

ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET BIDANG BIOTEKNOLOGI HEWAN

INOVASI PRODUK PAKAN SAPI POTONG BERBASIS BAKTERI ASAM LAKTAT UNTUK MENDUKUNG USAHA PETERNAKAN NASIONAL



OLEH:

YANTYATI WIDYASTUTI

**LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
JAKARTA, 1 SEPTEMBER 2021**

**INOVASI PRODUK PAKAN SAPI POTONG
BERBASIS BAKTERI ASAM LAKTAT
UNTUK MENDUKUNG
USAHA PETERNAKAN NASIONAL**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

All Rights Reserved

Buku ini tidak diperjualbelikan.



**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG BIOTEKNOLOGI HEWAN**

**INOVASI PRODUK PAKAN SAPI POTONG
BERBASIS BAKTERI ASAM LAKTAT
UNTUK MENDUKUNG
USAHA PETERNAKAN NASIONAL**

**OLEH:
YANTYATI WIDYASTUTI**

**LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
JAKARTA, 1 SEPTEMBER 2021**

© 2021 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Pusat Penelitian Bioteknologi

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Inovasi Produk Pakan Sapi Potong Berbasis Bakteri Asam Laktat untuk Mendukung Usaha Peternakan Nasional/Yantyati Widyastuti. Jakarta: LIPI Press, 2021.

ix + 65 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-602-496-248-7 (cetak)
978-602-496-247-0 (*e-book*)

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. Inovasi Produk | 2. Pakan Sapi Potong |
| 3. Bakteri Asam Laktat | 4. Peternakan Nasional |

633.2

Copy editor : Risma Wahyu Hartiningsih
Proofreader : Sarwendah Puspita Dewi
Penata Isi : Dhevi E.I.R. Mahelingga
Desainer Sampul : Laura Citra Zhahira

Cetakan : September 2021



Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Gedung PDDI LIPI, Lantai 6
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710
Telp.: (021) 573 3465
e-mail: press@mail.lipi.go.id
website: lipipress.lipi.go.id

 LIPI Press
 @lipi_press
 @lipi.press

BIODATA RINGKAS



Yantyati Widyastuti lahir di Malang, Jawa Timur pada 12 Januari 1958, merupakan putri kedua dari lima bersaudara, putri Bapak R. Soebandi (alm.) dan Ibu Siti Wiloedjeng (almh.). Menikah dengan Prof. Dr. Baharuddin Tappa (alm.) dan dikaruniai tiga anak, yaitu Fauzan Widyarman, S.Sos., Farras Widyansa, S.P., dan Fauzia Widyanova, S.Pt.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 41/M Tahun 2010 tanggal 29 Maret 2010 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama terhitung mulai tanggal 1 Juli 2009.

Berdasarkan Surat Keputusan Kepala LIPI Nomor 172/A/2021 tentang Majelis Pengukuhan Profesor Riset, tanggal 19 Agustus 2021 tentang Pembentukan Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan pidato Pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Kauman II di Malang tahun 1969, Sekolah Dasar 8 Tahun Laboratorium IKIP di Malang tahun 1973, dan Sekolah Menengah Atas Proyek Perintis Sekolah Pembangunan IKIP di Malang tahun 1976. Memperoleh gelar Sarjana dari Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Brawijaya, Malang pada tahun 1982 dan memperoleh gelar Doctor of Philosophy dalam bidang Ilmu Nutrisi-Mikrobiologi Rumen dari Tokyo University of Agriculture, Jepang tahun 1989. Selain itu, pernah mengikuti *post doc* di Rowett Research Institute, Aberdeen, Inggris pada tahun 1992 dan pelatihan-pela-

tihan yang berkaitan dengan bidang kompetensinya, antara lain *Training on Biotechnology* yang diselenggarakan oleh Japan International Cooperation Agency di Institute of Physical and Chemical (RIKEN), Saitama Jepang tahun 1985 dan *Training on Feed Management* di COVAP, Cordoba Spanyol tahun 2016.

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Asisten Peneliti Madya (Gol. III/b) tahun 1990, Ajun Peneliti Muda (Gol. III/c) tahun 1991, Ajun Peneliti Madya (Gol. III/d) tahun 1995, Peneliti Muda (Gol. IV/a) tahun 1997, Peneliti Madya (Gol. IV/b) tahun 2000, Peneliti Madya (Gol. IV/c) tahun 2004, Peneliti Utama (Gol. IV/d) tahun 2009, dan Peneliti Utama (Gol. IV/e) tahun 2014.

Menghasilkan 101 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun dengan penulis lain dalam bentuk makalah yang diterbitkan dalam buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 73 di antaranya ditulis dalam bahasa Inggris. Paten yang disusun bersama tim sebanyak tujuh buah.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah sebagai pembimbing dan penguji skripsi (S1), tesis (S2), dan disertasi (S3) pada Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Bandung, Universitas Indonesia, Universitas Padjadjaran, Universitas Gadjah Mada, Universitas Sebelas Maret, dan Institut Sains dan Teknologi Nasional. Selain itu, aktif dalam organisasi profesi ilmiah sebagai pengurus HILPI dan anggota HIMPENINDO, AINI, serta PERMI.

Menerima tanda penghargaan Satyalancana Karya Satya X tahun (1998), Satyalancana Karya Satya XX tahun (2005), dan Satyalancana Karya Satya XXX tahun (2015) dari Presiden Republik Indonesia.

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS.....	v
DAFTAR ISI	vii
PRAKATA PENGUKUHAN.....	ix
I. PENDAHULUAN.....	1
II. PERKEMBANGAN RISET PAKAN DAN MIKROBIOLOGI	
RUMEN	4
2.1 Pakan Sapi Potong.....	4
2.1.1 Pakan Hijauan	4
2.1.2 Konsentrat	5
2.1.3 Pakan Aditif.....	6
2.2 Mikrobiologi Rumen.....	7
III. INOVASI TEKNOLOGI PRODUK PAKAN BERBASIS	
BAKTERI ASAM LAKTAT	10
3.1 Karakteristik Bakteri Asam Laktat.....	10
3.2 Pengumpulan Mikroorganisme dan Penguatan Kompetensi	
Riset Mikrobiologi	11
3.3 Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat sebagai Pakan Sapi Potong....	12
3.3.1 Inokulan silase	13
3.3.2 Probiotik.....	14
3.4 Analisis Nutrien dan Kecernaan Pakan	15
IV. STRATEGI MENUJU INOVASI PRODUK PAKAN SAPI	
POTONG BERBASIS BAKTERI ASAM LAKTAT	17
4.1 Pengembangan Produk Pakan Sapi Potong	17
4.2 Diseminasi Hasil-Hasil Riset	17
4.3 Pemanfaatan Produk Pakan Sapi Potong.....	18
V. KESIMPULAN.....	20
VI. PENUTUP	21
UCAPAN TERIMA KASIH	22

DAFTAR PUSTAKA.....	25
LAMPIRAN	37
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH.....	41
DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA.....	55
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	56

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillahirrahmaanirrahiim.

Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset yang mulia dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga dalam kesempatan ini kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir pada acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

**“INOVASI PRODUK PAKAN SAPI POTONG
BERBASIS BAKTERI ASAM LAKTAT
UNTUK Mendukung USAHA
PETERNAKAN NASIONAL”**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

I. PENDAHULUAN

Indonesia saat ini menempati posisi keempat sebagai negara dengan penduduk terpadat di dunia setelah Cina, India, dan Amerika Serikat. Untuk mencukupi kebutuhan pangan, sektor peternakan berperan sebagai penyedia protein hewani melalui ketersediaan daging, susu, dan telur. Protein hewani merupakan nutrisi penting yang dibutuhkan tubuh manusia pada segala usia untuk memelihara sel-sel tubuh dan memperbaiki atau menggantikan sel-sel tubuh yang rusak.

Masyarakat Indonesia mempunyai preferensi yang tinggi untuk mengonsumsi daging sapi. Dengan kesadaran akan kesehatan seiring dengan peningkatan pendapatan masyarakat, data menunjukkan adanya peningkatan konsumsi daging. Konsumsi daging sapi meningkat dari 0,417 kg menjadi 0,469 kg per kapita per tahun pada tahun 2015 dan 2019¹. Untuk memenuhi permintaan konsumen, produksi daging sapi masih harus ditingkatkan lagi. Peningkatan ketersediaan daging dengan jalan menambah populasi sapi, telah menjadi prioritas pemerintah dan diupayakan melalui pengembangbiakan yang terprogram untuk menghasilkan lebih banyak pedet. Data menunjukkan adanya peningkatan populasi sapi potong dari 15,997 juta ekor menjadi 17,467 juta ekor pada tahun 2016 dan 2020¹.

Ternak ruminansia, salah satunya sapi potong, besar perannya dalam penyediaan daging, tetapi dalam proses produksinya menimbulkan masalah, yaitu menyumbang pada emisi gas rumah kaca. Dari ruminansia, emisi gas rumah kaca terbesar berupa gas metana yang dikeluarkan ke udara melalui sendawa. Secara alami, fermentasi pakan yang berlangsung pada ruminansia menghasilkan gas metana. Sebagai hal yang tidak bisa dihindari, produksi gas metana merupakan pemborosan energi

bagi ternak. Produksi gas metana dari ruminansia², selain mengganggu lingkungan, juga merugikan ruminansia itu sendiri.

Budi daya sapi potong sangat tergantung pada ketersediaan pakan, di mana biaya pakan mencapai 70% pada tata kelola pemeliharaan ternak. Secara global, budi daya sapi potong telah mengalami perubahan, terutama pada manajemen pemberian pakannya. Pada dasarnya, pakan yang dikonsumsi ditujukan untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok dan produktivitasnya. Oleh karena itu, strategi global pada pemberian pakan telah diupayakan juga untuk dapat menurunkan produksi gas metana. Salah satu pendekatan yang telah dilakukan adalah menggunakan bakteri asam laktat yang memproduksi asam laktat dan berperan pada fermentasi pakan³, serta memengaruhi keseimbangan mikroorganisme pada saluran pencernaan⁴. Dengan konsep yang serupa, yaitu dengan pengaruh probiotik pada kesehatan manusia⁵ maka bakteri asam laktat juga dapat menyehatkan ternak. Peran bakteri asam laktat untuk menurunkan produksi gas metana merupakan konsep global inovasi. Mendukung upaya untuk meningkatkan produktivitas sapi potong maka serangkaian riset mengenai pengembangan pakan sapi potong yang mengandung bakteri asam laktat telah dilakukan di Pusat Penelitian Bioteknologi. Dengan bekal ilmu nutrisi ternak dari pendidikan S1, ditambah dengan mikrobiologi rumen yang diperoleh melalui *training* Bioteknologi pada awal karier sebagai peneliti, dan ilmu yang diperoleh dari pendidikan S3, telah menjadikan bekal awal yang cukup untuk menjadi peneliti. Kesempatan mengikuti *post doc* juga telah menambah pengalaman yang sangat berharga untuk dikembangkan di tanah air. Selain itu, berbagai kerja sama riset bidang mikrobiologi juga telah memberikan tambahan ilmu dan pengalaman untuk mampu melakukan riset pakan berbasis bakteri asam laktat bersama tim.

Kondisi dan perkembangan riset pakan dari masa ke masa, tantangan dan hambatannya, sampai rekomendasi untuk mendapatkan solusi agar produk pakan sapi potong berbasis bakteri asam laktat dapat diaplikasikan, akan disampaikan dalam bab-bab selanjutnya dalam buku orasi ini. Inovasi produk pakan berbasis asam laktat ini diharapkan mampu meningkatkan produktivitas peternakan secara nasional.

II. PERKEMBANGAN RISET PAKAN DAN MIKROBIOLOGI RUMEN

Keberhasilan budi daya sapi potong sangat ditentukan oleh ketersediaan pakan untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok, jaminan kesehatan dan produktivitasnya. Sedapat mungkin pakan dapat diproduksi dengan biaya yang ekonomis. Sapi potong termasuk ruminansia atau hewan pemamah biak dalam kelompok herbivora, dengan ciri pakan utamanya adalah rumput atau hijauan.

2.1 Pakan Sapi Potong

Komponen pakan sapi potong adalah hijauan sebagai pakan pokok, konsentrat sebagai pakan penguat, dan pakan aditif yang disusun secara proporsional atau diformulasikan menjadi ransum. Di Indonesia, budi daya sapi potong hampir seluruhnya dilakukan dengan cara dikandangkan sehingga pakan harus dijamin cukup.

2.1.1 Pakan Hijauan

Pakan hijauan yang ideal adalah rumput segar. Sayangnya, karena pengaruh musim, tidak ada jaminan bahwa rumput segar selalu tersedia dalam jumlah yang cukup sepanjang tahun. Oleh karena itu, pakan hijauan, baik rumput maupun lainnya yang diawetkan menjadi silase⁶, dapat dijadikan alternatif. Prinsip pengawetan hijauan adalah mempertahankan nutrisi pada hijauan yang diawetkan agar terhindar dari kerusakan oleh serangan mikroorganisme pembusuk.

Pembuatan silase sudah dilakukan sejak lama. Pada tahun 1877, peternak Prancis memublikasikan buku tentang silase berdasarkan pengalamannya menggunakan silase tanaman jagung⁶.

Dari daftar pemenang nobel kimia, Artturi Ilmari Virtanen dari Finlandia adalah pemenang nobel kimia pada tahun 1945, untuk riset dan penemuannya pada bidang pertanian dan kimia nutrisi, khususnya metode pengawetan hijauan pakan, yang dapat menyelamatkan ternak pada musim dingin. Pada awalnya, pengawetan hijauan dalam keadaan asam dilakukan dengan menambahkan bahan ‘inhibitor’, seperti asam format dan asam sulfat, tetapi cara ini tidak dapat dipertahankan karena sifat korosif pada silo sebagai tempat pembuatan silase. Di sisi lain, penggunaan bahan ‘stimulan’, seperti bakteri asam laktat dan enzim yang lebih ramah lingkungan, telah dimulai pada tahun 1980-an dan terus berkembang sampai sekarang⁶. Evaluasi lebih jauh dari penggunaan bakteri asam laktat sebagai inokulan silase adalah pada efek probiotiknya⁷.

Kondisi bahwa bakteri asam laktat dapat bertahan di dalam rumen merupakan salah satu persyaratan efektivitas probiotik. Melalui percobaan *in vitro*, Weinberg dkk. (2004) membuktikan untuk pertama kalinya bahwa inokulan bakteri asam laktat dapat bertahan di dalam rumen⁸. Dilaporkan pula bahwa konsumsi silase dapat dijadikan ‘kendaraan’ agar bakteri asam laktat dapat mencapai rumen⁹. Tren baru untuk bakteri asam laktat yang digunakan sebagai inokulan silase adalah yang berperan atau yang mempunyai kemampuan dalam menurunkan emisi gas metana. Bakteri asam laktat yang digunakan sebagai inokulan silase menunjukkan kemampuan yang lebih tinggi dalam menurunkan gas metana pada percobaan *in vitro*, dibandingkan dengan bakteri asam laktat ditambahkan langsung pada pakan¹⁰.

2.1.2 Konsentrat

Konsentrat merupakan campuran bahan pakan biji-bijian yang disusun dalam suatu formulasi untuk memenuhi kebutuhan pada fase pertumbuhan tertentu. Konsentrat menurut Standar Nasional

Indonesia (SNI) 3148 adalah pakan yang kaya akan sumber protein dan/atau sumber energi serta dapat mengandung pelengkap pakan dan/atau imbuhan pakan. SNI pakan konsentrat 3148 terdiri dari bagian satu untuk sapi perah¹¹ dan bagian dua untuk sapi potong¹². Jumlah pemberian konsentrat disesuaikan dengan tujuan pemeliharaannya. Bahan-bahan penyusun konsentrat terdiri dari jagung, kedelai, dan dedak padi. Pemilihan bahan disesuaikan dengan faktor harga, kualitas dan ketersediaan, atau kemudahan memperolehnya. Konsentrat untuk sapi perah dan sapi potong disusun untuk meningkatkan jaminan mutu (*quality assurance*) dan keamanannya (*feed safety*) karena mutu dan keamanan konsentrat akan sangat memengaruhi pertumbuhan, produksi, dan reproduksi secara keseluruhan.

Penggunaan bahan pakan produk rekayasa genetik (PRG), seperti jagung PRG dan kedelai PRG, tampaknya tidak dapat dihindari lagi. Bahan pakan PRG dapat dinyatakan aman setelah melewati proses pengkajian. Indonesia menerapkan prinsip kehati-hatian untuk mengizinkan penggunaan produk tanaman PRG melalui Peraturan Pemerintah No. 21 tahun 2005¹³. Pengkajian keamanan produk PRG sebagai pakan dilaksanakan melalui penugasan oleh Komisi Keamanan Hayati (KKH) kepada tim teknis. Pengkajian keamanan pakan PRG meliputi aspek informasi genetik, informasi keamanan pakan, yaitu kesepadanan substantial dan toksisitasnya serta studi pakan¹⁴.

2.1.3 Pakan Aditif

Penggunaan antibiotik sebagai pakan aditif untuk meningkatkan produktivitas ternak telah berlangsung lama, tetapi kemudian dilarang. Belakangan, Indonesia juga melarang berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No. 14/PERMENTAN/PK350/6/2017¹⁵ tentang klasifikasi obat hewan pasal 16 yang menyebutkan larangan penggunaan antibiotik. Sejak pelarangan

tersebut maka penggantinya adalah probiotik yang mulai populer pada tahun 1990-an. Probiotik menurut FAO/WHO adalah pakan aditif berupa mikroorganisme hidup yang mempunyai efek untuk menyehatkan saluran pencernaan¹⁶. Bakteri asam laktat merupakan salah satu bakteri probiotik yang digunakan sebagai *direct fed microbials*¹⁷.

2.2 Mikrobiologi Rumen

Tinjauan pada aspek mikrobiologi saluran pencernaan ruminansia, terutama rumen, yang berkaitan dengan proses fermentasi pakan, telah dimulai sejak tahun 1950-an dan terus berkembang sampai sekarang. Rumen adalah bagian terbesar dari lambung yang mengandung mikroorganisme, yaitu bakteri, arkea, protozoa dan fungi sebagai tempat terjadinya proses pencernaan pakan yang menghasilkan produk akhir berupa asam-asam organik, yaitu *volatile fatty acid* (VFA), gas karbon dioksida (CO₂), dan gas metana (CH₄). Komponen utama VFA yang terdiri dari asam asetat, propionat, dan butirir dengan proporsi 2:4:1 akan diserap tubuh dan diubah menjadi energi, sedangkan gas dikeluarkan melalui sendawa. Gas karbon dioksida dan metana merupakan komponen dari gas rumah kaca, yaitu gas-gas yang berada di atmosfer yang dapat menyebabkan meningkatnya panas bumi. Bagi ruminansia, termasuk sapi, pembentukan gas metana merupakan kerugian atau pemborosan energi sebesar 2–15%¹⁸ maka upaya untuk menurunkan gas metana telah menjadi pemikiran peneliti di dunia. Upaya untuk menurunkan produksi gas metana dapat dilakukan melalui modifikasi fermentasi rumen¹⁹.

Rumen menyediakan kondisi yang ideal untuk dapat mempelajari proses pencernaan pakan dan aktivitas mikroorganisme, dengan alasan 1) organ rumen merupakan fermentor alami yang unik dan 2) pada rumen dapat dipasang fistula sehingga mudah diakses dan diambil cairan rumennya. Keberadaan mikroorga-

nisme di rumen terbagi pada empat lokasi, yaitu di cairan rumen, menempel pada dinding rumen, menempel pada partikel pakan, dan menempel pada mikroorganisme lain. Jumlah populasi dan jenisnya sangat dipengaruhi, terutama oleh jumlah dan tipe pakan yang dikonsumsi²⁰ dan perbedaan bangsa sapi, serta geografi²¹. Hasil riset mikrobiologi, terutama aktivitas bakteri dan protozoa di rumen, terdokumentasi pada buku *The Rumen and Its Microbes*²² yang terbit pada tahun 1966.

Upaya memahami fermentasi pakan di rumen pada awalnya dilakukan dengan menggunakan kultur tunggal bakteri rumen di luar tubuh yang telah berhasil diisolasi dan dikultivasi atau ditumbuhkan pada medium spesifiknya. Kecernaan serat kasar sebagai komponen utama hijauan pakan menjadi fokus dalam memahami aktivitas mikroorganisme rumen.

Beberapa bakteri selulolitik, seperti *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, dan *Prevotella ruminicola* merupakan bakteri inti dari rumen²³. Selain itu, juga dilaporkan adanya Clostridia pada rumen sapi²⁴. Dengan menggunakan kultur tunggal, dapat dipelajari aktivitasnya dalam mendegradasi serat kasar dari bahan pakan^{25,26}. Kemampuan mencerna pakan ditentukan oleh aktivitas enzim yang disekresikan dan dilepaskan pada cairan rumen²⁷. Selain itu, juga dipengaruhi oleh interaksi antarpopulasi mikroorganisme dalam rumen²⁸.

Adanya bakteri asam laktat di rumen dilaporkan dapat menurunkan gas metana yang dihasilkan selama fermentasi pakan. Peran bakteri asam laktat dalam menekan proses pembentukan gas metana di rumen dijelaskan melalui hipotesis bahwa bakteri asam laktat atau metabolitnya, 1) mengubah fermentasi rumen yang menyebabkan penurunan produksi gas metana, 2) secara langsung menghambat aktivitas metanogen di rumen,

dan 3) tidak langsung, yaitu menghambat bakteri rumen yang spesifik menghasilkan H₂ atau komponen yang mengandung *methyl* sebagai substrat untuk metanogenesis³. Kemungkinan lain adalah melalui asumsi bahwa sebagai hasil keterlibatan langsung dari substansi dengan molekul rendah seperti hidrogen peroksida yang dibutuhkan saat aerasi pada pertumbuhannya²⁹.

Untuk memahami proses pencernaan pakan di rumen, pada tahun 1980-an hingga kini, mulai digunakan teknologi berbasis asam nukleat yang lebih akurat³⁰ yang menggeser penggunaan kultur tunggal mikroorganismen rumen. Perkembangan teknologi pakan selanjutnya, tahun 2000-an, mulai dimanfaatkan teknologi pengurutan gen (*gene sequencing*) dan riset tentang gen yang meliputi, antara lain *genomics*, *proteomics*, dan *metabolomics*³¹ (Gambar 1). Sebagai contoh, *metabolomics* telah digunakan untuk mengevaluasi perubahan metabolit pada rumen dari adanya perubahan proporsi pakan menggunakan spektroskopi *nuclear magnetic resonance* (NMR)³². Pendekatan teknologi pakan berbasis *nutrigenomics* diperkirakan akan mewakili pengembangan pakan ternak di masa mendatang.

III. INOVASI TEKNOLOGI PRODUK PAKAN BERBASIS BAKTERI ASAM LAKTAT

Bakteri asam laktat merupakan mikroorganisme potensial yang menyandang predikat *Generally Recognized as Safe* (GRAS) oleh *Food Drug Administration* (FDA), Amerika, atau *Qualified Presumption of Safety* (QPS) oleh *European Food Safety Authority* (EFSA), Eropa. Berdasarkan predikat tersebut, bakteri asam laktat merupakan kelompok bakteri potensial yang digunakan pada riset secara luas untuk pembuatan dan pengawetan produk-produk pangan termasuk pakan^{33,34}. Penggunaan bakteri asam laktat pada fermentasi susu dapat meningkatkan cita rasa^{35,36} sekaligus memperbaiki kualitas produknya³⁷.

3.1 Karakteristik Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat adalah bakteri Gram positif, katalase negatif dan dapat tumbuh dengan atau tanpa oksigen. Bentuk selnya batang atau bulat dengan berbagai konfigurasi. Kelompok bakteri asam laktat yang menghasilkan asam laktat dari fermentasi glukosa disebut homofermentatif, sedangkan yang menghasilkan asam laktat, etanol, asam asetat, dan CO₂ disebut heterofermentatif. Selain glukosa, bakteri asam laktat dapat memanfaatkan laktosa untuk kehidupannya. Sebagai normal mikroorganisme di alam, habitat bakteri asam laktat sangat luas tergantung pada ketersediaan nutrien yang cukup untuk menunjang kehidupannya, di antaranya adalah buah-buahan³⁸, saluran pencernaan manusia³⁹, dan hewan^{40,41}.

Bakteri asam laktat jumlahnya hanya sedikit di rumen karena tidak berperan pada pencernaan serat kasar pakan. Lazimnya, jumlahnya lebih banyak pada pedet karena pedet banyak mengonsumsi susu. Dari rumen, dilaporkan adanya *Lactobacillus*

ruminis dan *Lactobacillus vitulinus* sebagai penghuni asli rumen, sedangkan *Streptococcus bovis* lebih sering dijumpai di berbagai kondisi rumen⁴². Keberadaan bakteri asam laktat di rumen dapat berstatus kebetulan tergantung jenis pakan yang dikonsumsi.

3.2 Pengumpulan Mikroorganisme dan Penguatan Kompetensi Riset Mikrobiologi

Pengumpulan mikroorganisme telah dilakukan di Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI sejak tahun 1986 dan koleksinya disimpan di *Biotechnology Culture Collection* (BTCC)⁴³, Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI. Bersama-sama dengan anggota Forum Komunikasi Kurator Mikroorganisme (FORKOMIKRO), telah disusun Daftar Biakan Mikroorganisme Indonesia edisi pertama tahun 1999⁴⁴ dan kedua tahun 2000⁴⁵, di mana sebagian nama mikroorganisme masih sampai tingkat genus. Pengumpulan berikutnya, dilakukan di bawah kerjasama riset bilateral Indonesia dan Jepang.

Kerjasama dengan Japan Bioindustry Association ‘*Conservation and Sustainable Use of Tropical Bioresources*’ (1993–1998) tentang taksonomi bakteri asam laktat dan bakteri asam asetat. Sebanyak lebih dari 200 isolat bakteri asam laktat dari pangan fermentasi tradisional dan buah-buahan dari Bogor dan sekitarnya telah dikoleksi. Selain itu, hasil identifikasi bakteri asam asetat telah menghasilkan jenis baru *Asaia bogoriensis*⁴⁶ dan *Kozakia baliensis*⁴⁷, serta identifikasi genus *Gluconobacter*⁴⁸.

Kerjasama dengan National Institute of Technology and Evaluation (2003–2009) sebagai implementasi dari *Convention on Biological Diversity*⁴⁹ yang fokus pada taksonomi aktinobakteri dan fungi. Kerjasama ini memberikan kesempatan untuk mempelajari metode identifikasi mikroorganisme berbasis asam nukleat (16S rDNA dan 18S rDNA) sehingga dapat dilaporkan

jenis-jenis baru aktinobakteri^{50,51,52,53} dan fungi^{54,55} dari berbagai lokasi di Indonesia, serta informasi keragamannya dari Kawasan Cibinong Science Center⁵⁶, Lombok⁵⁷, termasuk pengungkapan potensinya⁵⁸.

Kerja sama dengan Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS) tentang Pengembangan Biological Resources Center (2011–2016) yang meliputi beberapa kegiatan, termasuk pengumpulan bakteri asam laktat untuk probiotik sapi. Sebanyak 82 strain bakteri asam laktat dari silase jagung dan rumput telah diperoleh dan disimpan di Indonesia Culture Collection (InaCC) sebagai depository mikroorganisme yang resmi beroperasi mulai September 2014. Seluruh bakteri asam laktat dari BTCC juga telah dipindahkan dan tersimpan di InaCC.

Hasil-hasil riset tentang potensi mikroorganisme dari koleksi yang ada telah terdokumentasi dalam buku *Exploring Indonesian Microbial Genetic Resources for Industrial Application*⁵⁹ termasuk di dalamnya, terdapat ulasan mengenai bakteri asam laktat yang potensial untuk bidang pangan dan pakan⁶⁰ (Gambar 2).

3.3 Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat sebagai Pakan Sapi Potong

Bakteri asam laktat yang terkandung pada pakan dan dikonsumsi sapi, akan sampai rumen dan bertahan dalam keadaan hidup sehingga dapat berperan dalam fermentasi pakan^{9,61}. Pengamatan keberadaan bakteri asam laktat dapat melalui percobaan *in vivo*, yaitu di dalam tubuh ternak atau *in vitro*, yaitu di luar tubuh ternak. Percobaan *in vitro* meniru kondisi *in vivo*, walaupun tidak dapat sama sepenuhnya. Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI mempunyai fasilitas untuk melakukan riset tersebut (Gambar 3).

Penggunaan sapi fistula pada riset harus mendapat persetujuan dari Komisi Klirens Etik tentang penggunaan hewan untuk riset.

3.3.1 Inokulan silase

Silase merupakan hijauan pakan yang diawetkan melalui proses fermentasi menggunakan inokulan bakteri asam laktat secara anaerobik⁶. Fermentasi silase dapat berlangsung secara alami dengan adanya bakteri epifit pada hijauan, tetapi untuk menjamin fermentasi berhasil dengan baik maka penambahan inokulan pada pembuatan silase sudah umum dilakukan. Asam laktat merupakan bahan pengawet silase maka bakteri asam laktat adalah yang paling dominan digunakan untuk inokulan silase. Selain bakteri asam laktat, dapat juga ditambahkan khamir *Saccharomyces cerevisiae*^{62,63,64} untuk tujuan tertentu.

Selain rumput, berbagai hijauan dapat diawetkan menjadi silase, seperti daun singkong⁶⁵ dan jerami padi⁶⁶. Inokulan *Lactiplantibacillus plantarum* 1A-2⁶⁷ yang berasal dari Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI telah digunakan pada pembuatan silase pada berbagai jenis hijauan, yaitu rumput gajah^{68,69,70} dan limbah pertanian^{71,72,73} dengan hasil yang baik. Bahan silase dapat juga terdiri dari campuran hijauan, misalnya rumput dan legum. Penambahan lamtoro merah atau *Acacia villosa* sampai 70% masih menunjukkan nilai Fleigh > 85 atau sangat baik⁷⁴. Nilai Fleigh adalah indeks karakteristik fermentasi silase berdasarkan nilai bahan kering dan pH. Penambahan *A. villosa* sebanyak 40% menunjukkan nilai pencernaan bahan kering dan bahan organik terbaik⁷⁵. Pada silase rumput gajah yang ditambah kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) menunjukkan adanya penurunan keragaman bakteri⁷⁶ pada silase. Silase yang mengandung kaliandra ketika berada pada cairan rumen, juga menunjukkan penurunan keragaman bakteri⁷⁷ dan populasi bakteri metanogen

sampai 4%. Bakteri metanogen adalah bakteri yang bertanggung jawab pada pembentukan gas metana⁷⁸.

Selain mengandung campuran legum, silase dapat juga dijadikan sebagai ransum komplet⁷⁹. Melalui kerja sama riset dengan payung Pusat Unggulan Iptek (PUI) bersama Balai Besar Padi, Kementerian Pertanian, dan Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna LIPI, dilanjutkan dengan pendanaan Insinas dari Kemenristek/BRIN tahun 2020–2021, saat ini sedang dilakukan pembuatan pakan komplet berbasis silase jerami padi segar untuk sapi potong. Silase jerami padi menggunakan *L. plantarum* 1A-2 dengan penambahan konsentrat dan aditif probiotik diformulasikan untuk dijadikan pakan komplet dalam bentuk pelet.

3.3.2 Probiotik

Mikroorganisme merupakan bahan baku utama probiotik karena produk probiotik berupa sel mikroorganisme probiotik hidup. Bakteri asam laktat merupakan salah satu bakteri probiotik³. Seleksi bakteri asam laktat dari kotoran sapi yang mendapatkan *L. plantarum* TSD-10^{80,81} merupakan langkah awal dari riset probiotik di Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI. Pengembangan berikutnya, telah dilakukan seleksi bakteri asam laktat dari rumen sapi potong untuk probiotik yang dilakukan berdasarkan produksi gas pada fermentasi rumen sapi potong *in vitro*⁸². Penambahan bakteri asam laktat probiotik menunjukkan adanya penurunan pH dan peningkatan produksi gas (Tabel 1). Evaluasi kemampuan probiotik 14 strain *L. plantarum* pada fermentasi rumen sapi potong *in vitro* menunjukkan bahwa *L. plantarum* U32 memproduksi gas metana terendah. Hipotesisnya adalah bahwa adanya *L. plantarum*, telah menstimulasi tumbuhnya bakteri pengguna asam laktat sehingga meningkatkan produksi asam propionat dan menurunkan ketersediaan gas hidrogen yang diperlukan untuk produksi gas metana⁸³. Pada percobaan

in vivo, pemberian *L. brevis* SPCE-39 sebanyak 10 ml per hari pada sapi potong yang diberi pakan tinggi hijauan, yaitu 70% rumput gajah dari ransumnya, menunjukkan produksi asam propionat tertinggi⁸⁴.

Untuk mempertahankan kehidupan *L. plantarum* TSD-10, telah dipelajari prosedur penyimpanannya secara beku dan kering beku⁸⁵. Seperti diketahui, medium untuk pertumbuhan bakteri asam laktat, yaitu medium *Mann, Rogosa, and Sharpe* (MRS) merupakan medium komersial yang mahal. Inovasi dengan memodifikasi medium tersebut telah didaftarkan patennya pada tahun 2016, invensi tersebut telah tersertifikasi pada tahun 2020 (No. IDP 000066683)⁸⁶. Modifikasi medium pertumbuhan bakteri asam laktat menggunakan bahan-bahan pengganti menjadikan biaya produksi yang lebih murah. Dengan menggunakan bahan-bahan pengganti, inokulan silase cair dan probiotik cair masing-masing harganya Rp30.000 dan Rp25.000 per liter⁸⁷. Selain itu, paten lainnya, no IDP 000077873⁸⁸ adalah untuk komposisi medium aktivasi untuk probiotik. Untuk pengiriman ke berbagai daerah, probiotik dalam bentuk cair dirasa kurang praktis maka pada tahun 2017 telah didaftarkan paten formulasi probiotik serbuk No. P00201707656⁸⁹, demikian juga untuk inokulum probiotik dalam bentuk serbuk telah terdaftar No. P00201809255 pada tahun 2018⁹⁰.

3.4 Analisis Nutrien dan Kecernaan Pakan

Efisiensi bahan pakan atau ransum dievaluasi melalui analisis nutrien dan kecernaannya. Pada dasarnya, pakan yang dikonsumsi dan mencapai rumen mengalami larut atau kehilangan berat yang harus diperhitungkan. Untuk akurasi perhitungan kecernaan nutrien bahan pakan maka bagian bahan pakan yang larut dapat dihilangkan menggunakan larutan detergen⁹¹ atau enzim⁹². Analisis menggunakan larutan detergen netral untuk me-

mentukan bagian dinding sel dan larutan detergen asam untuk komponen lignoselulosanya. Dinding sel mengandung selulosa dan hemiselulosa yang merupakan bagian yang dapat dicerna oleh mikroorganisme. Selanjutnya, bagian-bagian dinding sel tanaman yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin, dan silika dapat dipisahkan melalui ekstraksi kimia dan enzimatik^{93,94} (Tabel 2). Evaluasi pencernaan pakan pada sapi potong dapat dilakukan dan disesuaikan dengan adanya fasilitas yang tersedia. Evaluasi pencernaan pakan secara *in vitro*^{95,96,97} lebih sederhana dan lebih murah daripada *in vivo*⁹⁸.

IV. STRATEGI MENUJU INOVASI PRODUK PAKAN SAPI POTONG BERBASIS BAKTERI ASAM LAKTAT

Dalam usaha budi daya sapi potong, pakan merupakan kebutuhan primer. Kekurangan pakan perluantisipasi dan tidak boleh terjadi. Untuk mengurangi biaya pakan, bahan pakan dari limbah pertanian atau perkebunan dapat dimanfaatkan sepanjang dapat memenuhi nutrisi yang dibutuhkan. Untuk menjamin ketersediaan pakan, pengawetan hijauan pakan menjadi silase merupakan salah satu alternatif. Silase merupakan produk hijauan fermentasi yang sudah lama ada dan masih populer sampai sekarang karena teknologinya sederhana dan sangat mungkin diaplikasikan di Indonesia.

4.1 Pengembangan Produk Pakan Sapi Potong

Produk pakan sapi potong berbasis bakteri asam laktat merupakan produk pakan ramah lingkungan dan aman yang prospektif untuk terus dikembangkan. Proses produksinya mudah dan cepat dengan fasilitas yang sederhana. Dengan demikian, pakan sapi potong ini tidak saja dapat diproduksi oleh industri besar, dengan perjanjian lisensi, namun juga dimungkinkan diproduksi oleh UMKM. Dari laboratorium lembaga riset, teknologinya dapat didiseminasikan sehingga memungkinkan untuk dapat diaplikasikan di masyarakat. Dalam rangka diseminasi hasil riset di beberapa daerah, bimbingan teknis dapat dilaksanakan melalui pelatihan.

4.2 Diseminasi Hasil-Hasil Riset

Diseminasi merupakan upaya pengenalan produk hasil riset kepada masyarakat untuk dapat dipelajari dan diimplementasikan

teknologinya. Diseminasi teknologi pembuatan silase menggunakan inokulan *L. plantarum* 1A-2 kepada masyarakat telah dilakukan melalui kegiatan Iptekda LIPI tahun 1997–1998 di Nganjuk, Jawa Timur (Gambar 4a), program spesifik lokasi Kemenristek tahun 2004–2006 di Magelang, Jawa Tengah dan Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatra Barat, serta pengembangan *Technopark* Banyumulek di Lombok, Nusa Tenggara Barat tahun 2015–2019 (Gambar 4b). Penggunaan inokulan tersebut pada tanaman jagung dalam program Pengembangan *Technopark* Banyumulek di Nusa Tenggara Barat, menunjukkan hasil yang baik dengan pH 4,0–4,1⁹⁹. Diseminasi teknologi pembuatan silase, konsentrat, dan probiotik di *Technopark* Banyumulek terdokumentasi dalam sebuah buku ajar untuk masyarakat⁸⁷ (Gambar 5).

Secara umum, diseminasi teknologi pakan dapat diterima dan disambut baik oleh masyarakat. Namun, pada kenyataannya teknologi pakan belum sepenuhnya diadopsi karena masih memerlukan bantuan pemerintah daerah yang menyediakan fasilitas dan permodalan. Fasilitas yang diperlukan berupa penyediaan lahan untuk penanaman pakan hijauan sehingga ada jaminan pakan hijauan yang dapat digunakan, baik dalam kondisi segar maupun diawetkan. Adanya lahan tersebut memungkinkan dibuat perencanaan untuk penanaman yang dilakukan secara rotasi dan panen pakan hijauan secara konsisten.

4.3 Pemanfaatan Produk Pakan Sapi Potong

Pemanfaatan produk pakan akan lebih lancar dan konsisten setelah melalui hilirisasi produk riset, baik teknologi maupun kebijakannya sehingga berdampak bagi masyarakat luas. Hilirisasi produk melalui lisensi merupakan upaya yang telah disiapkan untuk dapat diadopsi pihak swasta baik, industri maupun UMKM yang akan memacu pengembangan teknologi melalui

kolaborasi. Kebijakan lembaga pemerintah terkait dapat menetapkan suatu produk pakan melalui program Gerakan Pengembangan dan Pemanfaatan Pakan Berkualitas (Gerbang Patas) sebagai upaya memperoleh dampak di masyarakat. Upaya untuk dapat memenuhi ketersediaan pakan yang berkualitas dengan harga yang terjangkau merupakan jaminan keberlanjutan dan keberhasilan usaha budi daya sapi nasional.

Hambatan yang dihadapi dalam aplikasi teknologi dan pemanfaatan produk pakan sapi potong berbasis bakteri asam laktat adalah kondisi SDM peternak yang sebagian besar tidak muda dan agak sulit dalam komunikasi di era digital. Di samping itu, juga keberadaan peternak yang tersebar. Untuk menanggulangi hal ini, keterlibatan SDM muda peternak yang menguasai teknologi informasi dengan cepat sangat diharapkan. Adanya Sentra Peternakan Rakyat atau Sekolah Peternakan Rakyat yang digagas IPB, dibuat untuk mewujudkan satu komunitas peternak yang bersama-sama membuat kemajuan dalam mengelola peternakan sapi dengan skala kepemilikan yang bervariasi. Pemerintah daerah melalui Dinas Peternakan akan lebih mudah melakukan monitoring dan evaluasi pencapaian targetnya.

Pengembangan riset probiotik sebagai pakan aditif dari program unggulan LIPI dapat berlanjut menjadi kerja sama dengan industri melalui Program Pengembangan Teknologi Industri (PPTI) dari Kemenristek/BRIN. Kerja sama ini selain difokuskan pada aplikasi produk pakan, juga untuk pengujian kesesuaian produk di beberapa lokasi sehingga produk akan lebih siap untuk dipasarkan secara luas. Peluang pengembangan produk pakan sapi potong, seperti pakan komplet dalam bentuk pelet, masih terbuka karena telah dikuasainya teknologi terkait dan diperlukan untuk dapat memenuhi kebutuhan daging nasional.

V. KESIMPULAN

Pakan merupakan kebutuhan primer untuk menunjang produktivitas dan kesehatan sapi potong. Bakteri asam laktat dari koleksi Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI telah digunakan untuk proses pembuatan pakan sapi potong yang menghasilkan inokulan silase *L. plantarum* 1A-2 dan probiotik *L. plantarum* TSD-10. Produk yang mengandung bakteri asam laktat *indigenus*, yaitu inokulan silase dan probiotik masing-masing dengan harga Rp30.000 per liter dan Rp25.000 per liter dapat dijadikan bahan baku industri pakan nasional yang berpeluang sebagai pengganti produk impor. Pemanfaatan pakan sapi potong berbasis bakteri asam laktat merupakan upaya yang ramah lingkungan karena dapat membantu menurunkan emisi gas metana yang dihasilkan sapi potong.

Hasil riset berupa inokulan silase dan probiotik telah diimplementasikan kepada masyarakat melalui berbagai program diseminasi, berikut teknologi pengawetan hijauan menggunakan inokulan silase tersebut dan pembuatan probiotik. Dengan adanya produk riset pakan sapi potong berbasis bakteri asam laktat yang telah didaftarkan patennya maka berpotensi digunakan pihak industri dengan kerja sama dan selanjutnya dapat dilisensi. Hal ini menunjukkan adanya minat atau keinginan pihak industri untuk mengembangkan produk pakan sapi potong hasil riset untuk memenuhi kebutuhan pakan sapi potong di Indonesia.

VI. PENUTUP

Sebagai penutup orasi ini, perlu ditekankan bahwa upaya untuk memperbaiki produktivitas sapi potong dengan mencukupi ketersediaan pakan merupakan jaminan untuk dapat memenuhi kebutuhan daging nasional secara mandiri. Produk pakan sapi potong berbasis bakteri asam laktat yang ramah lingkungan perlu dikembangkan karena dua alasan strategis yaitu, 1) efisiensi energi sapi potong dan 2) mengurangi emisi gas metana di udara atau lingkungan.

Untuk itu, diperlukan penggabungan beberapa kekuatan dari peneliti dan industri yang didukung kebijakan pemerintah. Dukungan pemerintah dapat berupa pengembangan SDM dan meniadakan adanya tumpang tindih topik riset dengan jalan bersinergi agar dapat menghasilkan temuan-temuan baru yang aplikatif. Di samping itu, diperlukan keberpihakan dalam pemanfaatan produk pakan lokal. Peran industri diperlukan dalam memanfaatkan hasil riset untuk dikembangkan sampai ke pasar. Harapannya, produk pakan sapi potong berbasis bakteri asam laktat, baik sebagai produk tunggal maupun sebagai pakan komplet dalam bentuk pelet menjadi produk pilihan untuk digunakan sebagai bahan pakan di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Mengakhiri orasi ini, perkenankan saya menyampaikan rasa syukur yang tak terhingga ke hadirat Allah SWT atas nikmat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penyampaian orasi ini dapat berjalan sebagaimana yang diharapkan. Saya sampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Presiden Republik Indonesia, Ir. H. Joko Widodo; Kepala BRIN, Dr. Laksana Tri Handoko, M.Sc.; Plh. Kepala LIPI, Dr. Agus Haryono, M.Sc.; Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M. Agr.; Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Gadis Sri Haryani, D.E.A.; Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah, yaitu Prof. Dr. Endang Tri Margawati M.Agr.Sc., Prof. Dr. Witono Basuki M.Sc. dan Prof. Dr. Gono Semiadi M.Agr.; Sekretaris Utama LIPI, Nur Tri Aries Suestiningtyas, S.IP, M.A.; Kepala BOSDM LIPI, Dr. Heru Santoso, M.App.Sc., beserta jajarannya atas kesempatan yang diberikan kepada saya dalam acara pengukuhan profesor riset pada hari ini.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada Plt. Deputi IPH LIPI, Dr. Yan Rianto, M.Eng. dan Kepala Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, Dr. Puspita Lisdiyanti, M.Agr.Chem., atas kepercayaan untuk menyampaikan orasi ilmiah pada hari ini. Terima kasih juga saya sampaikan kepada para pimpinan sebelumnya, Dr. Setijati Sastrapradja, Prof. Dr. Made Sri Prana, Prof. Dr. Endang Sukara, Dr. Usep Soetisna, Prof. Dr. Bambang Prasetya, Dr. Witjaksono, Dr. Bambang Sunarko, dan Dr. Syamsidah Rahmawati atas bimbingan, dukungan, dan kesempatan yang diberikan dalam meniti karir sebagai peneliti. Terima kasih pula kepada Prof. Dr. Endang Sukara, Prof. Dr. Enny Sudarmonowati, dan Prof. Dr. I Made Suidiana M.Sc. yang telah memberi masukan pada awal penulisan makalah orasi ini.

Penghargaan dan terima kasih saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, almarhumah Ibunda Siti Wiloedjeng binti Djoko Sosrodihardjo dan almarhum Ayahanda R. Soebandi bin Abdul Kadir, yang telah memberi nama Widyastuti dari kata *widya* yang lekat dengan ilmu pengetahuan, mendidik, menyangi, memberi contoh dan semangat kebaikan. Pencapaian ini juga saya sampaikan sebagai tanda bakti kepada orang tua tercinta yang terus-menerus memberi doa dan restu semasa hidupnya. Terima kasih kepada almarhum Prof. Dr. Baharuddin Tappa atas dukungan, pengertian, dan kebersamaan dalam keluarga beserta anak-anak tercinta Fauzan Widyarman, Farras Widyanisa, dan Fauzia Widyanova. Terima kasih juga untuk dukungan saudara kandung, kakak Ir. Julia Widyaningsih M.Sc., adik-adik, Dr. Trisanti Anindyawati, M.Sc.; dr. Julintari Indriyani SpS., dan Dra. Widanarni Pudjiastuti Ak., MSi., CA., serta keluarga besar Djoko Sosrodihardjo, H. Abdul Kadir, dan La Tappa.

Kepada para guru dan dosen yang telah mendidik saya mulai dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi, saya ucapkan banyak terima kasih atas ilmu pengetahuan dan budi pekerti yang telah diajarkan. Terima kasih dan penghargaan saya kepada para pembimbing semasa riset dan penyusunan tugas skripsi dan disertasi. Terima kasih pula kepada almarhum Dr. Susono Saono yang telah mengenalkan bakteri asam laktat kepada saya, teman-teman sejawat yang telah berkolaborasi dalam berbagai proyek riset, baik nasional maupun internasional, dan teman-teman LIPI di mana saja, khususnya di Pusat Penelitian Bioteknologi dan Keltian Bioteknologi Nutrisi dan Pakan, yang telah bekerja sama dalam riset, diseminasi, dan kegiatan-kegiatan lainnya. Tidak lupa, terima kasih untuk sapi-sapi fistula yang mendukung perolehan data riset selama ini.

Sebagai penutup, saya mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh panitia penyelenggara orasi ilmiah dan para hadirin yang berkenan mengikuti acara orasi pada hari ini. Saya mohon maaf atas segala kekurangan yang saya lakukan terkait penyampaian orasi ini, semoga Allah SWT melimpahkan taufik dan hidayah-Nya kepada kita semua. Aamiin.

Wabillahi taufik walhidayah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ramadhany AD, Ermansyah L (penyunting). Statistik peternakan dan kesehatan hewan 2020. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian RI; 2020. <https://ditjenpkh.pertanian.go.id>
2. Moss AR, Jouany JP, Newbold J. Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Annales de Zootechnie* 2000; 49: 231–253.
3. Doyle N, Mbandlwa P, Kelly WJ, Attwood G, Li Y, Ross RP, Stanton C, Leahy S. Use of lactic acid bacteria to reduce methane production in ruminants, a critical review. *Frontiers in Microbiology* 2019; 10: 2207.
4. Ellis JL, Hindrichsen IK, Klop G, Kinley RD, Milora N, Bannink A, Dijkstra J. Effects of lactic acid bacteria silage inoculation on methane emission and productivity of Holstein Friesian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99: 7159–7174.
5. Tannock GW. A Special fondness for lactobacilli. *Applied and Environmental Microbiology* 2004; 70(6): 3189–3194.
6. Bolsen KK, Ashbell G, Wilkinson JM. Silage additives. Dalam: *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*. Weinheim: VCH; 1995. 33–54.
7. **Widyastuti Y**. Fermentasi silase dan manfaat probiotik silase bagi ruminansia. *Media Peternakan* 2008; 31(3): 225–232.
8. Weinberg ZG, Chen Y, Gamburg M. The passage of lactic acid bacteria from silage into rumen fluid, in vitro studies. *Journal of Dairy Science* 2004; 87: 3386–3397.
9. Han H, Ogata Y, Yamamoto Y, Nagao S, Nishino N. Identification of lactic acid bacteria in the rumen and feces of dairy cows fed total mixed ration silage to assess the survival of silage bacteria in the gut. *Journal of Dairy Science* 2014; 97: 5754–5762.

10. Huyen NT, Martinez I, Pellikaan W. Using lactic acid bacteria as silage inoculants or direct-fed microbials to improve in vitro degradability and reduce methane emissions in dairy cows. *Agronomy* 2020; 10: 1482. doi:10.3390/agronomy10101482.
11. Badan Standardisasi Nasional. Pakan konsentrat–Bagian 1: Sapi perah. Standar Nasional Indonesia. 2017.
12. Badan Standardisasi Nasional. Pakan konsentrat–Bagian 2: Sapi potong. Standar Nasional Indonesia. 2017.
13. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik. 18 Hal.
14. Tiesnamurti B, Amirhusin B, Muharsini S, Purwantari ND, Sartika T, Widiawati Y, Trijatmiko KR, Sutoro, **Widyastuti Y**, Sudarsono, Soejoedono RD, Imron, Ath-Thar MHF. Pedoman pengkajian keamanan pakan produk rekayasa genetik. Jakarta: IAARD Press; 2016.
15. Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia nomor 14/Permentan/PK.350/5/2017 tentang Klasifikasi Obat Hewan. 25 hal.
16. FAO/WHO Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. 2002. Guidelines for evaluation of probiotics in food. http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotics_guidelines.pdf.
17. Seo JK, Kim SW, Kim MH, Upadhaya SD, Kam DK, Ha JK. Direct-fed microbials for ruminant animals. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 2010; 23(12): 1657–1667.
18. McAllister TA, Okine EK, Mathison GW, Cheng KJ. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science* 1996; 76: 231–243.
19. Leng RA. Modification of rumen fermentation. *Proceeding Nutritional Limit to Animal Production from Pastures. Commonwealth Agricultural Bureaux, St Lucia, Queensland Australia* 1981: 427–453.

20. Soetanto H, Hendratno C, **Widyastuti Y**. Observasi pendahuluan komposisi mikroba rumen domba, kambing, kerbau dan sapi sebagai respons terhadap kualitas pakan yang berbeda. Prosiding Isotop dan Radiasi, Jakarta 1994: 43–52.
21. Henderson G, Cox F, Ganesh S, Jonker A, Young W, Janssen PH. Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific Reports* 2015; 5: 14567.
22. Hungate RE. *The rumen and its microbes*. New York: Academic Press; 1966.
23. Krause DO, Denman SE, Mackie RI, Morrison M, Rae AL, Atwood GT, McSweeney CS. Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: Microbiology, ecology, and genomics. *FEMS Microbiology Review* 2003; 27(5): 663–93.
24. **Widyastuti Y**, Lee WK, Suzuki K, Mitsuoka T. Isolation and characterization of rice straw-degrading Clostridia from cattle rumen. *Journal Veterinary and Medical Science* 1992; 54(1): 185–188.
25. **Widyastuti Y**. Pengaruh adaptasi dan transfer terhadap aktivitas pencernaan *Ruminococcus flavefaciens* 17. Prosiding Seminar Bioteknologi, Bogor 1994: 313–319.
26. **Widyastuti Y**. Kecernaan dinding sel jerami padi oleh *Ruminococcus flavefaciens* 17, *Fibrobacter succinogenes* B12 dan *Selemonas ruminantium* JW13. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Bogor 1995: 120–125.
27. Budiansyah A, Resmi, Wiryawan KG, Soehartono MT, **Widyastuti Y**, Ramli N. Isolasi dan karakterisasi enzim karbohidrase cairan rumen sapi asal rumah potong hewan. *Media Peternakan* 2010; 33(1): 36–43.
28. **Widyastuti Y**, Newbold CJ, Stewart CS, Ørskov ER. Interaction between rumen anaerobic fungi and ciliate protozoa in the degradation of rice straw cell walls. *Letter for Applied Microbiology* 1995; 20(1): 61–64.

29. Takahashi J. Lactic acid bacteria and mitigation of GHG emission from ruminant livestock in lactic acid bacteria- R&D for Food, health and livestock purposes. London: Intech Open; 2013.
30. McSweeney C, Kang S, Gagen E, Davis C, Morrison M, Denman S. Recent developments in nucleic acid based techniques for use in rumen manipulation. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2009; 38: 341–351.
31. Kumar S, Pitta DW. Revolution in rumen microbiology. Dalam: *Rumen microbiology: From evolution to revolution*. New Delhi: Springer; 2015. 357–379.
32. Ametaj BN, Zebeli Q, Saleem F, Psychogios N, Lewis MJ, Dunn SM, Xia J, Wishart DS. Metabolomics reveals unhealthy alterations in rumen metabolism with increased proportion of cereal grain in the diet of dairy cows. *Metabolomics* 2010; 6: 583–594.
33. Giraffa G, Chanishvili N, **Widyastuti Y**. Importance of lactobacilli in food and feed biotechnology. *Research in Microbiology* 2010; 161(6): 480–487.
34. Wang W, Wang HK. The effect of lactic acid bacteria in food and feed and their impact on food safety. *International Journal of Food Engineering* 2014; 10(2): 203–210. doi 10.1515/ijfe-2013-0042.
35. **Widyastuti Y**, Rohmatussolihat, Febrisiantosa A. The role of lactic acid bacteria in milk fermentation. *Food and Nutrition Sciences* 2014; 5: 435–442.
36. **Widyastuti Y**, Lisdiyanti P, Tisnadjaja D. Role of *Lactobacillus helveticus* on flavor formation in cheese: Amino acid metabolism. *Annales Bogorienses* 2014; 18(1): 1–11.
37. Rohmatussolihat, Sari MN, Lisdiyanti P, **Widyastuti Y**, Sukara E. Pemanfaatan milk clotting enzyme dari *Lactobacillus casei* D11 untuk pembuatan keju mozzarella. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 2015; 26(1): 63–71.
38. **Widyastuti Y**, Ratnakomala S, Ekawati F. Bakteri asam laktat pada buah-buahan tropis. *Prosiding Seminar Mikrobiologi Indonesia, Bandar Lampung* 1998: 447–458.

39. Vaughan EE, Heilig HGJ, Ben-Amor K, de Vos WM. Diversity, vitality and activities of intestinal lactic acid bacteria and bifido-bacteria assessed by molecular approaches. *FEMS Microbiology Reviews* 2005; 29: 477–490.
40. **Widyastuti Y**, Sofarianawati E. Karakteristik *Enterococcus* sp. yang diisolasi dari saluran pencernaan domba. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia* 1999; 4(2): 50–53.
41. **Widyastuti Y**. Characteristics of lactic acid bacteria from the rumen of sheep. *Annales Bogorienses* 1995; 3(2): 25–32.
42. Stewart CS. Lactic acid bacteria in the rumen. Dalam: *The lactic acid bacteria*. London: Elsevier Applied Science; 1992. 49–68.
43. **Widyastuti Y**, Prayitno NR, Lisdiyanti P, Sukara E, Saono S. Culture collection in the Indonesian Institute of Sciences (LIPI). Proceeding of the Tenth International Congress for Culture Collections: Innovative Roles of Biological Resource Centers, Tokyo 2004: 503.
44. Saono S, Ganjar I, Harsojo, Hastiono S, Rahayu ES, Rahayu G, Soemara SI, Sudarmono P, Supardiyono EK, **Widyastuti Y**. Daftar biakan mikroorganisme Indonesia. Edisi pertama. Cibinong: Pusat Penelitian Bioteknologi; 1999.
45. Saono S, Prayitno NR, Oetari A, Harsojo, Hastiono S, Rahayu ES, Rahayu G, Soemara SI, Sudarmono P, Supardiyono EK, Udhiharto M, Wahyudi P, Wibowo MS, **Widyastuti Y**. Daftar biakan mikroorganisme Indonesia. Edisi kedua. Cibinong: Pusat Penelitian Bioteknologi; 2000.
46. Yamada Y, Katsura K, Kawasaki H, **Widyastuti Y**, Saono S, Seki T, Uchimura T, Komagata K. *Asaia bogorensis* gen. nov., sp. nov., an unusual acetic acid bacterium in the α -Proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2000; 50: 823–829.
47. Lisdiyanti, P, Kawasaki H, **Widyastuti Y**, Saono S, Seki T, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. *Kozakia baliensis* gen. nov., sp. nov., a new acetic acid bacterium in the α -Proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2002; 52: 813–818.

48. Yamada Y, Hosono R, Lisdyanti P, **Widyastuti Y**, Saono S, Uchimura T, Komagata K. Identification of acetic acid bacteria isolated from Indonesian sources, especially of isolates classified in the genus *Gluconobacter*. *Journal of General and Applied Microbiology* 1999; 45: 23–28.
49. Ando K, **Widyastuti Y**, Pawiroharsono S, Soebandrio A. Biodiversity Research under CBD: A case study of Indonesia-NITE Joint Research Project. Proceeding of the Tenth International Congress for Culture Collection. Innovative Roles of Biological Resource Centers-Tsukuba, Japan 2004: 173–175.
50. Otoguro M, Ratnakomala S, Lestari Y, Hastuti RD, Triana E, **Widyastuti Y**, Ando K. *Streptomyces baliensis* sp. nov., isolated from Balinese soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2009; 59: 2158–2161.
51. Yamamura H, Lisdiyanti P, Ridwan R, Ratnakomala S, Saraswati R, Lestari Y, Triana E, Kartina G, **Widyastuti Y**, Ando K. *Dietzia timorensis* sp. nov., isolated from soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2010; 60: 451–454.
52. Lisdiyanti P, Otoguro M, Ratnakomala S, Lestari Y, Hastuti RD, Triana E, Ando K, **Widyastuti Y**. *Actinokineospora baliensis* sp. nov., *Actinokineospora cibodasensis* sp. nov., *Actinokineospora cianjurensis* sp. nov., isolated from soil and plant litter. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2010; 60: 2331–2335.
53. Otoguro M, Yamamura H, Tamura T, Irzaldi R, Ratnakomala S, Ridwan R, Kartina G, Triana E, Nurkanto A, Lestari Y, Lisdiyanti P, **Widyastuti Y**, Ando K. *Actinophytocola timorensis* sp. nov. and *Actinophytocola corallina* sp. nov., isolated from soil in Indonesia. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2011; 61: 834–838.
54. Nakashima C, Oetari A, Kanti A, Saraswati R, **Widyastuti Y**, Ando K. New species and newly record species of *Cercospora* and allied genera from Indonesia. *Mycosphere* 2010; 1(4): 315–323.

55. Sjamsuridzal W, Oetari A, Nakashima C, Kanti A, Saraswati R, **Widyastuti Y**, Ando K. New species of the genus *Metschnikowia* isolated from flowers in Indonesia, *Metschnikowia cibodasensis* sp. nov. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 2013; 23(7): 905–912.
56. **Widyastuti Y**, Lisdiyanti P, Ratnakomala S, Kartina G, Ridwan R, Rohmatussolihat, Prayitno NR, Triana E, Widhyastuti N, Saraswati R, Hastuti RD, Lestari Y, Otoguro M, Miyadoh S, Yamamura H, Tamura T, Ando K. Genus diversity of actinomycetes in Cibinong Science Center, West Java, Indonesia. *Microbiology Indonesia* 2012; 6(4): 165–172.
57. Lisdiyanti P, Tamura T, Ratnakomala S, Ridwan R, Kartina G, Lestari Y, Katsuhiko A, **Widyastuti Y**. Diversity of actinomycetes from soil samples collected from Lombok Island, Indonesia. *Annales Bogorienses* 2015, 16(1): 35–40.
58. Ratnakomala S, Lisdiyanti P, **Widyastuti Y**. Collection of Indonesian actinomycetes and its uses. Dalam: *Exploring Indonesian microbial genetic resources for industrial application*. Jakarta: LIPI Press; 2016. 177–203.
59. Sukara E, Lisdiyanti P. *Exploring microbial genetic resources for industrial application*. Jakarta: LIPI Press; 2016.
60. **Widyastuti, Y**. Lactic acid bacteria from fermented food and feed. Dalam: *Exploring microbial genetic resources for industrial application*. Jakarta: LIPI Press; 2016. 75–89.
61. Astuti WD, **Widyastuti Y**, Wina E, Suharti S, Ridwan R, Wiryawan KG. Survival of *Lactobacillus plantarum* U40 on the in vitro rumen fermentation quantified with real-time PCR. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 2018; 43(2): 184–192.
62. Sofyan A, Yusiati LM, **Widyastuti Y**, Utomo R. Microbiological characteristic and fermentability of King grass (*Pennisetum hybrid*) silage treated by lactic acid bacteria-yeast inoculants consortium combined with rice bran addition. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 2011; 36(4): 265–272.

63. Sofyan A, **Widyastuti Y**, Utomo R, Yusiati LM. Improving physicochemical characteristic and palatability of King grass (*Pennisetum hybrid*) silage by inoculation of *Lactobacillus plantarum*-*Saccharomyces cerevisiae* consortia and addition of rice bran. Buletin Peternakan 2017; 41(1): 61–71.
64. Sofyan A, **Widyastuti Y**, Utomo R, Yusiati LM. Sediaan inokulum silase. Paten Indonesia No. IDP000049529. 9 Februari 2018.
65. Li M, Zi X, Zhou H, Lv R, Tang J, Cai Y. Silage fermentation and ruminal degradation of cassava foliage prepared with microbial additive. AMB Express 2019; 9: 180–185.
66. Kim JG, Ham JS, Li YW, Park HS, Huh CS, Park BC. Development of a new lactic acid bacterial inoculant for fresh rice straw silage. Asian-Australasian Journal of Animal Science 2017; 30(7): 950–956.
67. Ridwan. R, **Widyastuti Y**. Membuat silase: Upaya mengawetkan dan mempertahankan nilai nutrisi hijauan pakan ternak. Warta Biotek-LIPI 2001; 15(1): 9–14.
68. Ridwan R, Ratnakomala S, Kartina G, **Widyastuti Y**. Pengaruh penambahan dedak padi dan *Lactobacillus plantarum* 1 B1-2 dalam pembuatan silase rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). Media Peternakan 2005; 28(3): 1176–123.
69. Ratnakomala S, Ridwan R, Kartina G, **Widyastuti Y**. Pengaruh inokulum *Lactobacillus plantarum* 1A-2 dan 1 BL-2 terhadap kualitas silase rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). Biodiversitas 2006; 7(2): 131–134.
70. Hapsari SS, Suryahadi, Sukria HA. Improvement on the nutritive quality of Napier grass silage through inoculation of *Lactobacillus plantarum* and formic acid. Media Peternakan 2016; 39(2): 125–133.
71. Astuti WD, **Widyastuti Y**, Ridwan R. Preservation of elephant grass and vegetable waste using *Lactobacillus plantarum* 1A-2 as silage inoculant. Proceedings International Conference on Biotechnology, Universitas Padjadjaran, Bandung 2013: 57–65.

72. Astuti WD, **Widyastuti Y**, Ridwan R, Yetti E. Quality of vegetable waste silages treated with various carbohydrate sources. *Media Peternakan* 2013; 36(2): 120–125.
73. Yetti E, Ridwan R, Susilaningsih D, Yopi, Rahmani N, Astuti WD, **Widyastuti Y**. Quality of silase based on local feed resources in Lombok and its influence to cattle productivity in Banyumulek, Nusa Tenggara Barat (NTB), Indonesia. *Proceedings International Conference on Biotechnology*, Pusat Penelitian Bioteknologi, Bogor 2013: 49–56.
74. Sidiq F, **Widyastuti Y**, Putri FJ, Ridwan R. Pengaruh taraf inklusi legum *Acacia villosa* terhadap kualitas silase gabungan rumput-legum yang diberi aditif berupa *Lactobacillus plantarum* 1A-2 dan dedak padi. *Prosiding Seminar Peternakan*, Pusat Penelitian Bioteknologi, Bogor 2013: 450–468.
75. Putri FJ, Sidiq F, Ridwan R, **Widyastuti Y**. Kecernaan bahan kering dan bahan organik silase campuran *Pennisetum purpureum* dan *Acacia villosa* secara in vitro. *Prosiding Seminar Peternakan*, Pusat Penelitian Bioteknologi, Bogor 2013: 400–408.
76. Ridwan R, Rusmana I, **Widyastuti Y**, Wiryawan KG, Prasetya B, Sakamoto M, Ohkuma M. Fermentation characteristics and microbial diversity of tropical grass-legumes silages. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 2015; 28(4): 511–518.
77. Ridwan R, Rusmana I, **Widyastuti Y**, Wiryawan KG, Prasetya B, M. Sakamoto, and M. Ohkuma. Methane mitigation and microbial diversity of silage diets containing *Calliandra calothyrsus* in a rumen in vitro fermentation system. *Media Peternakan* 2014; 37(2):121–128.
78. Ridwan R, Rusmana I, **Widyastuti Y**, Wiryawan KG, Prasetya B, Sakamoto M, Ohkuma M. Bacteria and methanogen community in the rumen fed different levels of grass-legume silages. *Biodiversitas* 2019; 20(4): 1055–1062.
79. Komalasari K, Astuti DA, **Widyastuti Y**, Astuti WD, Ridwan R. Rumen fermentation and milk quality of dairy cows fed complete feed silages. *Media Peternakan* 2014; 37(1): 38–42.

80. **Widyastuti Y**, Ratnakomala S, Rachmat J, Sofarianawati E. Studies on the characteristics growth of *Lactobacillus* sp. a candidate for probiotics. *Annales Bogorienses* 2001; 6(2): 103–108.
81. **Widyastuti Y**, Ratnakomala S, Sofarianawati E, Rachmat J. Kultur campuran bakteri asam laktat sebagai probiotik untuk ruminansia. *Prosiding Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner, Bogor* 2000: 336–348.
82. Ridwan R, Bungsu WA, Astuti, WD, Rohmatussolihat, Sari NF, Fidriyanto R, Jayanegara A, Wijayanti I, **Widyastuti Y**. The use of lactic acid bacteria as ruminant probiotic candidates based on in vitro fermentation characteristics. *Buletin Peternakan* 2018; 42(1): 31–36.
83. Astuti WD, Wiryawan KG, Wina E, **Widyastuti Y**, Suharti S, Ridwan R. Effects of selected *Lactobacillus plantarum* as probiotic on in vitro ruminal fermentation and microbial population. *Pakistan Journal of Nutrition* 2018; 17(3): 131–139.
84. Sari NF, Ridwan R, Rohmatussolihat, Fidriyanto R, Astuti WD, **Widyastuti Y**. The effect of probiotics on high fiber diet in rumen fermentation characteristics. *IOP Conference Series Earth Environment Science* 2019: 251 012057
85. Ratnakomala S, **Widyastuti Y**. Storage of Probiotic *Leuconostoc citreum* TSD-10 by freezing and freeze-drying. *Annales Bogorienses* 2000; 7(1): 43–48.
86. Ridwan R, Rohmatussolihat, **Widyastuti Y**, Ratnakomala S, Astuti WD, Fidriyanto R, Sari NF. Komposisi medium pertumbuhan bakteri asam laktat untuk probiotik ruminansia. *Paten Indonesia* No. IDP000066683. 21 Januari 2020.
87. **Widyastuti Y**, Sari NF, Fidriyanto R, Astuti WD, Rohmatussolihat, Ridwan R. Teknologi pengolahan pakan sapi potong di Technopark Banyumulek, Nusa Tenggara Barat. Jakarta: LIPI Press; 2020.
88. Fidriyanto R, Ridwan R, Astuti WD, Rohmatussolihat, Sari NF, **Widyastuti Y**. Komposisi medium aktivasi bakteri probiotik dan proses pembuatannya. *Paten Indonesia* No. IDP000077873. 9 Juli 2021.

89. Rohmatussolihat, Ridwan R, **Widyastuti Y**, Fidriyanto R, Astuti WD, Sari NF. Formulasi probiotik serbuk untuk ternak ruminansi. Paten Indonesia No. P00201707656. 31 Oktober 2017.
90. **Widyastuti Y**, Rohmatussolihat, Fidriyanto R, Ridwan R, Sari NF, Astuti WD. Formulasi inokulum probiotik serbuk dengan metode kering beku untuk ternak ruminansi. Paten Indonesia No. P00201809255. 15 November 2018.
91. Van Soest PJ. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forage. *Journal of Animal Science* 1967; 26: 119–128.
92. Abe A, Horii S, Kameoka K. Application of enzymatic analysis with glucoamylase, pronase and cellulase to various feeds for cattle. *Journal of Animal Science* 1979; 48(6): 1483–1490.
93. **Widyastuti Y**, Terada F, Kajikawa H, Abe A. Digestion of rice straw cell wall constituents in various rumen conditions. *Japan Agriculture Research Quarterly* 1987; 21(1): 59–64.
94. **Widyastuti Y**, Abe A. Effect of the silica content on digestibility of rice straw. *Japan Agriculture Research Quarterly* 1989; 23(1): 53–58.
95. Sari NF, Ridwan R, Rohmatussolihat, Fidriyanto R, Astuti WD, **Widyastuti Y**. Characteristic of different level of fermented concentrate in the rumen metabolism based on *in vitro*. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 2018; 43(3): 296–305.
96. Imsya A, Laconi EB, Wiryawan KG, **Widyastuti Y**. In vitro digestibility of ration containing different level of palm oil frond fermented with *Phanerochaete chrysosporium*. *Media Peternakan* 2013; 36(2): 131–136.
97. Astuti WD, **Widyastuti Y**, Fidriyanto R, Ridwan R, Rohmatussolihat, Sari NF, Firsoni, Sugoro I. In vitro gas production and digestibility of oil palm frond silage mixed with different levels of elephant grass. *Institute of Physics Conference. Series: Earth and Environmental Science* 2020: 439: 012022.

98. Ridwan R, **Widyastuti Y**, Budiarti S, Dinoto A. Effectivity of silage and probiotic on the rumen metabolism of ongole cattle *in vivo* experiment. Proceeding Seminar Feed Safety for Healthy Food, Bandung 2011: 368–375.
99. Sari NF, Ridwan R, **Widyastuti Y**. The quality of corn silage product from Technopark of Banyumulek Lombok, West Nusa Tenggara. Buletin Peternakan 2017; 41(2): 156–162.

LAMPIRAN

Table 1. Effect of Lactic Acid Bacteria Addition to the In Vitro Rumen Fermentation

Isolates Code	pH	Total gas (ml)	a+b (ml)	c (ml/h)	DMD (%)	OMD (%)
Control	6.69 ^a	173.33 ^a	176.79 ^a	0.0527 ^a	68.47 ^{ab}	60.36 ^{ab}
LABRumen26	6.68 ^a	197.17 ^b	192.52 ^b	0.0610 ^b	67.57 ^{ab}	56.23 ^{ab}
LABRumen27	6.70 ^a	195.67 ^b	190.66 ^b	0.0623 ^{bc}	69.26 ^{ab}	57.48 ^{ab}
LABRumen32	6.68 ^a	194.67 ^b	190.19 ^b	0.0610 ^b	74.04 ^b	73.67 ^b
LABRumen37	6.67 ^a	194.67 ^b	189.85 ^b	0.0617 ^b	65.97 ^a	57.84 ^{ab}
LABRumen38	6.68 ^a	197.67 ^b	193.22 ^b	0.0600 ^b	69.17 ^{ab}	59.98 ^{ab}
LABRumen40	6.68 ^a	196.33 ^b	190.39 ^b	0.0663 ^c	70.64 ^{ab}	55.92 ^{ab}
LABRumen42	6.67 ^a	198.17 ^b	193.20 ^b	0.0620 ^b	69.45 ^{ab}	55.61 ^{ab}
LABRumen43	6.67 ^a	196.83 ^b	192.27 ^b	0.0610 ^b	68.61 ^{ab}	51.08 ^a
LABRumen80	6.67 ^a	194.00 ^b	189.22 ^b	0.0617 ^b	69.45 ^{ab}	55.74 ^{ab}

Control; treatment without LAB addition, (a+b); potential gas production, c; gas production rate, DMD; dry matter digestibility, OMD; organic matter digestibility.

Sumber: Ridwan dkk. (2018)⁸²

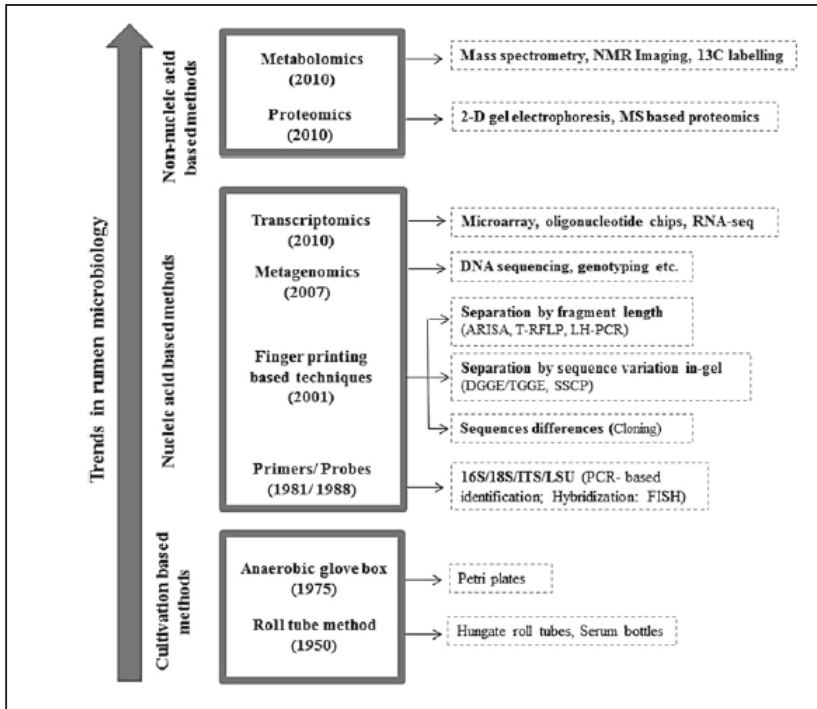
Table 2. Content of Fibrous Materials (% Dry Matter Weight) of Rice Straw

Component	%	
Dry matter (DM)		
DM	Cellular content	20.3
	Cell wall*	79.7
Organic matter (OM)		
OM	Organic cellular contents	11.5
	Organic cell wall (OCW)	62.5
OM	Organic cellular contents	12.0
	Neutral Detergent fiber (NDF)**	62.0
	Acid detergent fiber (ADF)	39.1
	Cellulose	35.0
	Xylan	24.5
	Lignin	5.1
	Silica	12.9

*Enzymatic method

**Detergent method

Sumber: Widyastuti (1989)⁹⁴



Sumber: Kumar dan Pitta (2015)³¹

Gambar 1. Tahapan Riset Mikrobiologi Rumen



Sumber: Widyastuti (2016)⁶⁰

Gambar 2. A. Inokulum *L. plantarum* 1A-2, B. Pencampuran Bahan-Bahan Silase, C. Praktik Pembuatan Silase pada Kegiatan Diseminasi



Foto: Roni Ridwan (2015)

Gambar 3. Fasilitas Sapi Berfistula di Pusat Penelitian Bioteknologi



Foto: A. Yantiyati Widyastuti (1998); B. Balai Informasi Teknologi (2017)

Gambar 4. Fermentasi silase rumput pada silo menggunakan A) kantong plastik dan B) tong plastik.



Gambar 5. Buku Teknologi Pengolahan Pakan Sapi Potong⁸⁷

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Buku Nasional

1. **Widyastuti Y**, Sari NF, Fidriyanto R, Astuti WD, Rohmatussolihat, Ridwan R. Teknologi pengolahan pakan sapi potong di Technopark Banyumulek, Nusa Tenggara Barat. Jakarta: LIPI Press; 2020.

Bagian Buku Internasional

2. **Widyastuti Y**, Febrisiantosa A. Milk and Different Types of Milk Products. Dalam: *Advances in Food Science and Nutrition*. Massachusetts: Scrivener Publishing LLC; 2014: 49–68.
3. **Widyastuti Y**, Khusniati T, Rahayu ES. Food: Production, Properties and Quality. Dalam: *Advances in Food Science and Technology*. Massachusetts: Scrivener Publishing LLC; 2013: 185–200.

Bagian Buku Nasional

4. **Widyastuti Y**. Lactic acid bacteria in food and feed fermentation. Dalam: *Exploring Indonesian microbial genetic resources for industrial application*. Jakarta: LIPI Press; 2016: 75–89.
5. Ratnakomala S, Lisdiyanti P, **Widyastuti Y**. Collection of Indonesian actinomycetes and its uses. Dalam: *Exploring Indonesian microbial genetic resources for industrial application*. Jakarta: LIPI Press; 2016: 177–203.

Jurnal Internasional

6. **Widyastuti Y**, Febrisiantosa A, Tidona F. Health-promoting properties of lactobacilli in fermented dairy products. *Frontiers in Microbiology* 2021; 12: 673890. doi: 10.3389/fmicb.2021.673890.
7. Jayanegara A, Gustanti R, Ridwan R, **Widyastuti Y**. Fatty acid profiles of some insect oils and their effects on *in vitro* bovine rumen fermentation and methanogenesis. *Italian Journal of Animal Science* 2020, 19(1): 1311–1318. doi.org/10.1080/1828051X.2020.1841571.

8. Ridwan R, Rusmana I, **Widyastuti Y**, Wiryawan KG, Prasetya B, Sakamoto M, Ohkuma M. Bacteria and methanogen community in the rumen fed different levels of grass-legume silages. *Biodiversitas* 2019; 20(4): 1055–1062.
9. Astuti WD, Wiryawan KG, Wina E, **Widyastuti Y**, Suharti S, Ridwan R. Effects of selected *Lactobacillus plantarum* as probiotic on in vitro ruminal fermentation and microbial population. *Pakistan Journal of Nutrition* 2018; 17(3): 131–139.
10. Ridwan R, Rusmana I, **Widyastuti Y**, Wiryawan KG, Prasetya B, Sakamoto M, Ohkuma M. Fermentation characteristics and microbial diversity of tropical grass-legumes silages. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 2015; 28(4): 511–518.
11. Sjamsuridzal W, Oetari A, Nakashima C, Kanti A, Saraswati R, **Widyastuti Y**, Ando K. New species of the genus *Metschnikowia* isolated from flowers in Indonesia, *Metschnikowia cibodasensis* sp. nov. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 2013; 23(7): 905–912.
12. Teramoto M, Ohuchi M, Hatmanti A, Darmayati Y, **Widyastuti Y**, Harayama S, Fukunaga Y. *Oleibacter marinus* gen. nov., sp. nov., a bacterium that degrades petroleum aliphatic hydrocarbons in the tropical marine environment. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2011; 61: 375–380.
13. Otaguro M, Yamamura H, Tamura T, Irzaldi R, Ratnakomala S, Ridwan R, Kartina G, Triana E, Nurkanto A, Lestari Y, Lisdiyanti P, **Widyastuti Y**, Ando K. *Actinophytocola timorensis* sp. nov. and *Actinophytocola corallina* sp. nov., isolated from soil in Indonesia. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2011; 61: 834–838.
14. Yamamura H, Lisdiyanti P, Ridwan R, Ratnakomala S, Saraswati R, Lestari Y, Triana E, Kartina G, **Widyastuti Y**, Ando K. *Dietzia timorensis* sp. nov., isolated from soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2010; 60: 451–454.

15. Lisdiyanti P, Otoguro M, Ratnakomala S, Lestari Y, Hastuti RD, Triana E, Ando K, **Widyastuti Y**. *Actinokineospora baliensis* sp. nov., *Actinokineospora cibodasensis* sp. nov., *Actinokineospora cianjurensis* sp. nov., isolated from soil and plant litter. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2010; 60: 2331–2335.
16. Giraffa G, Chanishvili N, **Widyastuti Y**. Importance of lactobacilli in food and feed biotechnology. Research in Microbiology 2010; 6(161): 480–487.
17. Nakashima C, Oetari A, Kanti A, Saraswati R, **Widyastuti Y**, Ando K. New species and newly record species of *Cercospora* and allied genera from Indonesia. Mycosphere 2010; 1(4): 315–323.
18. Sukarno N, Kurihara Y, Ilyas M, Mangunwardoyo W, Yuniarti E, Sjamsuridzal W, Park JY, Saraswati R, Inaba S, **Widyastuti Y**, Ando K, Harayama S. *Lecanicillium* and *Verticillium* species from Indonesia and Japan including three new species. Mycoscience 2009; 50(5): 369–379.
19. Otoguro M, Ratnakomala S, Lestari Y, Hastuti RD, Triana E, **Widyastuti**, Ando K. *Streptomyces baliensis* sp. nov., isolated from Balinese soil. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2009; 59: 2158–2161.
20. Kurihara Y, Sukarno N, Ilyas M, Yuniarti E, Mangunwardoyo W, Saraswati R, Park J-Y, Inaba S, Kurihara Y, **Widyastuti Y**, Ando K. Entomopathogenic fungi isolated from suspended-soil-inhabiting arthropods in East Kalimantan, Indonesia. Mycoscience 2008; 49(4): 241–249.
21. Sukarno N, Ilyas M, Yuniarti E, Mangunwardoyo W, Park J-Y, Saraswati R, **Widyastuti Y**, Ando K. Indonesian kickxellales: Two species of *Coemansia* and *Linderina*. Mycoscience 2008; 49(4): 250–257.
22. Khusniati T, **Widyastuti Y**. The preservation of milk with the addition of antibacterial and aromatic supplements produced in Indonesia. Biotropia 2008; 15(1): 50–64.

23. Purwadaria T, Nirwana N, Kertaren PP, Pradono DI **Widyastuti Y**. Synergistic activity of Enzymes produced by *Eupenicillium javanicum* and *Aspergillus niger* NRRL 337 on palm oil factory wastes. *Biotropia* 2003; 20: 1–10.
24. Lisdiyanti, P, Kawasaki H, **Widyastuti Y**, Saono S, Seki T, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. *Kozakia baliensis* gen. nov., sp. nov., a new acetic acid bacterium in the α -Proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2002; 52: 813–818.
25. Yamada Y, Katsura K, Kawasaki H, **Widyastuti Y**, Saono S, Seki T, Uchimura T, Komagata K. *Asaia bogorensis* gen. nov., sp. nov., an unusual acetic acid bacterium in the α -Proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2000; 50: 823–829.
26. Yamada Y, Hosono R, Lisdyanti P, **Widyastuti Y**, Saono S, Uchimura T, Komagata K. Identification of acetic acid bacteria isolated from Indonesian sources, especially of isolates classified in the genus *Gluconobacter*. *Journal of General and Applied Microbiology* 1999; 45: 23–28.
27. **Widyastuti Y**, Newbold CJ, Stewart CS, Ørskov ER. Interaction between rumen anaerobic fungi and ciliate protozoa in the degradation of rice straw cell walls. *Letter for Applied Microbiology* 1995; 20(1): 61–64.
28. **Widyastuti Y**, Lee WK, Suzuki K, Mitsuoka T. Isolation and characterization of rice straw-degrading Clostridia from cattle rumen. *Journal Veterinary and Medical Science* 1992; 54(1): 185–188.
29. **Widyastuti Y**, Masuko T, Awaya K, Azuma R, Kameoka K. Digestion of rice straw stem and leaf by sheep and goat. *Journal of Agricultural Science* 1989; 34(1): 1–9.
30. **Widyastuti Y**, Abe A. Effect of the silica content on digestibility of rice straw. *Japan Agriculture Research Quarterly* 1989; 23(1): 53–58.
31. **Widyastuti Y**, Terada F, Kajikawa H, Abe A. Digestion of rice straw cell wall constituents in various rumen conditions. *Japan Agriculture Research Quarterly* 1987; 21(1): 59–64.

Jurnal Nasional

32. Fidriyanto R, Ridwan R, Rohmatussolihat, Astuti WD, Sari NF, EBM Adi, Mulyaningsih ES, **Widyastuti Y**. *In vitro* rumen fermentability kinetics of parboiled rice bran. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 2019; 44(1): 96–105.
33. Rohmatussolihat, Lisdiyanti P, Yopi, **Widyastuti Y**, Sukara E. Medium optimization for antimicrobial production by newly screened lactic acid bacteria. *Annales Bogorienses* 2018; 22(1): 1–11.
34. Ridwan R, Bungsu WA, Astuti, WD, Rohmatussolihat, Sari NF, Fidriyanto R, Jayanegara A, Wijayanti I, **Widyastuti Y**. The use of lactic acid bacteria as ruminant probiotic candidates based on *in vitro* fermentation characteristics. *Buletin Peternakan* 2018; 42(1): 31–36.
35. Sari NF, Ridwan R, Rohmatussolihat, Fidriyanto R, Astuti WD, **Widyastuti Y**. Characteristic of different level of fermented concentrate in the rumen metabolism based on *in vitro*. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 2018; 43(3): 296–305.
36. Astuti WD, **Widyastuti Y**, Wina E, Suharti S, Ridwan R, Wiryawan KG. Survival of *Lactobacillus plantarum*U40 on the *in vitro* rumen fermentation quantified with real-time PCR. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 2018; 43(2):184–192.
37. Sari NF, Ridwan R, **Widyastuti Y**. The quality of corn silage product from Technopark of Banyumulek Lombok, West Nusa Tenggara. *Buletin Peternakan* 2017; 41(2): 156–162.
38. Sofyan A, **Widyastuti Y**, Utomo R, Yusiati LM. Improving physicochemical characteristic and palatability of King grass (*Pennisetum hybrid*) silage by inoculation of *Lactobacillus plantarum-Saccharomyces cerevisiae* consortia and addition of rice bran. *Buletin Peternakan* 2017; 41(1): 61–71.
39. Rohmatussolihat, Sari MN, Lisdiyanti P, **Widyastuti Y**, Sukara E. Pemanfaatan *milk clotting enzyme* dari *Lactobacillus casei* D11 untuk pembuatan keju mozzarella. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 2015; 26 (1): 63–71.

40. **Widyastuti Y**, Lisdiyanti P, Tisnadjaja D. Role of *Lactobacillus helveticus* on flavor formation in cheese: Amino acid metabolism. *Annales Bogorienses* 2014; 18(1): 1–11.
41. Komalasari K, Astuti DA, **Widyastuti Y**, Astuti WD, Ridwan R. Rumen fermentation and milk quality of dairy cows fed complete feed silages. *Media Peternakan* 2014; 37(1): 38–42.
42. Ridwan R, Rusmana I, **Widyastuti Y**, Wiryawan KG, Prasetya B, M. Sakamoto, and M. Ohkuma. Methane mitigation and microbial diversity of silage diets containing *Calliandra calothyrsus* in a rumen in vitro fermentation system. *Media Peternakan* 2014; 37(2):121–128.
43. Astuti WD, **Widyastuti Y**, Ridwan R, Yetti E. Quality of vegetable waste silages treated with various carbohydrate sources. *Media Peternakan* 2013; 36(2): 120–125.
44. Imsya A, Laconi EB, Wiryawan KG, **Widyastuti Y**. In vitro digestibility of ration containing different level of palm oil frond fermented with *Phanerochaete chrysosporium*. *Media Peternakan* 2013; 36(2): 131–136.
45. Susilaningsih D, Okazaki F, Yopi, **Widyastuti Y**, Harayama S. Isolation and screening of surfactant-producing bacteria from Indonesian marine environments and its application on bioremediation. *Annales Bogorienses* 2013; 17(2): 43–53.
46. Febrisiantosa A, Purwanto BP, **Widyastuti Y**, Arief I. Karakteristik fisik, kimia, mikrobiologi whey kefir dan aktivitasnya terhadap penghambatan angiotensin converting enzyme (ACE). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 2013; 24(2): 147–153.
47. Lisdiyanti P, Tamura T, Ratnakomala S, Ridwan R, Kartina G, Lestari Y, Ando K, **Widyastuti Y**. Diversity of actinomycetes from soil samples collected from Lombok Island, Indonesia. *Annales Bogorienses* 2012; 16(1): 35–40.
48. **Widyastuti Y**, Lisdiyanti P, Ratnakomala S, Kartina G, Ridwan R, Rohmatussolihat, Prayitno NR, Triana E, Widhyastuti N, Saraswati R, Hastuti RD, Lestari Y, Otoguro M, Miyadoh S, Ya-

- mamura H, Tamura T, Ando K. Genus diversity of actinomycetes in Cibinong Science Center, West Java, Indonesia. *Microbiology Indonesia* 2012; 6(4): 165–172.
49. Sofyan A, Yusiati LM, **Widyastuti Y**, Utomo R. Microbiological characteristic and fermentability of King grass (*Pennisetum hybrid*) silage treated by lactic acid bacteria-yeast inoculants consortium combined with rice bran addition. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 2011; 36(4): 265–272.
 50. Sjamsuridzal W, Oetari A, Kanti A, Saraswati R, Nakashima C, **Widyastuti Y**, Ando K. Ecological and taxonomical perspective of yeasts in Indonesia. *Microbiology Indonesia* 2010; 4(2): 60–68.
 51. Budiansyah A, Resmi, Wiryawan KG, Soehartono MT, **Widyastuti Y**, Ramli N. Isolasi dan karakterisasi enzim karbohidrase cairan rumen sapi asal rumah potong hewan. *Media Peternakan* 2010; 33(1): 36–43.
 52. Ridwan R, **Widyastuti Y**, Budiarti S, Dinoto A. Analysis of rumen microbial population of cattle given silage and probiotics using terminal restriction fragment length polymorphism. *Microbiology Indonesia* 2009; 3(3): 126–132.
 53. Ridwan R, Ratnakomala S, Kartina G, **Widyastuti Y**. Pengaruh penambahan dedak padi dan *Lactobacillus plantarum* 1 BL-2 dalam pembuatan silase rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). *Media Peternakan* 2005; 28(3): 1176–123.
 54. Ratnakomala S, Ridwan R, Kartina G, **Widyastuti Y**. Pengaruh inokulum *Lactobacillus plantarum* 1A-2 dan 1 BL-2 terhadap kualitas silase rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). *Biodiversitas* 2006; 7(2): 131–134.
 55. Khusniati T, **Widyastuti Y**. The effect of honey on bacterial growth, protein degradation amino acids contents and volatile compounds of milks at storage. *Annales Bogorienses* 2005; 10(1): 31–39.
 56. **Widyastuti Y**. Fermentasi Silase dan Manfaat Probiotik Silase bagi Ruminansia. *Media Peternakan* 2008; 31(3): 225–232.

57. **Widyastuti Y**, Ratnakomala S, Rachmat J, Sofarianawati E. Studies on the characteristics growth of *Lactobacillus* sp. a candidate for probiotics. *Annales Bogorienses* 2001; 6(2): 103–108.
58. Ratnakomala S, **Widyastuti Y**. Storage of Probiotic *Leuconostoc citreum* TSD-10 by freezing and freeze-drying. *Annales Bogorienses* 2000; 7(1): 43–48.
59. **Widyastuti Y**, Sofarianawati, E. Karakteristik *Enterococcus* sp. yang diisolasi dari saluran pencernaan domba. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia* 1999; 4(2): 50–53.
60. Suryahadi, Piliang WG, Djuwita I, **Widyastuti Y**. DNA recombinant technique for producing transgenic rumen microbes in order to improve fiber utilization. *Indonesian Journal of Tropical Agriculture* 1996; 7(1): 5–9.
61. **Widyastuti Y**. Characteristics of lactic acid bacteria from the rumen of sheep. *Annales Bogorienses* 1995; 3(2): 25–32.
62. **Widyastuti Y**. Korelasi Zat-zat makanan hasil sampingan penggilangan padi. *Berita Biologi* 1985; 3(1): 17.

Prosiding Internasional

63. Rohmatussolihat, Ridwan R, **Widyastuti Y**, Sari NF Fidriyanto R, Astuti WD. Optimization of medium composition for probiotic powder inoculum using the response surface methodology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2021; 788 012038.
64. Fidriyanto R, Ridwan R, Watman M, Adi E B M, Mulyaningsih ES, Jayanegara A, Astuti WD, Rohmatussolihat, Sari N F, **Widyastuti Y**. Evaluation of parboiled rice by-product as a ruminant feed: in vitro digestibility and methane production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2021; 762 012045. doi:10.1088/1755-1315/762/1/012045.
65. Astuti WD, **Widyastuti Y**, Fidriyanto R, Ridwan R, Rohmatussolihat, Sari NF, Firsoni, Sugoro I. In vitro gas production and digestibility of oil palm frond silage mixed with different levels of

- elephant grass. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020; 439 012022.
66. Sari NF, Ridwan R, Rohmatussolihat, Fidriyanto R, Astuti WD, **Widyastuti Y**. The effect of probiotics on high fiber diet in rumen fermentation characteristics. IOP Conference Series: Earth Environmental Science 2019; 251 012057.
 67. Yetti E, Ridwan R, Susilaningsih D, Yopi, Rahmani N, Astuti WD, Widyastuti Y. Quality of silase based on local feed resources in Lombok and its influence to cattle productivity in Banyumulek, Nusa Tenggara Barat (NTB), Indonesia. Proceedings International Conference on Biotechnology, Mataram 2012; 49–56.
 68. Astuti WD, **Widyastuti Y**, Ridwan R. Preservation of elephant grass and vegetable waste using *Lactobacillus plantarum* 1A-2 as silage inoculant. Proceedings International Conference on Biotechnology, Bogor 2012; 57–65.
 69. Ridwan R, **Widyastuti Y**, Budiarti S, Dinoto A. Effectivity of silage and probiotic on the rumen metabolism of ongole cattle *in vivo* experiment. Proceeding Seminar Feed Safety for Healthy Food, Bandung 2011; 368–375.
 70. Astuti WD, **Widyastuti Y**, Ridwan R. Activity of cellulase from selected actinomycetes *Streptococcus rimosus* ID05-A0911. Proceeding Seminar Feed Safety for Healthy Food, Bandung 2011; 470–481.
 71. Sofyan A, Utomo R, Yusiati LM, **Widyastuti Y**. Isolation and identification of lactic acid bacteria and *Saccharomyces cerevisiae* from natural sources as feed-silage inoculants. Proceeding the 3rd International Conference of Indonesian Society for Lactic Acid Bacteria, Yogyakarta 2011; 97–106.
 72. Budiansyah A, Resmi, Nahrowi, Wiryawan KG, Soehartono MT, **Widyastuti Y**. The characteristics of phytase enzyme in beef cattle rumen liquor from abattoir. Proceeding the 1st International Seminar on Animal Industry-Sustainable Animal production for Food Security and Safety, Jakarta 2009; 135–140.

73. Susilaningsih D, Harwati TU, Kasai Y, Watanabe K, Okazaki F, Harayama S, **Widyastuti Y**, Prasetya B. Characterizing and screening oil degrading microbes for land and beach reclamation in Indonesia. Proceeding International Workshop 'Urbanisation, Land Use, Land Degradation and Environment 2009; 391–403.
74. Ando K, **Widyastuti Y**, Pawiroharsono S, Soebandrio A. Biodiversity research under CBD: A case study of Indonesia-NITE joint research project. Proceeding of the Tenth International Congress for Culture Collection: Innovative Roles of Biological Resource Centers, Tokyo 2004; 173–175.
75. **Widyastuti Y**, Prayitno NR, Lisdiyanti P, Sukara E, Saono S. Culture collection in the Indonesian Institute of Sciences (LIPI). The Tenth International Congress for Culture Collections: Innovative Roles of Biological Resource Centers, Tokyo 2004; 503.
76. Rakhmani S, Zahra, Purwadaria T, **Widyastuti Y**. *Aspergillus oryzae* Tc3b, *Rhizopus* Enzymes production by *oryzae* Ssa. and *Eupenicillium javanicum* BS4 in empty fruit bunch of palm oil industrial waste. Proceeding of the JSPS-NRCT/DOST/LIPI/VCC Joint Seminar 2004; 312–317.
77. **Widyastuti Y**, Rakhmawati A, Mangunwardoyo W, Ratnakomala S. Fermentation of palm oil waste by *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae*. Proceeding of the JSPS-NRCT/DOST/LIPI/VCC Joint Seminar. Multilateral Cooperative Research Program in Biotechnology 2003; 281–286.
78. Khusniati T, **Widyastuti Y**, Shimazaki K. The role of antibacterial supplements and milk coagulants on the preservation of milk. Proceedings of Workshop and Expose Fundamental Research Scientific Results of Indonesia-Japan Cooperation Program 2003; 179–183.
79. **Widyastuti Y**, Kusmiati, Ratnakomala S, Utarti E, Purwadaria T. Cellulolytic and hemicellulolytic activity of thermophilic bacteria to degrade agricultural waste. Proceeding of the JSPS-NRCT/DOST/LIPI/VCC Seminar 2001; 15: 9–17.

80. **Widyastuti Y**, Purwadaria T, Sintawardani N, Kusmiati, Ratnakomala S. Degradation and utilization of agricultural waste by cellulolytic and hemicellulolytic microorganisms. Proceeding of the JSPS-NRCT/DOST/LIPI/VCC Seminar 1999; 14: 293–297.
81. Saono S, **Widyastuti Y**, Komagata K. Improvement of microbial culture collection system in Southeast Asia. The Tokyo International Forum on Conservation and Sustainable Use of Tropical Bioresources 1998; 149–157.

Prosiding Nasional

82. Fidriyanto R, Ridwan R, Rohmatussolihat, Astuti WD, Sari NF, **Widyastuti Y**. Formulasi inokulum bakteri untuk pengolahan limbah sawit sebagai pakan ternak. Proceeding of Biology Education, Bandung 2018; 2(1): 26–35.
83. **Widyastuti Y**. Upaya penyediaan pakan untuk menunjang produktivitas ternak berkelanjutan. Prosiding Seminar Peternakan, Bogor 2013; 41–54.
84. Putri FJ, Sidiq F, Ridwan R, **Widyastuti Y**. Kecernaan bahan kering dan bahan organik silase campuran *Pennisetum purpureum* dan *Acacia villosa* secara in vitro. Prosiding Seminar Peternakan Bogor 2013; 400–408.
85. Sidiq F, **Widyastuti Y**, Putri FJ, Ridwan R. Pengaruh Taraf inklusi legum *Acacia villosa* terhadap kualitas silase gabungan rumput-legum yang diberi aditif berupa *Lactobacillus plantarum* 1A-2 dan dedak padi. Prosiding Seminar Peternakan, Bogor 2013; 450–468.
86. **Widyastuti Y**, Prabowo IK, Rachmat J, Ratnakomala S, Rohmatussolihat, Astuti WD. Penapisan aktivitas antimikroba isolat actinomycetes. Prosiding Seminar Nasional XXI Kimia dalam Industri dan Lingkungan, Yogyakarta 2012; 565–570.
87. Budiansyah A, Nahrowi, Wiryawan KG, Soehartono MT, **Widyastuti Y**. Pengaruh penambahan endapan cairan rumen sebagai *feed supplement* pada ransum berbasis pakan lokal terhadap performa ayam broiler. Prosiding Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner, Bogor 2011; 641–650.

88. Astuti WD, Ridwan R, **Widyastuti Y**. Microscopic observation of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) structure: Preliminary study on the effects of rumen microbial degradation. Proceedings the 4th Indonesian Biotechnology Conference, Bogor 2008; 631–638.
89. Ridwan R, Astuti WD, **Widyastuti Y**. Evaluasi penggunaan aditif probiotik dan mineral organik pada aktivitas fermentasi rumen secara *in vitro*. Prosiding Seminar Nasional Industri Peternakan Modern II, Bogor 2005; 289–296.
90. Kusmiati, Ekawati F, **Widyastuti Y**. Aktivitas CMCase bakteri selulolitik yang berasal dari sumber air panas. Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi III, Bogor 2000; 195–203.
91. Ratnakomala S, Trinandasari C, **Widyastuti Y**. Pengaruh penyimpanan pada susu skim dan larutan sukrosa terhadap viabilitas *Leuconostoc citreum* TSD-10. Prosiding Seminar Bioteknologi, Bogor 2000; 479–484.
92. **Widyastuti Y**, Sofarianawati E, Ratnakomala S. Pengaruh probiotik *Leuconostoc citreum* TSD-10 terhadap penggunaan substrat dan fermentasi rumen. Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi, Bogor 2000; 547–552.
93. **Widyastuti Y**, Ratnakomala S, Sofarianawati E, Rachmat J. Kultur campuran bakteri asam laktat sebagai probiotik untuk ruminansia. Prosiding Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner, Bogor 2000; 336–348.
94. Sutoyo, Sudirman LI, Poerwanto SB, **Widyastuti Y**, Sudirman I. Penapisan bakteri asam laktat asal berbagai sumber bahan nabati dan hewani dalam menghasilkan bakteriosin. Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian Bidang Ilmu Hayat, Bogor 1998; 38–51.
95. Kusmiati, Sudirman LI, **Widyastuti Y**, Santosa DA, Jusuf E. Perbandingan DNA genom bakteri asam laktat *Streptococcus* asal rumen domba dengan elektroforesis gel medan berpulsa. Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian Bidang Ilmu Hayat, Bogor 1998; 52–65.

96. **Widyastuti Y**, Ratnakomala S, Ekawati F. Bakteri asam laktat pada buah-buahan tropis. Prosiding Seminar Mikrobiologi Indonesia, Bandar Lampung 1998; 447–458.
97. **Widyastuti Y**. Kecernaan dinding sel jerami padi oleh *Ruminococcus flavefaciens* 17, *Fibrobacter succinogenes* B12 dan *Selemonas ruminantium* JW13. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Bogor 1995; 120–125.
98. **Widyastuti Y**. Kecernaan jerami padi oleh *Neocallimastix patriciarum* Cx dan protozoa rumen. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Bogor 1994; 243–248.
99. Soetanto H, Hendratno C, **Widyastuti Y**. Observasi pendahuluan komposisi mikroba rumen domba, kambing, kerbau dan sapi sebagai respons terhadap kualitas pakan yang berbeda. Prosiding Isotop dan Radiasi, Jakarta 1994; 43–52.
100. **Widyastuti Y**. Aktivitas selulase and Xylanase *Neocallimastix patriciarum* Cx dan protozoa rumen. Prosiding Seminar Bioteknologi, Bogor 1994; 293–299.
101. **Widyastuti Y**. Pengaruh adaptasi dan transfer terhadap aktivitas pencernaan *Ruminococcus flavefaciens* 17. Prosiding Seminar Bioteknologi, Bogor 1994; 313–319.

Paten

1. Ridwan R, Rohmatussolihat, Fidriyanto R, Astuti WD, **Widyastuti Y**, Sari NF. Komposisi medium pertumbuhan untuk produksi *Bacillus licheniformis* sebagai probiotik. Paten Indonesia No. P00202010048. 17 Desember 2020.
2. Ridwan R, Rohmatussolihat, **Widyastuti Y**, Ratnakomala S, Astuti WD, Fidriyanto R, Sari NF. Komposisi medium pertumbuhan bakteri asam laktat untuk probiotik ternak ruminansia. Paten Indonesia No. IDP000066683. 21 Januari 2020.

3. Fidriyanto R, Ridwan R, Astuti, WD, Rohmatussolihat, Sari NF, **Widyastuti Y**. Komposisi medium aktivasi bakteri probiotik dan proses pembuatannya. Paten Indonesia No. IDP000077873. 9 Juli 2021.
4. **Widyastuti Y**, Rohmatussolihat, Fidriyanto R, Ridwan R, Sari NF, Astuti WD. Formulasi inokulum probiotik serbuk dengan metode kering beku untuk ternak ruminansia. Permohonan Paten Indonesia No. P00201809255. 15 November 2018.
5. Sofyan A, **Widyastuti Y**, Utomo R, Yusiati LM. Sediaan inokulum silase. Paten Indonesia No. IDP000049529. 9 Februari 2018.
6. Rohmatussolihat, Ridwan R, **Widyastuti Y**, Fidriyanto R, Astuti WD, Sari NF. Formulasi probiotik serbuk untuk ternak ruminansia. Permohonan Paten Indonesia No. P00201707656. 31 Oktober 2017.
7. Sari NF, Ratnakomala S, **Widyastuti Y**, Ridwan R, Rohmatussolihat, Astuti WD, Fidriyanto R. Biosintesis nanomineral selenium dari bakteri asam laktat. Permohonan Paten Indonesia No. P00201708606. 30 November 2017.

DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA

KTI Populer

1. **Widyastuti Y.** Probiotik, pakan tambahan untuk ternak. *Warta Biotek* 1997; tahun XI (1–2): 8–10.
2. **Widyastuti Y.** Bakteri asam laktat dan kesehatan manusia. *Warta Biotek* 1997; tahun XI (1–2): 4–7.
3. **Widyastuti Y.** Mengenal burung hantu [Makalah]. [Radio Republik Indonesia (RRI)]: Bogor; 13 Desember 1983.

Skripsi/Disertasi

4. **Widyastuti Y.** Pengukuran energi metabolis hasil sampingan penggilingan padi pada ayam pedaging [Skripsi]. [Malang]: Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Brawijaya; 1982.
5. **Widyastuti Y.** Chemical and Ecological Studies on rice straw digestion by ruminant [Disertasi]. [Jepang]: Department of Agricultural Science Tokyo University of Agriculture; 1989.

Laporan Kerja Sama Riset

6. **Widyastuti Y, Ando K.** Taxonomic and ecological studies of fungi and actinomycetes in Indonesia. Technical report of joint research project between Indonesian Institute of Sciences (LIPI), representing the Government Research Centers (GRC) of the Republic of Indonesia and National Institute of Technology and Evaluation (NITE) of Japan. 2010.

Naskah Akademik

7. Tiesnamurti B, Amirhusin B, Muharsini S, Purwantari ND, Sartika T, Widiawati Y, Trijatmiko KR, Sutoro, **Widyastuti Y**, Sudarsono, Soejoedono RD, Imron, Ath-Thar MHF. Pedoman pengkajian keamanan pakan produk rekayasa genetik. Jakarta: IAARD Press; 2016

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama	: Dr. Ir. Yantiyati Widyastuti
Tempat, Tanggal Lahir	: Malang, 12 Januari 1958
Anak ke	: Dua dari lima bersaudara
Nama Ayah Kandung	: R. Soebandi (Alm.)
Nama Ibu Kandung	: Siti Wiloedjeng (Almh.)
Nama Suami	: Prof. Dr. Baharuddin Tappa (Alm.)
Jumlah Anak	: 3 orang
Nama Anak	: 1. Fauzan Widyarman S.Sos. 2. Farras Widyansa S.P. 3. Fauzia Widyanova S.Pt.
Nama Instansi	: Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI
Judul Orasi	: Inovasi Produk Pakan untuk Sapi Potong Berkas Bakteri Asam Laktat untuk Mendukung Usaha Peternakan Nasional
Bidang Kepakaran	: Bioteknologi Hewan
No. SK Pangkat Terakhir	: Keppres RI No 29/K Tahun 2015
No. SK Peneliti Utama	: Keppres RI No 41/M Tahun 2010

B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah/PT/ Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
1.	SD	SD Kauman II	Malang/ Indonesia	1970
2.	SMP	SD 8 Tahun Laboratorium IKIP	Malang/ Indonesia	1973
3.	SMA	SMA PPSP IKIP	Malang/ Indonesia	1976

4.	S1	Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Brawijaya	Malang/ Indonesia	1982
5.	S3	Department of Agricultural Science Tokyo University of Agriculture	Tokyo/ Jepang	1989

C. Pendidikan Non-Formal

No.	Nama Kursus/ Pelatihan	Lamanya	Tempat	Tahun
1	<i>Training on Biotechnology</i>	12 bulan	RIKEN, Saitama, Jepang	1985–1986
2	<i>Post Doctoral</i>	12 bulan	Rowett Research Institute, UK	1992
3	<i>Training on Biotechnology/ Food Safety</i>	2 minggu	USDA, Washington DC	2001
4	<i>Training on Taxonomy of Rumen Bacteria</i>	4 minggu	Queensland Bioscience Precinct-CSIRO, Australia	2003
5	<i>Training on Chemotaxonomic of Actinomycetes</i>	1 bulan	National Institute of Technology and Evaluation (NITE) Chiba, Jepang	2004
6	<i>Training on Chemotaxonomic of Actinomycetes</i>	2 bulan	NITE, Chiba, Jepang	2008

No.	Nama Kursus/ Pelatihan	Lamanya	Tempat	Tahun
7	<i>Training on Taxonomy of Lactic Acid Bacteria</i>	1 bulan	Japan Collection of Microorganisms (JCM) RIKEN Bioresources, Saitama, Jepang	2010
8	<i>Training on Taxonomy of Lactic Acid Bacteria</i>	1 bulan	JCM RIKEN Bioresources, Saitama, Jepang	2011
9	<i>Training on Taxonomy of Rumen Bacteria</i>	2 minggu	Queensland Bioscience Precinct-CSIRO, Australia	2011
10	<i>Training on Feed Management</i>	2 minggu	Centro Technologico, COVAP, Cordoba, Spanyol	2016
11	<i>Training on Genetically Food/feed Safety Assessment phase I</i>	3 hari	Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Bogor	2017
12	<i>Training on Genetically Food/feed Safety Assessment phase II</i>	5 hari	DuPont Stine Haskell Research Center, Newark, US	2017

D. Jabatan Struktural

No.	Tahun	Nama Jabatan/Eselon	Nama Instansi
1.	1991– 1992	Kepala sub-Bidang Instrumentasi dan Rekayasa	Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI
2.	1995– 2001	Kepala Seksi Konservasi Plasma Nutfah	Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI
3.	2001– 2005	Kepala Bidang Mikrobiologi	Pusat Penelitian Biologi LIPI

E. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	Asisten Peneliti Madya (Gol III/b)	1 Maret 1990
2.	Ajun Peneliti Muda (Gol III/c)	1 Februari 1991
3.	Ajun Peneliti Madya (Gol III/d)	1 Februari 1995
4.	Peneliti Muda (Gol IV/a)	1 Mei 1997
5.	Peneliti Madya (Gol IV/b)	1 Desember 2000
6.	Peneliti Madya (Gol IV/c)	1 April 2004
7.	Peneliti Utama (IV/d)	1 Juli 2009
8.	Peneliti Utama (IV/e)	1 Juli 2014
9.	Peneliti Utama (IV/e) <i>maintenance</i>	1 Juli 2016
10.	Peneliti Utama (IV/e) <i>maintenance</i>	1 Juni 2018

F. Penugasan Khusus Nasional

Menjadi anggota Tim Teknis Keamanan Hayati Bidang Keamanan Pakan berdasarkan keputusan Ketua Komisi Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik nomor KEP-06/KKH PRG/10/2019.

G. Keikutsertaan dalam Kegiatan Seminar Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota/Negara)	Tahun
1.	Seminar Nasional Sains dan Teknologi Peternakan	Pembicara	Balai Penelitian Ternak, Ciawi	1994
2.	Seminar Hasil Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi II	Pembicara	Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi-LIPI, Cibinong	1994
3.	Seminar Peranan Mikrobiologi dalam Agroindustri untuk menunjang Ketahanan Pangan Nasional	Pembicara	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia, Bandar Lampung	1998
4.	Seminar Nasional dan Pameran Teknologi Peternakan dan Veteriner	Pembicara	Balai Penelitian Ternak Ciawi	1999
5.	International Workshop on Biotechnology Large Scale Cooperative Research 'Microbial Utilization of Unused Organic Resources in Asian Countries'	Pembicara	Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), Senggigi, Lombok	2000

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota/Negara)	Tahun
6.	Seminar JSPS-NRCT/DOST/ LIPI/VCC Large Scale Cooperative Research in the field of Biotechnology	Pembicara	LIPI dan JSPS, Bali	2004
7.	International Workshop on Use in the Global Microbial Commons	Pembicara	Brussel, Belgia	2009
8.	International Union of Microbiological Societies 2011 Congress the Unlimited World of Microbes	Pembicara	International Union of Microbiological Societies, Sapporo, Jepang	2011
9.	International Conference on Life Sciences	Pembicara	FMIPA-UB, Malang	2012
10.	Seminar Jaringan Kerja Sama Kimia Indonesia	Pembicara	BATAN Yogyakarta, Yogyakarta	2012
11.	Seminar Nasional Peran Bioteknologi dalam Peningkatan Populasi dan Mutu Genetik Ternak Mendukung Kemandirian Daging dan Susu Nasional	Pembicara	Puslit Bioteknologi-LIPI Bogor	2014
12.	Asian Conference of Lactic Acid Bacteria	Pembicara	Yogyakarta	2019

Buku ini tidak diperjualbelikan.

H. Keterlibatan dalam Pengelolaan Jurnal Ilmiah

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
1.	Media Pternakan	Fakultas Peternakan IPB	Anggota dewan penyunting	2008–2012
2.	Buletin Plasma Nutfah	Kementerian Pertanian	Anggota dewan penyunting	2013– sekarang

I. Karya Tulis Ilmiah

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	9
2.	Bersama Penulis Lainnya	92
	Total	101

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	28
2.	Bahasa Inggris	73
	Total	101

J. Pembinaan Kader Ilmiah

No.	Nama	Universitas	Peran/Tugas	Tahun
		Program S1		
1.	Cita Trinanda Sari	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	1999
2.	Filla Novianti	Universitas Indonesia	Pembimbing	2000
3.	Riza	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2000
4.	Vera Wahyuni	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2001

No.	Nama	Universitas	Peran/Tugas	Tahun
5.	Suwito	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2001
6.	Elisabeth Tariam Djawa	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2001
7.	Emmy Fitriani	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2003
8.	Bekti Wahyuningrum	Institut Sains dan Teknologi Nasional	Pembimbing	2006
9.	Slamet Mardiyanto Rahayu	Universitas Negeri Sebelas Maret	Pembimbing	2007
10.	Iman Kurnia Prabowo	Institut Sains dan Teknologi Nasional	Pembimbing	2008
11.	Aulia Fauziah	Universitas Indonesia	Pembimbing	2012
12.	Fajrin Sidiq	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2013
13.	Faoline Junita Putri	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2013
14.	Siti Musyarofah	Universitas Brawijaya	Pembimbing	2015
15.	Wahyu Dewi Intansari	Institut Pertanian Bogor Program S2	Pembimbing	2016
16.	Caribu Hadi Prayitno	Universitas Padjajaran	Pembimbing	1994
17.	Ning Iriyanti	Universitas Padjajaran	Pembimbing	1996
18.	Kusmiati	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	1998

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama	Universitas	Peran/Tugas	Tahun
19.	Sutoyo	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	1998
20.	Yatno	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	1999
21.	Siti Wajizah	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	1999
22.	John Leonardi Laisnima	Universitas Indonesia	Pembimbing	2003
23.	Anna Rahmawati	Universitas Indonesia	Pembimbing	2004
24.	Melati Ramadani	Universitas Indonesia	Pembimbing	2010
25.	Ahmad Sofyan	Universitas Gadjah Mada	Pembimbing	2011
26.	Andi Febrisiantosa	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2013
27.	Kokom Komalasari	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2013
Program S3				
28.	Agus Budiansyah	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2010
29.	Afnur Imsya	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2013
30.	Roni Ridwan	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2014
31.	Betty Nurhayati	Institut Teknologi Bandung	Pembimbing	2015
32.	Wulansih Dwi Astuti	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2018
33.	Harry Triely Uhi	Institut Pertanian Bogor	Penguji	2005

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama	Universitas	Peran/Tugas	Tahun
34.	Sri Suharti	Institut Pertanian Bogor	Penguji	2010
35.	Iwan Prihantoro	Institut Pertanian Bogor	Penguji	2013
36.	Tintin Rostini	Institut Pertanian Bogor	Penguji	2014
37.	Siti Nur Jannah	Institut Pertanian Bogor	Penguji	2014

K. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Anggota	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia	2004–sekarang
2.	Anggota	Asosiasi Ilmu Nutrisi dan Pakan Indonesia (AINI)	2015–sekarang
3.	Anggota	Himpunan Peneliti Indonesia (HIMPENINDO)	2017–sekarang
4.	Pengurus	Himpunan Ilmuwan Peternakan Indonesia (HILPI)	2019–2022

L. Tanda Penghargaan

No.	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Satyalancana Karya Satya X Tahun	Presiden RI	1998
2.	Satyalancana Karya Satya XX Tahun	Presiden RI	2005
3.	Satyalancana Karya Satya XXX Tahun	Presiden RI	2015

Buku ini tidak diperjualbelikan.



LIPI Press

Gedung PDDI LIPI, Lantai 6
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710
Telp. (+62 21) 573 3465
E-mail: press@mail.lipi.go.id
Website: lipipress.lipi.go.id



Buku ini tidak diperjualbelikan.