari otot atau lemak. Pertumbuhan jaringan tubuh dimulai dari jaringan saraf, kemudian tulang, otot dan lemak (Dewanti et al., 2013; Sunarno et al., 2020).

Absorpsi kalsium pada unggas cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya umur tetapi kebutuhan tubuh terhadap kalsium secara bertahap mengalami peningkatan. Kadar mineral yang diabsorpsi oleh unggas sangat dipengaruhi oleh kadar kalsium yang dibutuhkan oleh tubuh unggas, umur, karbohidrat dalam pakan serta kadar protein bahan pakan yang dikonsumsi. Nanokitosan diketahui memiliki kandungan kalsium (Ca) sebesar 590 ppm yang menyebabkan terjadinya peningkatan kalsium pada pakan perlakuan sebesar 0,23-1,22%. Kandungan kalsium dalam pakan (Tabel 1) berkisar antara 1,82-3,04%. Kandungan tersebut telah memenuhi syarat kebutuhan itik fase *layer* serta masih berada dalam batas yang normal sesuai dengan yang dianjurkan oleh (Arasukumar et al., 2019; Wulandari et al., 2015). Kalsium dengan kadar yang cukup akan berdampak pada panjang leher, sayap, tibia serta panjang tarsometatarsus karena bagian tersebut merupakan bagian tubuh yang mengandung jaringan tulang lebih banyak dibandingkan jaringan otot dan lemak. Kadar kalsium yang normal dalam darah menunjukkan proses mineralisasi dan demineralisasi berlangsung secara seimbang. Penelitian menunjukkan bahwa panjang tulang memiliki keterkaitan dengan deposisi, komposisi serta densitas mineral tulang. Kadar kalsium yang seimbang akan diikuti dengan aktivitas enzim Ca-ATPase, yaitu terjadinya keseimbangan antara proses kalsifikasi dan dekalsifikasi dalam matriks tulang. Kedua proses tersebut melibatkan hormon kalsitonin dan paratiroid (Prabahandari et al., 2021; Savitri et al., 2016).

Hormon kalsitonin berfungsi dalam meningkatkan deposisi (kalsifikasi) kalsium di dalam matriks tulang, menurunkan retensi kalsium di ginjal serta menurunkan absorpsi kalsium dari usus halus. Hormon paratiroid memiliki fungsi memobilisasi (dekalsifikasi) kalsium dari matriks tulang, meningkatkan retensi kalsium di ginjal, dan meningkatkan absorpsi kalsium dari usus halus. Keseimbangan aktivitas Ca-ATPase terhadap ion kalsium tersebut akan menyebabkan keseimbangan antara deposisi dan mobilisasi kalsium di dalam tulang. Kondisi tersebut berdampak pada panjang tulang itik yang tidak mengalami peningkatan secara signifikan dan cenderung normal seperti pada hasil penelitian itik pengging ini. Hal ini dapat terjadi karena panjang tulang telah mencapai formasi akhir (Negara et al., 2017; Saraswati, 2017). Respon itik pengging untuk setiap perlakuan menunjukkan bahwa pakan yang diberi *feed* aditif nanokitosan dengan kadar 2,5; 5; 7,5; dan 10 g/kg pakan tidak memberi pengaruh yang nyata terhadap penambahan ukuran lingkaran dada, lingkaran abdomen serta panjang badan itik. Penggunaan nanokitosan sebagai *feed* aditif ini menunjukkan respon yang tidak berbeda nyata terhadap pakan perlakuan sehingga pertumbuhan tulang dan otot itik melambat atau bersifat statis yang berdampak terhadap ukuran lingkaran toraks, lingkaran abdomen, dan panjang badan yang tidak menunjukkan perbedaan nyata antara kelompok perlakuan dan kontrol. Nutrisi pakan dengan penambahan nanokitosan telah memenuhi syarat dan sesuai dengan kebutuhan standar itik pengging sesuai dengan anjuran (Albab et al., 2019; Sunarno et al., 2020).

Lingkaran toraks dan abdomen serta panjang badan mempunyai pengaruh terhadap bobot badan, sehingga penambahan lingkaran toraks, lingkaran abdomen, dan panjang badan berkorelasi positif dengan bobot badan hewan uji. Kondisi ini terjadi karena setelah itik mengalami maturasi sistem saraf dan sistem reproduksi, pertumbuhan organ tubuh secara umum akan mengalami perlambatan atau konstan, seperti tulang dan otot. Komposisi pakan terutama kandungan serat kasar terhadap telah memenuhi syarat dan sesuai dengan kebutuhan itik pengging fase *layer* sehingga ukuran lingkaran toraks, lingkaran abdomen, dan panjang badan relatif konstan. Nutrisi pakan yang lengkap dan cukup memungkinkan itik lebih efisien dalam penggunaan energi sehingga akan berdampak optimal terhadap proses pemeliharaan biomassa jaringan dan pemenuhan hidup pokok (Albab et al., 2019; Zhang et al., 2020).

Paruh unggas merupakan derivat dari integumen yang terkoneksi dengan tulang rahang yang terdiri atas ion kalsium, jaringan ikat, jaringan saraf, dan pembuluh darah. Permukaan luar paruh terdiri dari selubung tipis keratin yang disebut dengan *rampoteka* yang dibagi menjadi dua yaitu *rinoteka* pada maksila dan *gnatoteka* pada mandibula bawah. Penutup tersebut terdiri dari epidermis yang dimodifikasi, dengan sel *stratum korneum* yang mengandung kalsium fosfat bebas, kristal hidroksilapatit serta keratin yang melimpah. Ukuran paruh unggas diketahui memiliki fungsi penting dalam mendukung kemampuan unggas untuk mendapatkan dan memasukkan makanan karena berkaitan dengan daya jangkauan untuk mematak pakan (Arlina et al., 2022; Tamzil, 2014). Rerata ukuran panjang paruh itik pengging setelah diberi aditif pakan nanokitosan tidak berbeda nyata antara perlakuan dengan kelompok kontrol (P0). Kandungan kalsium pada pakan perlakuan diduga telah memenuhi syarat dan masih berada dalam batas yang normal sesuai kebutuhan itik pengging sesuai anjuran sehingga pertumbuhan paruh relatif normal. Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa panjang paruh unggas memiliki korelasi negatif dengan umur unggas sehingga seiring dengan bertambahnya umur unggas maka penambahan panjang paruh juga

akan melambat. Hal tersebut terjadi karena frekuensi pertumbuhan somatik relatif menurun atau mengalami perlambatan setelah unggas memasuki fase reproduktif (Albab et al., 2019; Wahyudiati & Fitriani, 2021). Selain itu, panjang paruh diduga telah mencapai formasi akhir ketika berada pada fase *layer* atau reproduksi sesuai dengan hasil penelitian yang melaporkan bahwa ukuran dewasa panjang paruh dicapai ketika itik berumur 24-25 minggu. Panjang paruh itik pada penelitian ini tergolong normal sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa panjang paruh itik lokal di Indonesia yaitu berkisar antara 5,80-7,83 cm (Tanjung, 2016; Wulandari et al., 2015).

Kebaruan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah bahwa nanokhitosan yang diberikan berfungsi sebagai aditif pakan dan mampu mempertahankan bobot badan dan ukuran somatometri pada itik pengging terutama periode *layer*. Hasil penelitian sebelumnya melaporkan, nanokhitosan yang diberikan pada kadar 1, 3, dan 5 g/kg pakan dapat memberi pengaruh pada peningkatan pertumbuhan dan total konsumsi pakan. Hasil penelitian lainnya juga menyatakan bahwa nanokhitosan dapat menstimulasi penambahan bobot badan pada ayam. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya karena berbeda dalam hal hewan uji yang digunakan, kadar yang diberikan, periode umur saat pemberian aditif pakan nanokhitosan. Pemberian nanokhitosan pada itik pengging yang telah memasuki fase reproduksi (fase *layer*) tidak berdampak signifikan terhadap bobot badan dan perubahan ukuran somatometri karena pada periode umur ini pertumbuhan tulang pada itik pengging telah melambat (statis) sehingga berakibat pada bobot badan dan ukuran somatometri yang tidak berbeda nyata antara kelompok perlakuan dengan kontrol. Itik pengging pada fase *layer* telah mengalami maturasi sistem saraf dan sistem reproduksi, pertumbuhannya mulai mengalami perlambatan atau bersifat konstan, energi hasil metabolisme lebih banyak digunakan untuk pemeliharaan jaringan dan pemenuhan kebutuhan hidup pokok (Abd El-Naby et al., 2019; Savitri et al., 2016).

4. SIMPULAN

Nanokhitosan sebagai aditif pakan dapat mempertahankan bobot badan dan ukuran somatometri pada itik pengging berdasarkan indikator yang diukur, meliputi panjang badan, lingkaran toraks, lingkaran abdomen, panjang leher, paruh, sayap, tibia, dan tarsometatarsus. Penggunaan nanokhitosan sebagai aditif pakan dapat diberikan pada itik pengging (*Anas platyrhynchos*) umur 4 minggu (fase *starter*) agar dapat diperoleh efek yang optimal terhadap proses pencernaan, metabolisme, dan performa produktivitas yang terkait dengan bobot badan dan ukuran somatometri pada itik pengging.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Naby, F. S., Naiel, M. A. E., Al-Sagheer, A. A., & Negm, S. S. (2019). Dietary Chitosan Nanoparticles Enhance The Growth, Production Performance, and Immunity in Gallus gallus. *Journal of Applied Poultry Research*, 50(1), 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.014>.
- Abdel-Ghany, H. M., & Salem, M. E. (2020). Effects of Dietary Chitosan Supplementation on Farmed Fish; A Review. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 438–452. <https://doi.org/10.1111/raq.12326>.
- Albab, L. U., Isdadiyanto, S., Djaelani, M. A., & Kasiyati. (2019). Pertumbuhan Anak Itik Magelang dari Induk yang Diberi Suplementasi Kurkumin dan Dipajan Cahaya Merah. *Jurnal Veteriner*, 20(2), 286–297. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2019.20.2.286>.
- Arasukumar, B., Prabakaran, G., Gunalan, B., & Moovendhan, M. (2019). Chemical Composition, Structural Features, Surface Morphology, and Bioactivities of Chitosan Derivatives from Lobster (*Thenus unimaculatus*) Shells. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 1237–1245. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.033>.
- Arlina, F., Husmaini, S., Rhoudha, R., Sardi, W. R., & Rafian, T. (2022). Keragaman Fenotipe Kualitatif dan Kuantitatif Itik Sikumbang Jonti sebagai Plasma Nutfah di Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Peternakan Dan Veteriner Tropis*, 11(3), 291. <https://doi.org/10.46549/jipvet.v11i3.173>.
- Christantyawati, N., Sufa, S. A., Susilo, D., & Putranto, T. D. (2018). Metamorfosis Media Komunikasi Pemasaran Produk Hasil Usaha Mikro Kecil Dan Menengah. *Jurnal Terapan Abdimas*, 3(2), 91–96. <https://doi.org/10.25273/jta.v3i2.2794>.
- Daccache, A., Knox, J. W., Weatherhead, E. K., Daneshkhah, A., & Hess, T. M. (2014). Implementing precision irrigation in a humid climate - Recent experiences and on-going challenges. *Agricultural Water Management*, 147, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.018>.
- Dewanti, R., Irham, M., & Sudiyono. (2013). Pengaruh Penggunaan Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Terfermentasi dalam Ransum terhadap Persentase Karkas, Non-Karkas, dan Lemak Abdominal Itik Lokal Jantan Umur Delapan Minggu. *Buletin Peternakan*, 37(1), 19–25. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v37i1.1955>.

- El-Ashram, S., Abdelhafez, G. A., & Farroh, K. Y. (2020). Effects of Nanochitosan Supplementation on Productive Performance of Japanese Quail. *Journal of Applied Poultry Research*, 29(4), 917–929. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.09.002>.
- Fauzi, A. A., Sampurna, I. P., & Suharsono, H. (2019). Pemanfaatan Dedak Padi Terfermentasi untuk Meningkatkan Laju Pertumbuhan Dimensi Panjang Itik Bali. *Indonesia Medicus Veterinus*, 8(2), 193–204. <https://doi.org/10.19087/imv.2019.8.2.193>.
- Grzenda, M., Kaźmierczak, S., Luckner, M., Borowik, G., & Mańdziuk, J. (2023). Evaluation of machine learning methods for impostor detection in web applications. *Expert Systems with Applications*, 231, 120736. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120736>.
- Guan, G., Azad, M. A. K., Lin, Y., Kim, S. W., Tian, Y., Liu, G., & Wang, H. (2019). Biological Effects and Applications of Chitosan and Chito-Oligosaccharides. *Frontiers in Physiology*, 10, 516. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00516>.
- Henggu, K. U., & Nurdiansyah, Y. (2021). Review dari Metabolisme Karbohidrat, Lipid, Protein, dan Asam Nukleat. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 3(2), 9–17. <https://doi.org/10.33059/jq.v3i2.5688>.
- Kadouche, S., Farhat, M., Lounici, H., Fiallo, M., Sharrock, P., Mecherri, M., & Hadioui, M. (2017). Low Cost Chitosan Biopolymer for Environmental Use Made from Abundant Shrimp Wastes. *Waste and Biomass Valorization*, 8(2), 401–406. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9593-2>.
- Kamilah Mulhimah, T., R., S., & Lestari, D. (2021). Peningkatan Performa Ayam Broiler Dengan Pemberian Feed Aditif Curcumin Dan Capsicum Annum L. *Journal of Agriculture and Animal Science*, 1(2), 75–84. <https://doi.org/10.47637/agrimals.v1i2.406>.
- Komi, A., Foenay, T. A. Y., & Koni, T. N. I. (2021). Tulang Tibia Ayam Kampung Super yang Diberi Pakan Mengandung Tepung Umbi Maek (Amorphophallus companulatus). *Jurnal Veteriner*, 22(4), 575–582. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2021.22.4.575>.
- Kusmayadi, A. (2020). Penambahan Ampas Teh Hijau Fermentasi di Dalam Ransum serta Pengaruhnya terhadap Laju Pertumbuhan Itik Cihateup. *Jurnal Peternakan Nusantara*, 6(2), 63. <https://doi.org/10.30997/jpn.v6i2.3044>.
- Liaqat, F., & Eltem, R. (2018).). Chitooligosaccharides and Their Biological Activities: A Comprehensive Review. *Carbohydrate Polymers*, 184, 243–259. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.067>.
- Muthu, M., Gopal, J., Chun, S., Devadoss, A. J. P., Hasan, N., & Sivanesan, I. (2021). Crustacean Waste-Derived Chitosan: Antioxidant Properties and Future Perspective. *Antioxidants*, 10(2), 228. <https://doi.org/10.3390/antiox10020228>.
- Muzzarelli, R. A. A., Boudrant, J., Meyer, D., Manno, N., Demarchis, M., & Paoletti, M. G. (2012). Current Views on Fungal Chitin/Chitosan, Human Chitinases, Food Preservation, Glucans, Pectins, and Inulin: A Tribute to Henri Braconnot, Precursor of the Carbohydrate Polymers Science, on the Chitin Bicentennial. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 995–1012. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.09.063>.
- Negara, P. M. S., Sampurna, I. P., & Nindhia, T. S. (2017). Pola Pertumbuhan Bobot Badan Itik Bali Betina. *Indonesia Medicus Veterinus*, 6(1), 30–39. <https://doi.org/10.19087/imv.2017.6.1.30>.
- Prabahandari, K. A., Kasiyati, K., Djaelani, M. A., & Sunarno, S. (2021). Somatometri Tulang Ekstremitas Ayam Jantan setelah Pemberian Tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Pakan Tambahan. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 6(2), 183–192. <https://doi.org/10.14710/baf.6.2.2021.183-192>.
- Pratiwi, H. P., Kasiyati, K., Sunarno, S., & Djaelani, M. A. (2019). Bobot Otot dan Tulang Tibia Itik Pengging (*Anas platyrhynchos domesticus* L.) setelah Pemberian Imbuhan Tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dalam Pakan. *Jurnal Biologi Tropika*, 2(2), 54–61. <https://doi.org/10.14710/jbt.2.2.54-61>.
- Rawi, H. W., Salsabila, A., Harahap, N., Ainun, N., Rachman, S., & Nasution, F. (2023). Upaya Pola Asuh Orang Tua Dalam Mengembangkan Kognitif dan Operasional Kongkret Anak Pertengahan (7-11). *As-Syar'i: Jurnal Bimbingan & Konseling Keluarga*, 5(2), 446–450. <https://doi.org/10.47467/as.v5i2.2694>.
- Saraswati, T. R. (2017). Absorpsi dan Metabolisme Kalsium pada Puyuh (*Coturnix-coturnix Japonica*). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 2(2), 178–186. <https://doi.org/10.14710/baf.2.2.2017.178-186>.
- Savitri, A. F., Yuniwanti, E. Y. W., & Isdadiyanto, S. (2016). Rasio Otot-Tulang Pectoralis Berbagai Jenis Itik Lokal di Jawa Tengah. *BIOMA*, 18(2), 151. <https://doi.org/10.14710/bioma.18.2.151-156>.
- Sitanggang, E. N., Hasnudi, & Hamdan. (2015). Keragaman Sifat Kualitatif dan Morfometrik antara Ayam Kampung, Ayam Bangkok, Ayam Katai, Ayam Birma, Ayam Bagon, dan Magon di Medan. *Jurnal Peternakan Integratif*, 14(8), 167–189. <https://doi.org/10.32734/jpi.v3i2.2753>.
- Sunarno, S., Budiraharjo, K., & Solikhin, S. (2020). Pengaruh Sistem Budidaya Intensif dan Ekstensif terhadap Produktivitas dan Kualitas Telur Itik Tegal. *Media Bina Ilmiah*, 14(8), 3091–3100.

- <https://doi.org/10.33758/mbi.v14i8.508>.
- Sunarno, S., Solikhin, S., & Budiraharjo, K. (2021). Histomorphometry of the Duodenum of Ducks (Anas Platyrhyncos) after Administration of Nanochitosan in Feed. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 13(3), 267–274. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v13i3.32120>.
- Suryawan, I. M., Sampurna, I. P., & Suatha, I. K. (2017). Pola Pertumbuhan Dimensi Panjang Alat Gerak Tubuh Itik Bali Betina. *Buletin Veteriner*, 9(2), 178–186. <https://doi.org/10.21531/bulvet.2017.9.2.178>.
- Tahir, S. K., Yousaf, M. S., Rashid, M. A., Khan, A. F., Ahmad, S., Zaneb, H., Khan, I., & Rehman, H. (2019). Supplemental Chromium-Loaded Chitosan Nanoparticles Affect Growth, Serum Metabolites, and Intestinal Histology in Broilers. *South African Journal of Animal Science*, 49(6), 1072–1082. <https://doi.org/10.4314/sajas.v49i6.11>.
- Tamzil, M. H. (2014). Stres Panas pada Unggas: Metabolisme, Akibat, dan Upaya Penanggulangannya. *Wartazoa*, 24(2), 57–66. <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v24i2.1049>.
- Tanjung, I. F. (2016). Guru Dan Strategi Inkuiri Dalam Pembelajaran Biologi. *Jurnal Tarbiyah by UIN Sumatera Utara Medan*, 23(1). <https://doi.org/10.30829/tar.v23i1.111>.
- Wahyudiati, D., & Fitriani, F. (2021). Etnokimia: Eksplorasi Potensi Kearifan Lokal Sasak Sebagai Sumber Belajar Kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 5(2), 102–111. <https://doi.org/10.23887/jpk.v5i2.38537>.
- Wang, W., Meng, Q., Li, Q., Liu, J., Zhou, M., Jin, Z., & Zhao, K. (2020). Chitosan Derivatives and Their Application in Biomedicine. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(2), 487. <https://doi.org/10.3390/ijms21020487>.
- Wulandari, D., Sunarno, S., & Saraswati, T. R. (2015). Perbedaan Somatometri Itik Tegal, Itik Magelang, dan Itik Pengging. *BIOMA*, 17(2), 94. <https://doi.org/10.14710/bioma.17.2.94-101>.
- Zaefarian, F., Abdollahi, M., Cowieson, A., & Ravindran, V. (2019). Avian Liver: The Forgotten Organ. *Animals*, 9(2), 63. <https://doi.org/10.3390/ani9020063>.
- Zhang, Y., Zhen, Q., Cui, Y., Zhang, P., & Zhang, X. (2020). Use of montmorillonite-enriched siltstone for improving water condition and plant growth in sandy soil. *Ecological Engineering*, 145(26), 105740. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105740>.