



INSTITUT PERTANIAN BOGOR

**OPTIMASI TEKNIK EKSTRUSI BUNGKIL INTI SAWIT DAN
UMBI SINGKONG SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI
PAKAN UNGGAS**

DISERTASI

**SAZLI TUTUR RISYAHADI
D2601231007**

**FAKULTAS PETERNAKAN
ILMU NUTRISI DAN PAKAN
BOGOR
2026**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI, SUMBER INFORMASI, PENGGUNAAN AI, DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Optimasi Teknik Ekstrusi Bungkil Inti Sawit dan Umbi Singkong Sebagai Bahan Baku Industri Pakan Unggas” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar doktor Ilmu Nutrisi dan Pakan. Karya ini adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan ChatGPT untuk membantu editing narasi tulisan. Setelah menggunakan alat/layanan tersebut, penulis meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Sazli Tuter Risyahadi
NIM D2601231007

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

SOROTAN

SAZLI TUTUR RISYAHADI. Optimasi Teknik Ekstrusi Bungkil Inti Sawit dan Umbi Singkong Sebagai Bahan Baku Industri Pakan Unggas. Dibimbing oleh YULI RETNANI, ANURAGA JAYANEGARA, HERI AHMAD SUKRIA dan SUMIATI

1. Penelitian ini membahas optimasi proses ekstrusi campuran bahan pakan bungkil inti sawit dan singkong, dengan tujuan untuk menggantikan bahan pakan jagung.
2. Penelitian ini menggunakan metode teknik meta analisis, bibliometriks dan *response surface methodology*, perbandingan energi metabolis dan performa broiler untuk menganalisis/menginvestigasi potensi penggunaan bungkil inti sawit dan singkong terekstrusi sebagai pengganti jagung .
3. Hasil penelitian metaanalisis menunjukkan bahwa secara umum proses ekstrusi bahan pakan dapat meningkatkan beberapa parameter performa ayam petelur, tidak merusak kualitas telur dan daging broiler. Hasil uji RSM mendapatkan titik optimal proses ekstrusi bungkil inti sawit dan singkong yaitu 88°C dengan kadar air 25% yang menghasilkan energi metabolis lebih tinggi serta performa broiler yang bisa mensubstitusi 20% energi jagung
4. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap bidang teknologi pakan unggas, serta menawarkan wawasan baru mengenai optimasi ekstrusi bungkil inti sawit dan singkong sebagai bahan pakan lokal untuk industri pakan unggas

HIGHLIGHTS

SAZLI TUTUR RISYAHADI. Optimization of Palm Kernel Meal and Cassava Tuber Extrusion Techniques as Raw Materials for the Poultry Feed Industry. Supervised by YULI RETNANI, ANURAGA JAYANEGARA, HERI AHMAD SUKRIA, and SUMIATI.

1. This study addresses the optimization of the extrusion process of a mixture of palm kernel meal and cassava feed ingredients, aiming to aim of replacing corn feed.
2. This study uses meta-analysis techniques, bibliometrics, and response surface methodology, to analyze and optimize the potential extruded palm kernel meal and cassava as a replacement for corn.
3. The research results show that, in general, the feed extrusion process can improve several parameters of laying hen performance without damaging the quality of eggs and broiler meat. The optimal extrusion point for palm kernel meal and cassava is 88°C with a moisture content of 25%, which produces higher metabolizable energy and broiler performance that can substitute 20% of corn energy.
4. These findings contribute to the field of poultry feed technology and offer new insights into the optimization of palm kernel meal and cassava extrusion

RINGKASAN VISUAL

Tujuan utama:
Mengoptimasi penggunaan teknologi ekstrusi pada campuran BIS dan singkong serta menentukan kadar air bahan dan suhu ekstruder yang tepat.

Ruang lingkup:

- Optimasi proses ekstrusi (RSM)
- Nilai energi metabolisme campuran BIS-singkong terekstrusi
- Daya substitusi terhadap jagung & performa broiler
- Meta-analisis pengaruh pakan terekstrusi pada kualitas daging, telur & performa ayam petelur
- Bibliometri & pemetaan riset



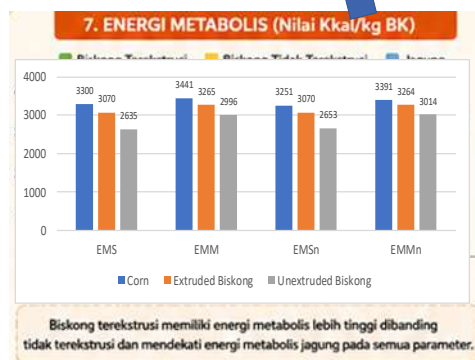
4. HASIL META-ANALISIS PAKAN TEREKSTRUSI

Kualitas Daging
Parameter: drip loss, asam lemak jenuh & tak jenuh, TBARS → Tidak ada perbedaan signifikan antara ayam dengan pakan terekstrusi vs tidak terekstrusi. Pakan terekstrusi tidak merusak kualitas daging.

Kualitas Telur
Parameter: bobot albumen, haugh unit, bobot yolk → Tidak ada perbedaan signifikan antara telur dari ayam dengan pakan terekstrusi vs tidak terekstrusi.

Performa Ayam Petelur
Dari sisi performa: bobot telur lebih berat dan konversi pakan lebih baik pada ayam petelur yang diberi pakan ekstrusi.

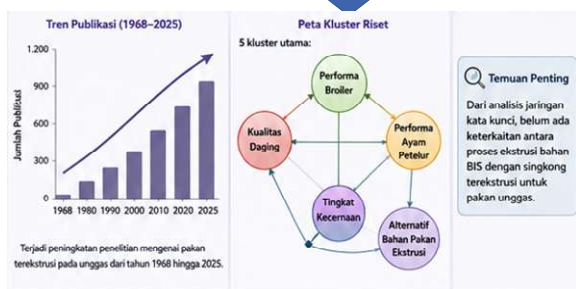
KESIMPULAN: Pakan terekstrusi aman terhadap kualitas daging & telur, serta dapat meningkatkan performa ayam petelur.



Kondisi Optimal (Desirability Function)

Suhu Optimum: **88 °C**
Kadar Air Optimum: **25%**

Berdasarkan kombinasi WSI, WAI, dan ER



Bahan Baku
Bungkil Inti Sawit (BIS) + Singkong

Proses
Ekstrusi

Rentang Kondisi
Suhu Ekstruder: **80–100 °C**
Kadar Air Bahan: **25–50%**

Optimasi Ekstrusi Biskong untuk Pakan Unggas

GRAPHICAL SUMMARY



RESEARCH OBJECTIVES

Main objective

Optimize extrusion technology for a PKC-cassava blend by determining the proper feed moisture and extruder temperature.

Scope

- Extrusion process optimization (RSM)
- Metabolizable energy of the extruded PKC-cassava blend
- Corn substitution potential & broiler performance
- Meta-analysis of extruded feed effects on meat quality, egg quality, and laying hen performance
- Bibliometrics & research mapping

4. META-ANALYSIS OF EXTRUDED FEED



Meat Quality

Parameters: drip loss, saturated and unsaturated fatty acids, and TBARS → no significant difference between chickens fed extruded and non-extruded feed. Extruded feed did not impair meat quality.



Egg Quality

Parameters: albumen weight, Haugh unit, and yolk weight → no significant difference between eggs from hens fed extruded and non-extruded feed.

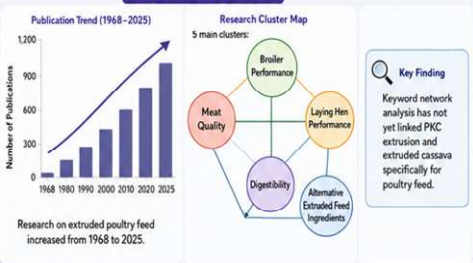


Laying Hen Performance

In terms of performance, egg weight was higher and feed conversion was better in hens given extruded feed.

CONCLUSION: Extruded feed is safe for meat and egg quality and can improve laying hen performance.

5. BIBLIOMETRIC RESULTS



8. CORN SUBSTITUTION POTENTIAL

10%

The extruded PKC-cassava blend can replace 10% and 20% of corn energy in the ration.

20%

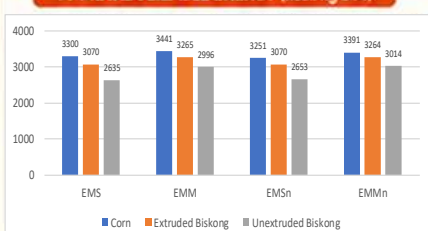
Broiler Performance Test (5 Weeks)

Parameter	Feed Intake	SWG	Final BW	Feed Conversion
Performance	ns ($p > 0.05$)	* ($p < 0.05$)	* ($p < 0.05$)	* ($p < 0.05$)

BB Arbit (5 Weeks)



7. METABOLIZABLE ENERGY (kcal/kg DM)



The extruded blend had higher metabolizable energy than the non-extruded blend and approached corn across all parameters.

Optimal Conditions (Desirability Function)



Optimum Temperature
88 °C



Optimum Moisture
25%

Based on the combination of WSI, WAI, and ER

6. RAW MATERIALS & PROCESS

Raw Materials



Process

Extrusion



Extrusion Optimization of Biskong for Poultry Feed

RINGKASAN

SAZLI TUTUR RISYAHADI. Optimasi Teknik Ekstrusi Bungkil Inti Sawit dan Umbi Singkong Sebagai Bahan Baku Industri Pakan Unggas. Dibimbing oleh YULI RETNANI, ANURAGA JAYANEGARA, HERI AHMAD SUKRIA dan SUMIATI

Biaya pakan merupakan biaya terbesar hingga mencapai 50-70% dari biaya keseluruhan produksi unggas. Jagung merupakan bahan pakan paling banyak proporsinya di dalam formula pakan. Harga bahan baku pakan jagung berfluktuatif dan cenderung naik dan ada sebagian diperoleh melalui importasi sehingga perlu bahan baku alternatif pakan lokal sebagai pensubstitusi jagung.

Campuran bungkil inti sawit dan singkong merupakan bahan baku lokal berpotensi sebagai sumber energi pengganti jagung. Bungkil inti sawit (BIS) memiliki keunggulan ketersediaan dan kontinuitas pasokan karena berasal dari *by product* industri minyak sawit serta memiliki kandungan tinggi protein kasar, namun kelemahannya yaitu energi metabolis yang rendah serta polisakarida non pati yang sangat tinggi. Disisi lain, singkong memiliki energi metabolis yang tinggi namun masih memiliki kekurangan berupa kandungan HCN yang tinggi, kadar protein rendah serta rasio amilosa amilopektin yang berbeda dengan jagung. Teknologi ekstrusi berpotensi untuk mengatasi kelemahan tersebut karena bahan pakan yang sudah terekstrusi dapat meningkatkan pencernaan dan performa broiler. Namun campuran BIS dan singkong terekstrusi secara spesifik masih belum dikaji efektifitasnya menggantikan jagung.

Penelitian mengenai bahan pakan ayam terekstrusi sudah cukup banyak namun hasil dari penelitian-penelitian tersebut berbeda-beda dan belum ada yang melakukan agregasinya secara kuantitatif sehingga saat ini belum ada identifikasi pengembangan topik dan celah keilmuan tentang ekstrusi bahan pakan untuk ayam. Penelitian ini melakukan kajian meta analisis dan bibliometriks untuk mendapatkan kesimpulan menyeluruh dan pemetaan riset di bidang ekstrusi bahan pakan unggas.

Kajian utama penelitian ini yaitu optimasi penggunaan teknologi ekstrusi pada campuran BIS dan singkong dengan penentuan kadar air bahan dan suhu ekstruder yang tepat. Metode *Response Surface Methodology* (RSM) yang lebih komprehensif digunakan untuk mendapatkan kondisi optimum dari rentang suhu 80°C-100°C dan kadar air 25%-50%. Daya substitusi campuran BIS dan singkong terekstrusi terhadap jagung dilakukan dengan menguji energi metabolis dan performa ayam broiler.

Kajian meta-analisis dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan pengaruh pemberian pakan terekstrusi pada ayam terhadap kualitas daging, telur dan performa ayam petelur. Pada kualitas daging dengan parameter drip loss, asam lemak baik jenuh maupun tidak jenuh serta *Thiobarbituric acid reactive substances* (TBARS), tidak ada perbedaan signifikan antara daging ayam yang diberi pakan terekstrusi dengan tidak terekstrusi. Pakan terekstrusi tidak merusak kualitas daging ayam. Pada kualitas telur dengan parameter bobot albumen, *haugh unit* dan bobot kuning telur, tidak ada perbedaan signifikan antara telur dari ayam yang diberikan pakan terekstrusi dengan tidak terekstrusi. Namun dari sisi

performa, bobot telur lebih berat dan konversi pakan lebih baik pada ayam petelur yang diberi pakan ekstrusi.

Hasil kajian bibliometriks menunjukkan bahwa terjadi peningkatan penelitian mengenai pakan terekstrusi pada unggas dari tahun 1968 hingga 2025. Hasil pemetaan riset memperlihatkan adanya 5 kluster riset pengaruh bahan pakan ekstrusi yaitu performa broiler, performa ayam petelur, tingkat pencernaan, kualitas daging dan alternatif bahan pakan ekstrusi. Dari garis hubungan antar kata kunci, belum ada kajian yang menghubungkan antara proses ekstrusi bahan BIS dengan singkong yang diekstrusi untuk pakan unggas.

Optimasi Proses Ekstrusi dengan *Response Surface Methodology* menghasilkan analisis ragam (ANOVA) untuk model linier untuk parameter *Water Absorption Index* dan model kuadratik untuk *Expansion Ratio* (ER) dan *Water Soluble Indeks* (WSI), Titik optimal berdasarkan WSI, WAI dan ER dengan menggunakan *desirability function* diperoleh suhu 88°C dan kadar air 25%.

Pada respon WSI, model kuadratik digunakan untuk menggambarkan variasi secara signifikan ($p = 0,0328$). Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan ($p = 0,1511$) sehingga model mampu menangkap pola data tanpa kesalahan sistematik yang berarti. Pada respon WAI diperoleh model linear yang tidak signifikan ($p = 0,4128$) namun memiliki *lack of fit* yang juga tidak signifikan ($p = 0,9116$), yang menandakan model belum mampu menjelaskan variasi data dengan baik pada rentang suhu 80-100°C dan kadar air 25-50%. Namun demikian terjadi kenaikan nilai WAI jika dibandingkan dengan biskong yang tidak terekstrusi dari hanya 2,78 hingga rata-rata 5,9. Pada expansion ratio, model kuadratik paling sesuai untuk menjelaskan hubungan suhu dan kadar air dengan respon ER dengan signifikansi 0,0001.

Nilai energi metabolis biskong terekstrusi meningkat dibandingkan nilai energi metabolis yang belum diekstrusi dan mendekati energi metabolis jagung. Hasil ini konsisten baik pada energi metabolis semu (EMS), murni (EMM), semu terkoreksi nitrogen (EMSn) dan murni terkoreksi nitrogen (EMMn). EMS biskong terekstrusi sebesar 3070 ± 213 sedangkan biskong yang belum terekstrusi sebesar 2635 ± 202 sementara jagung sebesar 3300 ± 219 .

Pemberian biskong terekstrusi dalam perlakuan formulasi dapat menggantikan energi jagung sebesar 10% dan 20% dalam ransum. Hasil uji performa menunjukkan bahwa penelitian selama 5 minggu pemberian pakan tidak ada perbedaan nyata ($p > 0.05$) konsumsi, namun pertambahan bobot badan, bobot badan dan konversi pakan berbeda nyata ($p < 0.05$). Bobot badan akhir yang paling tinggi pada pakan biskong terekstrusi menggantikan energi jagung 20% sedangkan bobot yang paling rendah pada pakan perlakuan biskong tidak terekstrusi menggantikan energi jagung 20%. Penggunaan biskong terekstrusi menggantikan energi jagung 20% meningkatkan performa ayam disebabkan oleh proses ekstrusi dapat meningkatkan energi metabolis dan meningkatkan pencernaan proteinnya.

Penelitian menyimpulkan bahwa campuran BIS dan singkong terekstrusi berpotensi menggantikan jagung dan memberikan keyakinan lebih besar kepada industri pakan untuk menggunakan teknologi ekstrusi dalam produksi bahan pakan unggas berbasis lokal sebagai substitusi jagung.

Kata kunci: Bungkil Inti Sawit, Optimasi Ekstrusi, Pakan Unggas, Performa Unggas dan Singkong

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

SAZLI TUTUR RISYAHADI. Optimization of Palm Kernel Meal and Cassava Tuber Extrusion Techniques as Raw Materials for the Poultry Feed Industry. Supervised by YULI RETNANI, ANURAGA JAYANEGARA, HERI AHMAD SUKRIA, and SUMIATI.

Feed accounts for 70% of poultry production costs, with corn accounting for the largest proportion of feed ingredients in feed formulas. The price of corn, the raw material for feed and fluctuates and tends to rise. Therefore, alternative, locally-based feed ingredients are needed to replace corn.

A mixture of palm kernel meal (PKM) and cassava is a local raw material with potential as an energy source to replace corn. Palm kernel meal (PKM) offers the advantages of availability and continuity of supply because it is a byproduct of the palm oil industry and contains high crude protein but low metabolizable energy and very high non-starch polysaccharides. Cassava, on the other hand, has metabolizable energy but still has high hydrochloric acid (HCN), low protein content, and a different starch composition than corn. Extrusion technology has the potential to address these weaknesses because extruded feed can improve broiler digestibility and performance. However, the effectiveness of the PKM and cassava mixture as a corn substitute has not been specifically studied.

There is considerable research on extruded chicken feed ingredients, but the results vary, and none have been quantitatively aggregated. Furthermore, there has been no identification of topic developments and scientific gaps in the field of extruded feed ingredients. This study conducted a meta-analysis and bibliometric review to draw comprehensive conclusions and map research in the field of extruded poultry feed ingredients.

The primary focus of this study was observing the use of extrusion technology on a mixture of PKM and cassava, optimizing the material's moisture content and appropriate extruder temperature. A more comprehensive Response Surface Methodology (RSM) method was used to determine optimum conditions within a temperature range of 80°C-100°C and a moisture content of 25%-50%. The substitution capacity of the extruded PKM and cassava mixture for corn was tested for metabolizable energy and broiler chicken performance.

This meta-analysis was conducted to conclude on the effect of extruded feed on meat quality, egg quality, and laying hen performance. Regarding meat quality, measured by drip loss, saturated and unsaturated fatty acids, and oxidative lipid, there was no significant difference between chicken meat fed extruded and non-extruded feed. Extruded feed does not impair meat quality. Egg quality, measured by albumen weight, haugh units, and yolk weight, showed no significant difference between eggs from chickens fed extruded and non-extruded feed. However, in terms of performance, eggs were heavier and feed conversion was better in layers fed extruded feed.

A bibliometric study showed that research on extruded feed for poultry has increased from 1968 to 2025. Research mapping revealed five research clusters on the effects of extruded feed ingredients: broiler performance, laying hen performance, digestibility, meat quality, and alternative extruded feed ingredients.

The correlation between keywords showed no link between the extrusion process of PKM and extruded cassava for poultry feed.

Extrusion Process Optimization using Response Surface Methodology yielded an analysis of variance (ANOVA) for linear models for the Water Absorption Index and quadratic models for the Expansion Ratio (ER) and Water Solubility Index (WSI). The optimal point based on WSI, WAI, and ER using the desirability function was 88°C and 25% water content.

In terms of water solubility index (WSI) response, the quadratic model was used to describe significant variation ($p = 0.0328$). The insignificant lack of fit value ($p = 0.1511$) strengthened the model's ability to capture data patterns without significant systematic error. Water absorption index (WAI) response was obtained insignificant linear model ($p = 0.4128$) but had an insignificant lack of fit ($p = 0.9116$). The result indicated that the model was unable to adequately explain data variation in the temperature range of 80-100°C and water content of 25-50%. However, the WAI value increased compared to unextruded feed, from only 2.78 g/g to an average of 5.9 g/g. These results indicated that temperature and moisture content settings across the treatment range can still be adjusted to achieve the highest WAI value. The expansion ratio response showed that the quadratic model best explained the relationship between temperature and moisture content with a significance level of 0.0001.

The metabolizable energy value of extruded feed increased compared to unextruded and approached that of corn. This result was consistent across apparent metabolizable energy (AME), true (TME), apparent nitrogen-corrected (AMEn), and true nitrogen-corrected (TMEn). The AME of extruded was 3070 ± 213 , while that of unextruded was 2635 ± 202 , and that of corn was 3300 ± 219 .

Extruded PKM and cassava in the formulation treatments could replace 10% and 20% of corn energy in the ration. Performance test results showed no significant difference ($p > 0.05$) in consumption during the 5-week feeding study. However, body weight gain and feed conversion were significantly different ($p < 0.05$). The highest final body weight was achieved with the extruded diet, replacing 20% of the corn energy, while the lowest weight was achieved with the non-extruded diet, replacing 20% of the corn energy. By replacement extruded feed 20% could improve chicken performance due to the extrusion process increasing metabolizable energy and improving protein digestibility. Based on this study, the extruded PKM and cassava mixture has the potential to replace corn and provides greater confidence to the feed industry in using extrusion technology in the production of locally based poultry feed ingredients.

Keywords: Broiler Performance, Cassava, Extrusion Optimization, Palm Kernel Meal and Poultry Feed.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Rita Mutia, MScAgr
- 2 Dr. drh. Ina Setiana, MSi

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Rita Mutia, MScAgr
- 2 Dr. drh. Ina Setiana, MSi

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Disertasi : Optimasi Teknik Ekstrusi Bungkil Inti Sawit dan Umbi
Singkong Sebagai Bahan Baku Industri Pakan Unggas

Nama : Sazli Tuter Risyahadi
NIM : D2601231007

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Yuli Retnani., M.Sc

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Anuraga Jayanegara, S.Pt., M.Sc

Pembimbing 3:
Dr. Ir. Heri Ahmad Sukria, M.Sc

Pembimbing 4:
Prof. Dr. Ir. Sumiati., M.Sc

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan:
Prof. Dr. Ir Dewi Apri Astuti, MS
NIP 196110051985032001

Dekan Fakultas Peternakan :
Prof. Dr. Ir. Idat Galih Permana, MSc
NIP 196705061991031001



Tanggal Ujian Tertutup: 1 Juli 2026
Tanggal Ujian Promosi: 13 Agustus 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2024 sampai bulan Januari 2026 ini ialah teknologi ekstrusi pakan, dengan judul “Optimasi Teknik Ekstrusi Bungkil Inti Sawit dan Umbi Singkong Sebagai Bahan Baku Industri Pakan”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof Yuli Retnani, Prof Anuraga Jayanegara, Dr Heri Ahmad Sukria dan Prof Sumiati yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Kemendiktisaintek melalui Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI), Tim Divisi Manufaktur dan Industri Pakan, Lab Ternak Unggas Departemen Ilmu Nutrisi dan Pakan yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada alm Papah Dr Suryahadi, Mamah Ir Risye Risyaeni, serta seluruh keluarga istri tercinta Indah Yuniati Utami S.Sos, kakak Uwais Izzatun Naisya, kakak Umar Syabil Arrayhan dan ade Maryam Fathaniyah yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Sazli Tutur Risyahadi

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Kebaruan (<i>Novelty</i>)	3
1.6 Diagram Alir Kerangka Pemikiran	4
II EVALUASI PAKAN TEREKSTRUSI TERHADAP PERFORMA AYAM PETELUR DAN DAGING AYAM BROILER: PENDEKATAN META ANALISIS	5
2.1 Abstrak	5
2.2 Pendahuluan	5
2.3 Metodologi	6
2.4 Hasil dan Pembahasan	11
2.5 Simpulan dan Saran	20
III PEMETAAN TREND TOPIK RISET EKSTRUSI BAHAN PAKAN UNGGAS: ANALISIS BIBLIOMETRIKS	21
3.1 Abstrak	21
3.2 Pendahuluan	21
3.3 Metode	22
3.4 Hasil dan Pembahasan	23
3.5 Simpulan	30
IV OPTIMASI EKSTRUSI CAMPURAN BUNGKIL INTI SAWIT DAN SINGKONG DENGAN <i>RESPONSE SURFACE METHODOLOGY</i>	31
4.1 Abstrak	31
4.2 Pendahuluan	31
4.3 Metodologi	33
4.4 Hasil dan Pembahasan	35
4.5 Simpulan	39
V EVALUASI PERBANDINGAN CAMPURAN BISKONG TEREKSTRUSI DENGAN JAGUNG: STUDI ENERGI METABOLIS DAN PERFORMA BROILER	40
5.1 Abstrak	40
5.2 Pendahuluan	40
5.3 Metodologi	41
5.4 Hasil dan Pembahasan	46
5.5 Simpulan	49



VI PEMBAHASAN UMUM	50
VII SIMPULAN UMUM DAN SARAN.....	54
7.1 Simpulan Umum	54
7.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	62
RIWAYAT HIDUP	66

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Artikel Metaanalisis Pengaruh Ekstrusi Pakan terhadap Performa Ayam Petelur dan Kualitas Daging Broiler	10
2	Hasil Metaanalisis Pengaruh Ekstrusi Terhadap Performa Telur	12
3	Hasil Meta-Regresi Pengaruh Ekstrusi Terhadap Performa Telur	13
4	Hasil Metaanalisis Pengaruh Ekstrusi Terhadap Kualitas daging ayam	15
5	Output Biblilometriks Secara Umum	24
6	Kata Kunci yang Paling Banyak Muncul	24
7	10 Jurnal Paling Relevan Ekstrusi Pakan Unggas	27
8	Rancangan Percobaan <i>Central Composite Design</i>	34
9	Analisis optimasi ekstrusi Biskong terhadap Expansion Rasio (ER), Water Soluble Indeks (WSI), Water Absorption Indeks (WAI)	36
10	Input proses Optimasi dengan <i>Desireablity Function</i>	39
11	Output proses Optimasi dengan <i>Desireablity Function</i>	39
12	Kandungan nutrient jagung, biskong dan biskong terekstrusi	42
13	Formula dan Nutrien Pakan Perlakuan	44
14	Perbandingan energi metabolis jagung dengan biskong terekstrusi	46
15	Perbandingan Retensi Nitrogen antara jagung dengan biskong	47
16	Hasil Uji Performa Perbandingan Biskong terekstrusi dengan jagung	48

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram Alir Penelitian	xvi
2	Proses Seleksi Artikel Metaanalisis Ekstrusi Pakan terhadap Performa Petelur dan daging Broiler	9
3	Hasil Subgrup strain ayam pada pakan terekstrusi terhadap FCR	14
4	Hasil Sub grup strain ayam pada pakan terekstrusi terhadap HDP	14
5	Forest Plot Pengaruh Pakan Terekstrusi Terhadap Kualitas Daging	15
6	Bagan proses seleksi artikel yang digunakan untuk analisis bibliometriks	23
7	Tren Publikasi dan Sitasi Penelitian Pakan Ekstrusi pada Unggas	25
8	Tren Publikasi dari 5 Negara Paling Produktif	25
9	Visualisasi Klaster Jaringan Kata Kunci Pakan Ekstrusi pada Unggas	26
10	Visualisasi keterbaruan Kata Kunci Pakan Ekstrusi pada Unggas	26
11	Topik-topik yang Sedang Tren Terkait Ekstrusi Pakan pada Unggas	28
12	Dokumen Paling Banyak Dikutip Global Tentang Pakan Ekstrusi	30
13	<i>Central Composite Design</i> (CCD) level faktor suhu dan kadar air	35
14	<i>Response surface</i> pengaruh suhu dan kadar air terhadap <i>Expansion Rasio</i> (ER), <i>Water Soluble Indeks</i> (WSI), <i>Water Absorption Indeks</i> (WAI)	36



DAFTAR LAMPIRAN

1. Data eksperimen dan prediksi percobaan esktrusi dengan model RSM	63
2. Analisis Ragam Data Energi Metabolisme	64
3. Analisis Ragam Data Performa terhadap Pakan perlakuan	65
4. Perhitungan <i>Income Over Feed Cost</i>	66

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.