



**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

# TEKNOLOGI FORMULASI-EKSTRUSI PRODUK PANGAN DAN NONPANGAN UNTUK MENDUKUNG NILAI TAMBAH DAN DAYA SAING AGROINDUSTRI INDONESIA

ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET  
KEPAKARAN TEKNOLOGI PASCAPANEN



OLEH:  
**HENY HERAWATI**

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL**

Buku ini

**TEKNOLOGI FORMULASI-EKSTRUSI  
PRODUK PANGAN DAN NONPANGAN  
UNTUK MENDUKUNG NILAI TAMBAH DAN  
DAYA SAING AGROINDUSTRI INDONESIA**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Diterbitkan pertama pada 2024 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: [penerbit.brin.go.id](http://penerbit.brin.go.id)



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**TEKNOLOGI FORMULASI-EKSTRUSI  
PRODUK PANGAN DAN NONPANGAN  
UNTUK Mendukung NILAI TAMBAH DAN  
DAYA SAING AGROINDUSTRI INDONESIA**

**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET  
KEPAKARAN TEKNOLOGI PASCAPANEN**

OLEH:  
**HENY HERAWATI**

Reviewer:  
Prof. Dr. Ir. Lamhot Parulian  
Prof. Dr. Ir. Sri Widowati, M.App.Sc.  
Prof. Dr. Ir. Feri Kusnandar, M.Sc.

Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2024 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Teknologi Formulasi-Ekstrusi Produk Pangan dan Nonpangan untuk Mendukung Nilai Tambah dan Daya Saing Agroindustri Indonesia/Heny Herawati–Jakarta: Penerbit BRIN, 2024.

vii + 92 hlm.; 14,8 × 21 cm

ISBN 978-623-8372-88-1 (*e-book*)

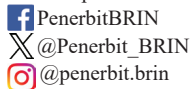
- |                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| 1. Agroindustri  | 2. Teknologi Formulasi-ekstrusi |
| 3. Produk Pangan | 4. Produk Nonpangan             |
| 5. Daya Saing    | 6. Nilai Tambah                 |

338.1

*Copy editor* : Nadifa Azzahra Putri Anindra  
*Proofreader* : Rina Kamila & Martinus Helmiawan  
Penata Isi : Rina Kamila  
Desainer Sampul : S. Imam Setyawan & Rina Kamila  
  
Cetakan : Agustus 2024



Diterbitkan oleh:  
Penerbit BRIN, Anggota Ikapi  
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah  
Gedung B. J. Habibie, Lt. 8, Jl. M.H. Thamrin No.8,  
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,  
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340  
Whatsapp: +62 811-1064-6770  
*E-mail*: penerbit@brin.go.id  
*Website*: penerbit.brin.go.id



Buku ini tidak diperjualbelikan.

## DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS .....	1
PRAKATA PENGUKUHAN .....	5
I. PENDAHULUAN.....	9
II. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI FORMULASI DAN EKSTRUSI.....	13
A. Formulasi dan Ekstrusi Masa Lalu.....	13
B. Perkembangan Teknologi Formulasi-Ekstrusi Masa Sekarang.....	15
C. Teknologi Formulasi-Ekstrusi Masa Depan .....	17
III. RISET DAN INOVASI TEKNOLOGI FORMULASI DAN EKSTRUSI.....	21
A. Rekayasa Karakteristik Bahan Baku Lokal untuk Formulasi Produk.....	21
B. Riset dan Inovasi Teknologi Ekstrusi.....	26
C. Inovasi Teknologi Formulasi-Ekstrusi .....	30
D. Pengembangan Metode Penentuan Mutu Produk Formulasi-Ekstrusi .....	34
IV. IMPLEMENTASI INOVASI FORMULASI- EKSTRUSI UNTUK PENGEMBANGAN AGROINDUSTRI.....	37
A. Aplikasi Penunjang untuk Optimasi Teknologi Formulasi-Ekstrusi .....	37
B. Studi Kasus Implementasi Teknologi Formulasi-Ekstrusi di Industri Kecil Menengah (IKM) .....	41
C. Pengembangan Agroindustri Berbasis Teknologi Formulasi-Ekstrusi .....	46
V. INOVASI TEKNOLOGI FORMULASI-EKSTRUSI UNTUK PENINGKATAN NILAI TAMBAH DAN DAYA SAING AGROINDUSTRI INDONESIA .....	49
VI. KESIMPULAN.....	53
VII. PENUTUP.....	55

UCAPAN TERIMA KASIH .....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
DAFTAR PUBLIKASI.....	69
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	85

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## DAFTAR ISI

Gambar 4.1 Hasil <i>overlay mixture design</i> untuk formulasi dan <i>overlay</i> RSM untuk optimasi proses pembuatan berasan jagung. ....	40
Gambar 4.2 Alur model pengembangan agroindustri berbasis teknologi formulasi-ekstrusi yang presisi.....	47

Buku ini tidak diperjualbelikan.





## BIODATA RINGKAS



**Heny Herawati**, lahir di Ponorogo, Jawa Timur, pada tanggal 3 Maret 1978, adalah anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Haji Mohamad Tohir dan Hajah Umi Mahmudah. Menikah dengan Muchamad Bachtiar, S.Tp., M.M. dan dikaruniai dua orang putra: Muhamad Al Matin Ibnu Sina dan Muhamad Basith Al Khawarizmi.

Berdasarkan Surat Keputusan Presiden tanggal 24 Desember 2021, yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Pada tanggal 23 Agustus 2022, berdasarkan Surat Keputusan Presiden Nomor 33/M tahun 2022, yang bersangkutan dimutasi sebagai Peneliti Ahli Utama pada Pusat Riset Agroindustri, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, 170/I/HK/2024 tanggal 5 Juli 2024 tentang Pembentukan Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan orasi pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Negeri Mangkujayan 1, Ponorogo, Jawa Timur, pada tahun 1991; Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Ponorogo, Jawa Timur, pada tahun 1994;

Sekolah Menengah Atas Negeri 1, Ponogoro, Jawa Timur, pada tahun 1997. Memperoleh gelar Sarjana dari Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor tahun 2001; gelar Magister Teknik Kimia dari Universitas Diponegoro tahun 2010; dan gelar Doktor bidang Ilmu Pangan dari Institut Pertanian Bogor tahun 2015.

Pendidikan nonformal yang pernah diikuti adalah Agricultural Machinery Training-Jinan China (2011), Sandwich Program – Sultan Qaboos University-Oman (2014), ISO 17025 (2015), Food Factor Barcelona University (2016), Diklat Manajerial Peneliti (2017), Bimbingan Teknis Penulisan Buku, Policy Brief, dan Makalah Kebijakan dalam Rangka Menyikapi Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 2017, ISO 17043:2010 (2017), dan Penulisan Ilmiah Internasional (2018).

Karier sebagai peneliti dimulai dari Peneliti Ahli Pertama, TMT 1 Desember 2005; Peneliti Ahli Muda, TMT 1 Desember 2009; Peneliti Ahli Madya, TMT 1 Agustus 2011; dan Peneliti Ahli Utama, TMT 20 Januari 2022.

Menghasilkan 107 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 56 KTI ditulis dalam bahasa Inggris.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu pembimbing dan kader ilmiah (SDM Iptek) yang berasal atau berafiliasi dari Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Universitas Padjajaran, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Universitas Pakuan dan

Universitas Juanda. Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai anggota Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan (PATPI) dari tahun 2018, Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo) dari tahun 2019, Perhimpunan Periset Indonesia (PPI) dari tahun 2022 sampai sekarang, dan pengurus PPI Jawa Barat TA 2023.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## PRAKATA PENGUKUHAN

*Bismillaahirrahmaanirrahiim.*

*Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.*

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional yang mulia, dan hadirin sekalian 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 Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya pada tanggal 17 Juli 2024, menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

“TEKNOLOGI FORMULASI-EKSTRUSI  
PRODUK PANGAN DAN NONPANGAN  
UNTUK Mendukung Nilai Tambah dan  
Daya Saing Agroindustri Indonesia”

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pada orasi ini, akan disampaikan *state of the art* tentang perkembangan, peluang, dan tantangan penelitian teknologi formulasi-ekstrusi untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saing agroindustri Indonesia. Riset dan pengembangan teknik formulasi yang diintegrasikan dengan teknologi ekstrusi telah menghasilkan inovasi produk berasan dan olahan pengganti gandum berbahan baku lokal. Teknologi formulasi dan ekstrusi terbukti dapat merekayasa bahan baku lokal menjadi bahan yang berkarakteristik layaknya beras dan pasta gandum. Hal ini diperkuat dengan adanya inovasi teknologi *cold extrusion* untuk mendukung industri kecil menengah dan *hot extrusion* untuk industri besar. Pemanfaatan teknologi ini berkontribusi dalam menjawab permasalahan tingginya kebutuhan beras dan gandum akibat perubahan pola konsumsi makan yang terjadi pada beberapa tahun terakhir sehingga berpotensi menurunkan impor kedua produk tersebut.

Orasi ini diharapkan dapat memberikan pemahaman tentang teknologi formulasi-ekstrusi sebagai salah satu inovasi unggulan kompetitif agroindustri pangan dan nonpangan yang perlu dilakukan secara lebih luas dan intensif. Pengembangan inovasi teknologi ini diharapkan dapat dimanfaatkan dalam mendukung berbagai program diversifikasi pangan berbasis bahan baku lokal. Dukungan kebijakan dan peran aktif seluruh *stakeholder* pusat dan daerah sangat dibutuhkan. Riset yang telah dilakukan dan inovasi yang dihasilkan dapat mendukung ketahanan dan kedaulatan pangan nasional. Perkembangan teknologi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

presisi, *printer* 3 dimensi (3D) dan 4 dimensi (4D), *internet of things* (IOT), *artificial intelligence* (AI), *big data*, dan *machine learning* yang makin maju menjadi peluang sekaligus tantangan yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan teknologi ini dan agroindustri Indonesia.



Buku ini tidak diperjualbelikan.

## I. PENDAHULUAN

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023, impor beras Indonesia meningkat sebesar 3,06 juta ton dibandingkan tahun 2022 (BPS, 2024). Demikian juga untuk komoditas gandum yang mengalami peningkatan impor sekitar 13% pada tahun 2023 (BPS, 2024). Kedua komoditas ini merupakan sumber bahan pangan utama di Indonesia. Peningkatan kebutuhan beras disebabkan, antara lain, oleh perubahan pola konsumsi makanan pokok dari aneka bahan ke beras. Sementara itu, peningkatan konsumsi gandum salah satunya disebabkan oleh adanya pergeseran preferensi konsumsi, terutama generasi milenial terhadap produk olahan kekinian seperti aneka pasta termasuk mi dan *bakery*.

Indonesia kaya akan bahan baku lokal yang berpotensi untuk mensubstitusi beras dan gandum, tetapi sumber bahan pangan tersebut memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda dibandingkan beras atau gandum. Kebiasaan masyarakat mengonsumsi pangan utama dalam bentuk beras membuat bahan lokal perlu diproses sehingga mudah diolah dan dikonsumsi sebagaimana halnya beras. Salah satu tujuan pemrosesan tersebut ialah membuat bahan baku lokal menjadi butiran menyerupai beras yang disebut berasan. Butiran berasan dibuat dengan teknik formulasi menggunakan alat granulator sederhana. Berasan ini mempunyai kelemahan, yaitu memiliki karakter yang rapuh dan tidak seragam (Herawati et al., 2012).

Bahan baku lokal yang digunakan untuk mensubstitusi gandum tidak mengandung gluten. Penggunaan bahan baku lokal ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Gluten adalah komponen protein yang dapat meningkatkan viskositas dan elastisitas suatu produk olahan berbasis gandum. Di satu sisi, ketiadaan gluten dapat menyebabkan produk berbasis bahan baku lokal kurang elastis dan mudah patah. Di sisi lain, gluten dapat menyebabkan *celiac disease* atau radang saluran pencernaan sehingga ketiadaan bahan ini menjadi faktor yang menguntungkan.

Formulasi dan pencetakan adalah dua teknik yang dapat mengubah karakteristik produk berasan dan olahan berbahan baku lokal pengganti gandum menjadi produk yang diinginkan. Teknik formulasi sudah dikenal sejak dulu dan telah digunakan untuk mencampur berbagai jenis bahan dengan komposisi tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Hasil formulasi kemudian dicetak dengan menggunakan alat cetak sederhana seperti granulator untuk berasan serta *sheeter* untuk mi dan pasta. Hasil cetakan mi dan pasta berbasis bahan baku lokal dengan menggunakan *sheeter* memiliki karakteristik yang tidak elastis dan mudah patah.

Latar belakang dan permasalahan tersebut menjadi dasar dilakukannya riset yang berkelanjutan dalam memperbaiki formulasi dan pencetakan yang makin berkembang sejak adanya alat ekstruder berbasis bahan lokal untuk menghasilkan aneka produk substitusi beras dan gandum. Inovasi teknologi formulasi-ekstrusi berbasis bahan lokal untuk menghasilkan

aneka produk substitusi beras dan gandum merupakan hasil rangkaian penelitian dan pengembangan yang dilakukan secara kontinyu dan konsisten serta terintegrasi yang dioptimasi secara spesifik, sesuai produk yang diinginkan.

Riset dan inovasi teknologi formulasi-ekstrusi yang dilakukan telah berhasil memperbaiki karakteristik berasan yang rapuh dan tidak seragam yang dihasilkan oleh mesin granulator (Herawati et al., 2012; Herawati et al., 2013). Inovasi ini juga telah menghasilkan produk mi dan pasta *gluten free* dengan cara mengoptimasi komponen cetakan ekstruder (Herawati et al., 2020). Modifikasi dan optimasi formulasi serta perekayasaan bentuk cetakan mesin ekstruder telah menghasilkan berasan aneka rasa, mi, makaroni dan spageti *gluten free* (Herawati et al., 2022; Herawati, Munarso, Kamsiati, Sunarmani, et al., 2020; Herawati, Munarso, Kamsiati, Soemantri, et al. 2020; Herawati, Kamsiati, et al., 2020). Implementasi inovasi teknologi formulasi-ekstrusi memberikan keunggulan komparatif pada bahan baku lokal sebagai substitusi beras dan gandum sehingga dapat meningkatkan nilai tambah dan daya saing agroindustri Indonesia.

Bab I pada naskah orasi ini mencakup latar belakang dan permasalahan dilakukannya riset dan inovasi teknologi formulasi dan ekstrusi. Selanjutnya, pada Bab II diuraikan mengenai perkembangan teknologi formulasi dan ekstrusi pada masa lalu hingga peluang pengembangan ke depan. Berbagai riset dan inovasi terkait teknologi formulasi-ekstrusi diuraikan

pada Bab III, implementasi inovasi teknologi formulasi-ekstrusi untuk mengembangkan agroindustri dan untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saing agroindustri Indonesia diuraikan pada Bab IV dan Bab V. Orasi ini dirangkum dalam bentuk kesimpulan pada Bab VI dan penutup pada Bab VII.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## II. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI FORMULASI DAN EKSTRUSI

Teknologi formulasi dan ekstrusi merupakan rangkaian teknik yang berkembang sesuai implementasi di masyarakat. Teknik formulasi adalah pencampuran bahan secara manual ataupun mekanis dengan atau tanpa perlakuan tambahan untuk menghasilkan bahan dengan karakteristik yang sesuai untuk proses ekstrusi. Teknologi ekstrusi digunakan untuk menghasilkan produk akhir yang sesuai dengan yang direncanakan atau preferensi dari konsumen. Teknologi formulasi dan ekstrusi dijabarkan secara komprehensif menurut periodisasi perkembangannya di masa lalu, sekarang, dan masa depan. Rangkaian teknologi tersebut mencakup proses, alat, dan bahan.

### A. Formulasi dan Ekstrusi Masa Lalu

Teknik formulasi sudah berkembang sejak dahulu kala. Pada awalnya, formulasi merupakan cara pencampuran bahan yang sederhana agar menjadi homogen. Teknik pencetakan dimulai sejak 3000 SM, ketika peradaban *proto-elam* dan Sumeria menggunakan segel silinder. Produk hasil formulasi dan pencetakan tertua yang ditemukan adalah mi yang berusia 4000 tahun. Mi tersebut terbuat dari padi-padian dan saat ini masih tersimpan di situs arkeologi Laija, Tiongkok (Lukyani, 2023).

Teknologi ekstrusi merupakan suatu pengolahan dan pencetakan menggunakan mesin yang disebut ekstruder. Teknologi ekstrusi pertama kali dikenalkan oleh Joseph Brahmah pada tahun 1797 (Singh et al., 2017), yaitu berupa mesin sederhana yang menggunakan pipa tunggal dengan piston untuk mendorong adonan agar dapat dicetak. Mesin tersebut diperkirakan sebagai mesin ekstruder pertama. Kegiatan formulasi dan penggunaan mesin ekstruder pada awalnya bersifat manual serta tidak terintegrasi. Pencampuran hingga diperoleh adonan yang homogen dan siap dimasukkan ke dalam mesin ekstruder masih dilakukan secara manual menggunakan tangan.

Pada tahun 1930, mesin ekstruder mulai digunakan di industri pangan untuk produksi pasta (Sing et al., 2017). Pada pertengahan tahun 1930, ekstruder digunakan untuk produksi makanan sereal *ready to eat* di Amerika. Mesin ekstruder saat itu masih menggunakan sistem *single screw* atau ulir tunggal. Perkembangan proses formulasi pangan dengan bahan baku lokal Indonesia mulai dilakukan pada tahun 1931 melalui program makanan pribumi Hindia oleh ahli gizi W.F. Donath. Pada tahun 1940, terbit buku pedoman gizi berbahasa Belanda bertajuk *Gezonde Voeding: Leerboek ten Dienste van het Huishoudonderwijs in Nederlandsch-Indië* yang ditulis oleh dua ahli gizi, G.A. Mol dan C. Ahn. Kemudian, pada tahun 1941 diterbitkan buku *Makanan jang Moerah tetapi Baik* oleh Balai Poestaka (Rahman, 2021). Sejak saat itu, perkembangan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

teknologi formulasi dan ekstrusi secara nasional ataupun internasional terus berkembang secara beriringan.

Mesin ekstruder dapat terlihat dari jenis ulir atau *screw* yang digunakan. Mesin ekstruder berkembang dengan sistem ulir ganda atau *double screw* dan digunakan sejak tahun 1970 (Singh et al., 2017). Pada masa tersebut, mesin ekstruder berkembang dengan kombinasi penggunaan perlakuan panas untuk penyesuaian karakteristik produk akhir. Aplikasi teknologi formulasi dan ekstrusi di Indonesia secara tradisional juga sudah berkembang sejak lama. Pada tahun 1985, dilaporkan pembuatan getuk lindri dengan menggunakan prinsip formulasi-ekstrusi manual (Rahman, 2021). Modifikasi penggunaan komponen ekstruder, seperti jenis *screw* dan formula bahan, makin berkembang seiring dengan kebutuhan dan optimasi proses serta produk yang dikehendaki pasar.

## **B. Perkembangan Teknologi Formulasi-Ekstrusi Masa Sekarang**

Penggunaan teknologi ekstrusi makin berkembang dengan adanya perubahan model cetakan dan parameter proses serta karena telah disesuaikan dengan tujuan produk akhir berupa pangan atau nonpangan. Pada tahun 1990-an teknologi ekstrusi di Indonesia dimanfaatkan untuk produk makanan ringan *ready to eat*. Proses ekstrusi berkembang dengan modifikasi penambahan perlakuan panas.



Metode ekstrusi yang umum digunakan adalah *hot* dan *cold extrusion*. *Hot extrusion* merupakan teknik ekstrusi yang menggunakan panas dan tekanan tinggi untuk mendorong material melewati cetakan, dan menghasilkan produk dengan bentuk yang diinginkan. *Cold extrusion* merupakan teknologi ekstrusi tanpa menggunakan sistem pemanas. Untuk mesin ekstruder sendiri, biasanya diklasifikasikan berdasarkan tipe *screw* atau ulirnya. Terdapat beberapa tipe mesin ekstruder, yaitu ulir tunggal dan ganda atau multi-ulir (menggunakan lebih dari dua ulir). Mesin ekstruder dengan tipe ulir tunggal digunakan untuk menghasilkan berasan instan (Wang et al., 2011), tipe ulir ganda digunakan untuk berasan dari tepung sorgum (Budijanto & Yuliyanti, 2012), serta multi-ulir digunakan untuk komponen material plastik.

Mesin ekstruder memiliki aneka bentuk cetakan di bagian ujungnya. Mishra et al. (2012) mengkaji ekstruder tersebut menggunakan bahan baku berupa tepung dari beras patah. Bentuk cetakan berasan memiliki ujung runcing di bagian kedua pinggirnya selayaknya produk beras. Ekafitri (2010) menelaah alternatif teknologi *sheeting* yang biasanya digunakan untuk membuat mi dari gandum, tetapi kali ini digunakan untuk membuat mi dari tepung jagung tanpa gluten.

Teknologi formulasi dapat digunakan untuk membuat karakteristik adonan sesuai dengan mesin ekstruder pada parameter proses yang sudah ditentukan untuk menghasilkan produk yang diinginkan secara optimal. Penggunaan bahan

tambahan seperti *plastisizer* dan hidrokoloid dilakukan untuk menghasilkan berasan dengan kategori instan (Wang et al., 2011). Modifikasi formula dan model cetakan ekstruder digunakan oleh Herawati et al. (2014) untuk menghasilkan berasan dari tepung jagung. Dengan model cetakan berbeda, penelitian terdahulu menghasilkan produk mi dan pasta bebas gluten berbasis tepung ubi kayu (Kamsiati et al., 2021) dan tepung porang (Kamsiati et al., 2022). Teknologi ini makin banyak diteliti sesuai dengan potensi daerah penghasil sumber bahan baku lokal.

### C. Teknologi Formulasi-Ekstrusi Masa Depan

Teknologi formulasi-ekstrusi di masa depan akan makin berkembang dengan integrasi penggunaan *software* untuk formulasi dan kondisi optimal yang dihubungkan dengan *smart system*. Pada tahun 2023, sudah mulai banyak diteliti teknologi formulasi-ekstrusi yang mengadopsi penggunaan mesin cetak/*printer* 3 dimensi (3D) dan 4 dimensi (4D) (Ren et al., 2023). *Printer* 3D dan 4D merupakan salah satu produk teknologi berbasis *smart system* dan teknologi presisi.

Sistem pencetakan ekstruder dapat didesain sesuai karakteristik produk akhir yang diinginkan. Integrasi *software* dengan penerjemahan bentuk dalam struktur produk akhir 3D dan 4D memudahkan sistematika realisasi fisik yang lebih tepat dan akurat. Dewasa ini, pengembangan teknologi presisi berbasis *printer* 3D (Prabha et al., 2021) dan 4D berbasis formulasi-

ekstrusi mencakup kegiatan formulasi yang dikombinasikan dengan prinsip teknologi ekstrusi untuk mempercepat proses pembentukan produk.

Teknologi pemanfaatan *printer* 3D makin berkembang untuk pertanian, pangan, dan lingkungan (Crisostomo & Dizon, 2021). Teknologi ini dapat digunakan untuk pembuatan layer produk *cake*, *fruit based snack* dengan nutrisi tertentu, *meat slurry*, *pizza*, pasta, dan *customized dessert*. *Printer* 3D juga digunakan untuk optimasi pembuatan produk farmasi, implan untuk material kesehatan, komponen pendukung proses operasi di bidang kesehatan (Gander et al., 2023), komponen plastik (Iftekar et al., 2023), dan biopolimer lainnya (Zhen et al., 2023). Implementasi *printer* 3D lainnya adalah untuk produksi komponen pengolah udara dan bahan baku sensor, material *biocarrier*, serta komponen *nano environmental monitoring system* (nEMoS) (Crisostomo & Dizon, 2021). Teknologi ekstrusi juga digunakan untuk memproduksi kemasan, film, tabung, serat, busa, dan pipa (Phraba et al., 2021).

Perkembangan inovasi formulasi-ekstrusi makin cepat seiring dengan kemajuan dan perkembangan zaman. Teknologi formulasi-ekstrusi di bidang pangan sangat dibutuhkan untuk mengolah bahan lokal yang memiliki nilai ekonomi rendah menjadi produk bergizi dan bernilai tinggi dengan penambahan fortifikan yang tepat serta parameter ekstruder yang optimal. Mesin ekstruder dapat dirancang dengan berbasis sensor dan

perlakuan suhu tertentu, seperti teknologi *freeze extrusion* dan *super critical fluid extrusion* untuk kebutuhan farmasi. Integrasi teknologi formulasi-ekstrusi dengan beberapa *software* optimasi formulasi akan mendukung pengembangan teknologi presisi untuk agroindustri. Inovasi ini akan makin luas pemanfaatannya, seperti untuk penambahan komponen nutrisi (vitamin, antioksidan, dan mineral), *smart packaging*, sensor, dan produk lainnya sehingga dapat meningkatkan nilai tambah dan daya saing agroindustri.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

### **III. RISET DAN INOVASI TEKNOLOGI FORMULASI DAN EKSTRUSI**

Inovasi teknologi formulasi-ekstrusi merupakan rangkaian kegiatan proses formulasi yang diikuti dengan modifikasi peralatan ekstruder. Rekayasa bahan baku lokal masih dibutuhkan untuk mendapatkan karakteristik yang sesuai dengan proses ekstrusi sehingga dapat menghasilkan produk yang optimal. Teknik formulasi dan pencetakan adalah dua hal yang memengaruhi karakteristik produk berasan dan olahan berbahan baku lokal pengganti gandum. Modifikasi bahan baku lokal ataupun penambahan bahan tambahan lainnya diperlukan untuk menghasilkan campuran dengan karakteristik yang homogen. Pencampuran yang dikombinasikan dengan tahapan prigelatinisasi atau pengukusan menghasilkan adonan yang sesuai dengan mesin ekstruder dan karakteristik produk akhir.

#### **A. Rekayasa Karakteristik Bahan Baku Lokal untuk Formulasi Produk**

Bahan baku lokal untuk produk pangan beras dan gandum, seperti pasta, memiliki keterbatasan sehingga memerlukan rekayasa bahan yang sesuai untuk mesin ekstruder. Proses ini juga melibatkan penggunaan bahan tambahan pangan serta

pengukusan untuk menghasilkan campuran yang homogen dan meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan.

Tahapan proses formulasi membutuhkan ketersediaan bahan baku dan bahan tambahan dengan kualitas yang sesuai dengan metode proses yang dibutuhkan. Bahan baku alami untuk pembuatan produk pangan atau nonpangan berbasis sumber bahan baku lokal pertanian sangat melimpah di Indonesia. Salah satu sumber bahan baku lokal untuk implementasi teknologi dari unsur komponen karbohidrat adalah tepung dan pati.

Tepung dan pati dapat diolah dari berbagai sumber bahan baku lokal sumber karbohidrat, seperti aneka umbi (ubi kayu, ubi jalar, talas, gembili, garut, ganyong, dan kentang), serealialia (jagung, sorgum, hanjeli, dan hotong), sagu, ataupun aneka buah (pisang dan sukun) (Widowati & Damarjati, 2001; Widowati, 2020). Bahan baku lokal tersebut memiliki karakteristik spesifik yang berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut (Herawati et al., 2020; Herawati & Kamsiati, 2021a). Karakteristik fisiko kimia golongan umbi-umbian, serealialia, kacang-kacangan, dan pati cukup berbeda (Herawati & Kamsiati, 2021b). Hasil ekstraksi ubi kayu berupa pati yang telah dipisahkan dari serat serta komponen lainnya dikenal sebagai tapioka. Karakteristik tapioka dapat diolah lebih lanjut dengan cara dimodifikasi menjadi sumber bahan *food ingredient* (Herawati, 2021b). Tapioka dapat dimodifikasi secara fisika, kimia, ataupun biokimia (Herawati et al., 2010).

Teknologi modifikasi terkadang dibutuhkan untuk merekayasa bahan baku lokal sehingga aman dikonsumsi. Bahan baku lokal yang mengandung komponen nonpangan yang membahayakan kesehatan harus diturunkan kadarnya sehingga aman dan layak untuk dikonsumsi. Sebagai contoh, umbi talas mengandung oksalat yang dapat mengakibatkan gangguan pada organ ginjal. Modifikasi secara kimia dengan penambahan asam sitrat sebanyak 0,5% yang dikombinasikan dengan teknik pengeringan yang tepat dapat menurunkan kadar oksalat hingga mencapai 68,19 ppm (Herawati et al., 2023).

Modifikasi teknologi proses berperan dalam memperbaiki karakteristik fisiko-kimia sesuai dengan karakteristik produk akhir. Proses modifikasi bahan baku lokal dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Salah satu teknologi yang lazim digunakan adalah esterifikasi pati dengan komponen ester derajat substitusi (DS), baik rantai pendek, menengah, ataupun panjang (Herawati et al., 2010a). Parameter untuk mengamati karakteristik komponen pati yang telah mengalami proses esterifikasi, antara lain, dengan menganalisis nilai DS. Karakterisasi DS akibat proses modifikasi pati dapat diamati melalui parameter fisiko-kimia pati yang dihasilkan (Herawati et al., 2010b). Teknologi modifikasi ester rantai panjang dapat dilakukan dengan menambahkan beberapa jenis minyak kelapa atau minyak kelapa sawit (Herawati et al., 2021b). Teknologi modifikasi ini juga dapat dilakukan dengan menurunkan ukuran partikel pati hingga skala nanometer, sesuai spesifikasi produk



akhir yang diinginkan (Herawati, 2012a). Pati beras terasetilasi dengan lama reaksi 90 menit menghasilkan nilai DS dan persen asetilasi yang lebih tinggi dibandingkan lama reaksi 10 dan 30 menit (Nurhayati, 2019).

Modifikasi tepung dari bahan baku lokal dapat dilakukan, baik secara fisika, kimia, ataupun biokimiawi (Kamsiati et al., 2019). Sementara itu, untuk teknologi modifikasi secara mikrobiologi dapat menggunakan *starter* mikroba penghasil hidrokoloid (HK). Tepung HK merupakan hasil proses modifikasi tepung ubi kayu dengan menggunakan *starter* penghasil komponen hidrokoloid. Teknologi ini dapat memperbaiki karakteristik fisiko-kimia tepung ubi kayu sehingga dapat digunakan sebagai produk *gluten free* sesuai paten IDS 000002130 (Herawati et al., 2019). Teknologi produksi tepung HK ini dilakukan dengan cara mencampur tepung ubi kayu dan air dengan perbandingan 2:1 hingga homogen dan menambahkan cairan *starter Xanthomonas campestris* sebanyak 20–25%. Adonan diaduk hingga rata, kemudian dilakukan fermentasi selama 12 sampai 24 jam. Campuran kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada temperatur 40–50°C selama 5–6 jam, serta dilanjutkan tahap pengeringan kedua pada suhu 70–100°C selama 2–3 jam hingga diperoleh kadar air aman disimpan. Tepung HK yang dihasilkan kemudian digiling dan diayak dengan saringan 100 mesh.

Teknologi modifikasi pati dapat dilakukan untuk memperbaiki karakteristik fisiko-kimia atau sifat fungsionalnya (Herawati, 2012b). Secara fisik, teknologi modifikasi pati

dapat dilakukan dengan menggunakan *microwave* atau oven. Sementara itu, teknologi modifikasi pati secara kimiawi dapat dilakukan menggunakan bahan kimia, salah satunya berupa pati ester. Pati ester dapat diproduksi dengan menambahkan bahan kimia asam lemak rantai panjang dari minyak *virgin coconut oil* (VCO) (Herawati et al., 2021b) atau kelapa sawit. Proses modifikasi juga dapat menggunakan asam lemak rantai pendek seperti asam asetat dan asam suksinat (Herawati et al., 2010; Herawati et al., 2010b).

Proses modifikasi pati dari bahan lokal dilakukan untuk memperbaiki karakteristik sifat fisiko-kimianya sehingga dihasilkan bahan baku yang sesuai dengan kebutuhan. Implementasi tersebut dilakukan untuk meningkatkan nilai fungsional pati, seperti menaikkan kadar resistennya agar tidak mudah dicerna. Proses modifikasi dapat dilakukan secara enzimatis untuk menghasilkan pati resisten tipe 3 dari pati sagu, beras, dan ubi jalar (Herawati, Suhartono, et al., 2010; Purwani et al., 2010). Proses modifikasi pati resisten dapat meningkatkan nilai fungsional produk karena tidak mudah tercerna dalam sistem pencernaan sehingga sesuai untuk penderita diabetes (Herawati, 2010a).

Penambahan bahan seperti gula, garam, atau emulsifier memengaruhi karakteristik fisik tepung ubi kayu berupa profil *pasting* yang dapat dianalisis dengan menggunakan alat *rapid visco analyzer* (RVA) (Herawati & Kamsiati, 2022). RVA digunakan untuk menganalisis pengaruh campuran tepung

dan penambahan air dalam menghasilkan adonan dengan pola viskositas pada suhu tertentu. Hasil analisis tersebut memberikan informasi karakteristik adonan berdasarkan hasil formulasi bahan yang digunakan serta rekomendasi suhu dan waktu pemasakan yang tepat.

## **B. Riset dan Inovasi Teknologi Ekstrusi**

Pengolahan bahan baku lokal menjadi produk berasan dilakukan dengan menggunakan alat granulator (Herawati et al., 2014). Teknologi pengolahan berasan dengan alat granulator dapat menggunakan bahan baku seperti tepung talas dan tepung onggok (Dinarki et al., 2014), serta tepung pisang (Yudanti et al., 2015). Produk berasan yang dihasilkan oleh peralatan tersebut memiliki kekurangan, yaitu strukturnya yang rapuh dan bentuk yang tidak seragam. Pada tahun 2013, teknologi ekstrusi mulai digunakan untuk produk mi dan berasan serta berhasil memperbaiki karakteristik kedua produk tersebut (Herawati et al. 2013). Pembuatan berasan dengan proses ekstrusi dapat dilakukan dengan ekstruder ulir tunggal ataupun ganda (Budi et al., 2013).

Terdapat dua jenis teknologi ekstrusi yang digunakan untuk pembuatan berasan, yaitu *hot extrusion* dan *cold extrusion*. Teknologi proses granulasi berasan menggunakan mesin ekstruder dengan input energi panas dikenal sebagai proses *hot*

*extrusion* (Herawati et al., 2014), sedangkan jika tanpa input panas dikenal dengan *cold extrusion* (Herawati et al., 2019). Teknologi *hot extrusion* menggunakan tambahan pemanas pada saat pengadukan (sebelum pencetakan) sehingga proses dapat berjalan lebih cepat, tetapi membutuhkan energi yang lebih besar. Optimasi teknologi *hot extrusion* dilakukan dengan mengombinasikan perlakuan penggunaan tepung jagung sebagai bahan baku utama serta variasi suhu dan waktu pengukusan (Herawati et al., 2014). Formulasi optimal berasan jagung didapatkan dengan menggunakan bahan baku utama berupa tepung jagung yang ditambahkan hidrokoloid 1%, emulsifier 2%, dan tapioka 10% yang kemudian diproses pada temperatur ekstrusi 96°C. Untuk meningkatkan kualitas produk menjadi kategori instan (waktu masak cepat), dapat dikombinasikan dengan pengukusan selama maksimal 5 menit (Herawati et al., 2014).

Proses *cold extrusion* membutuhkan tahapan pragelatinisasi adonan menggunakan proses *steaming* atau pengukusan sebelum proses pencetakan pada alat ekstruder. Teknologi ini sesuai untuk digunakan pada tingkat usaha mikro kecil dan menengah (UMKM) karena menggunakan daya listrik yang lebih rendah dibandingkan *hot extrusion*. Skala proses produksi juga dapat bervariasi, tergantung tingkat kebutuhan masyarakat atau permintaan pasar. Pembuatan berasan dari bahan baku tepung pisang cukup menggunakan ekstruder dengan kapasitas 5 kg per

jam. Pembuatan berasan ubi kayu dapat menggunakan ekstruder dengan skala yang lebih besar, yaitu 12 kg per jam. Pembuatan berasan dengan metode *cold extrusion* dapat dilakukan terlebih dahulu dengan mencampur tepung ubi kayu dan air sebanyak 25% (v/b) secara merata. Hasil campuran tersebut kemudian dikukus selama 30 menit menggunakan api sedang sampai terjadi proses prigelatinisasi. Campuran ini kemudian dicetak menggunakan *cold extruder* hingga diperoleh butiran yang setengah kokoh, dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 3 jam sehingga diperoleh berasan kering yang seragam.

Penambahan tepung aneka kacang seperti kacang tanah, kacang kedelai, dan sumber protein lainnya dapat meningkatkan kadar protein dan lemak produk berasan. Peningkatan kadar protein dan lemak ini dapat dilakukan dengan menggunakan tepung kacang tanah (Herawati et al., 2019). Jenis bahan baku yang digunakan dapat memengaruhi rasa, warna, dan aroma dari produk berasan yang dihasilkan. Untuk memperbaiki kualitas produk akhir, ditambahkan beberapa jenis rasa sesuai preferensi konsumen. Penambahan aneka rasa juga meningkatkan nilai tambah produk berasan. Peningkatan preferensi berasan dapat dilakukan dengan menambahkan aneka cita rasa nusantara (Herawati et al., 2022). Berasan ubi kayu aneka rasa dapat diolah dengan menggunakan formula yang terdiri dari tepung ubi kayu yang dicampur dengan air sebanyak 25–30% (v/b) per berat

tepung dan tepung aneka rasa (soto, gulai, rawon, nasi goreng, dan rendang) sebanyak 20–25% (b/b) per berat tepung. Adonan tersebut kemudian diaduk sampai tercampur rata, dikukus selama 20–25 menit, dibentuk dengan *cold extruder*, dan dikeringkan dengan oven bertemperatur 60°C sampai kering dengan kadar air maksimal 15% sesuai paten IDP 000081669 (Herawati et al., 2022). Berdasarkan hasil penelitian karakteristik berasan dari bahan baku utama tepung ubi kayu sebelum ditambahkan aneka rasa, diperoleh nilai kadar air 8,04–8,46%; kadar abu 1,42–1,90%; kadar lemak 0,14–0,23%; kadar protein 0,25–0,96%; kadar karbohidrat 88,76– 89,50%; energi 359,30–362,47 kkal; serta viskositas puncak 1141–1580 cP (Herawati et al., 2013c).

Teknologi formulasi-ekstrusi dalam pembuatan mi menggunakan alat ekstruder yang memiliki bentuk cetakan atau *die* tertentu menghasilkan produk mi *gluten free* atau tanpa terigu. Produk mi *gluten free* dari bahan baku utama tepung ubi kayu memiliki karakteristik kadar air 8,06%; kadar abu 2,65%; kadar lemak 0,42%; kadar protein 3,30%; kadar karbohidrat 85,58%; energi 359,28 kkal dengan *cooking time* 6,5 menit; *cooking loss* 20,96%; *hardness* 817,58 g; *adhesivness* 14,83 g; *gumminess* 265,48 g; dan *chewiness* 2,50 g (Herawati et al., 2020b).

Modifikasi bentuk cetakan alat ekstruder dengan kombinasi formulasi yang tepat dapat menghasilkan produk pasta berupa makaroni dan spageti multivitamin serta mineral yang dapat meningkatkan nilai tambah dan daya saing produk. Karakteristik

produk makaroni *gluten free* berbahan baku tepung ubi kayu memiliki kadar air 8,08%; kadar abu 2,46%; kadar protein 0,69%; kadar lemak 0,05%; kadar karbohidrat 88,72%; energi 358,06 kkal dengan *cooking time* 13 menit; *cooking loss* 5,06%; *hardness* 27,53 N; *gumminess* 17,53 N; dan *chewiness* 40,54 mJ (Herawati et al., 2020).

### C. Inovasi Teknologi Formulasi-Ekstrusi

Proses formulasi yang digabungkan dengan teknologi ekstrusi atau integrasi teknologi formulasi-ekstrusi dapat dioptimasi untuk menghasilkan karakteristik produk yang sesuai untuk agroindustri pangan dan nonpangan prospektif. Pada agroindustri pangan, inovasi teknologi formulasi-ekstrusi digunakan untuk produk berasan ataupun pasta *gluten free*. Untuk memperbaiki kualitas granula butiran berasan, pada saat proses formulasi, dapat ditambahkan beberapa jenis bahan tambahan, seperti tepung kacang tanah untuk meningkatkan kadar protein dari berasan ubi kayu yang dihasilkan. Sementara itu, untuk meningkatkan daya lengket butiran, dapat ditambahkan emulsifier *glycerol monostearate* (GMS). Teknologi formulasi dapat meningkatkan nilai tambah produk pangan fungsional untuk kesehatan. Penambahan sumber protein dapat meningkatkan nilai gizi produk berasan ubi kayu.

Teknologi pengolahan mi *gluten free* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *hot* dan *cold extrusion*. Teknologi produksi mi *gluten free* dapat dilakukan dengan menggunakan

beberapa jenis tepung lokal. Sebagai contoh, tepung ubi kayu ditambah dengan garam 2%, *guar gum* 0,5–1,5%, dan air 25–30% kemudian dicampur hingga merata dan dikukus selama 25–30 menit sampai terbentuk adonan terpragelatinisasi. Adonan kemudian dicetak menggunakan cetakan mi dengan mesin *cold extrusion* sesuai paten IDP 000070247 (Herawati et al., 2020b).

Penerapan teknologi formulasi-ekstrusi disesuaikan dengan potensi bahan baku lokal spesifik wilayah. Salah satu contohnya adalah pengolahan mi menggunakan bahan baku tepung hanjeli yang merupakan potensi bahan lokal wilayah setempat (Herawati et al., 2020d). Hanjeli memiliki kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan tepung tapioka sehingga memengaruhi komposisi formula bahan dan teknologi proses yang digunakan. Untuk produksi mi *gluten free* hanjeli, komposisi formula adonan dapat dimodifikasi dengan penambahan tepung ubi kayu ataupun tapioka. Proporsi penggunaan tepung hanjeli sebanyak 95% dan tapioka sebanyak 5% menghasilkan kualitas mi dengan rendemen tertinggi. Alternatif lain dapat menggunakan metode *cold extrusion* dengan formula tepung hanjeli dan tapioka sebesar 75%:25% dengan waktu pengukusan 20 menit (Herawati et al., 2020d).

Pengembangan teknologi formulasi-ekstrusi dapat digunakan untuk berbagai sumber bahan baku lokal. Pengembangan potensi teknologi ini dapat digunakan untuk produksi mi dari bahan baku lokal berupa tepung porang. Modifikasi teknologi dapat digunakan untuk pengolahan mi porang dengan menggunakan



mesin ekstruder tanpa panas (Kamsiati et al., 2022). Penambahan tepung tapioka sebesar 5–20% dapat meningkatkan karakteristik fisiko-kimia mi porang yang dihasilkan. Penambahan tepung porang sebesar 15% akan menghasilkan mi porang *gluten free* dengan karakteristik fisiko-kimia terbaik (Kamsiati et al., 2022).

Selain mi, teknologi produksi spageti atau makaroni merupakan inovasi alternatif yang bisa dikembangkan (Herawati et al., 2017). Beberapa teknologi produk mi dan pasta *gluten free* menggunakan bahan tambahan pangan berupa *guar gum* atau *xanthan gum* menghasilkan produk yang sesuai dengan kriteria yang dikehendaki (Herawati et al., 2017). Spageti termasuk produk aneka pasta yang menyerupai mi. Namun, spageti memiliki karakteristik yang lebih ulet dan tebal dibandingkan mi. Spageti dapat ditingkatkan nilai tambahnya dengan fortifikasi vitamin dan mineral sehingga lebih kaya gizi dan bermanfaat sesuai aspek kesehatan yang dituju (Herawati et al., 2020).

Komposisi formula spageti kaya vitamin dan mineral terdiri dari tepung sagu 80–85%, tepung kacang hijau 15–20%, garam 0,5–1,5% basis tepung. Sebagai larutan fortifikan, digunakan multivitamin dan mineral 0,05%–0,20%; ekstrak kurkumin 0,15–0,20%; pewarna kuning 0,02–0,03%; dan air 25–30% basis tepung. Tahapan proses meliputi tahap pencampuran adonan kering, penambahan larutan fortifikan, pencampuran sampai merata, pengukusan 25–30 menit, pencetakan dengan *cold extruder* untuk spageti, dan pengeringan dengan oven pada

suhu 50–60°C selama 5–6 jam sesuai paten P00202009786 (Herawati et al., 2020).

Teknologi modifikasi pembuatan makaroni *gluten free* dapat menggunakan kombinasi GMS dan *guar gum* (Kamsiati et al., 2019). Produksi makaroni menggunakan tepung ubi kayu 85–90%, tapioka 10–15%, dengan bahan tambahan garam sebesar 1–2%, *guar gum* sebesar 0,25%–1%, dan GMS perbagian campuran tepung sebanyak 0,1–0,5%. Air yang ditambahkan sebesar 25–30% dari bahan kering. Bahan campuran tersebut kemudian diaduk secara merata dan dikukus selama 25–30 menit serta dicetak dengan mekanisme *cold extrusion* untuk makaroni. Makaroni basah kemudian dikeringkan dengan oven pada temperatur 50–60°C selama 6–7 jam sampai kering merata sesuai paten IDS000002783 (Herawati et al., 2020).

Teknologi formulasi-ekstrusi dapat digunakan untuk proses produksi *snack ready to eat*. Modifikasi formulasi dengan menggunakan bahan baku spesifik seperti non-gluten dan non-kolesterol akan dapat meningkatkan nilai tambah fungsional produk yang dihasilkan serta menciptakan pangan sehat.

Alternatif olahan *snack* berbasis non-gluten, contohnya sagu keju, widaran, simping, dan semprong (Sunarmani & Herawati, 2016; Sunarmani et al., 2018; Herawati & Sunarmani, 2016). Sagon juga merupakan produk alternatif *gluten free* yang berasal dari produk samping olahan ubi kayu (Kamsiati & Herawati, 2020).

#### **D. Pengembangan Metode Penentuan Mutu Produk Formulasi-Ekstrusi**

Karakteristik mutu produk hasil implementasi inovasi teknologi formulasi-ekstrusi merupakan parameter penting untuk peningkatan nilai tambah dan daya saing produk. Analisis mutu produk menggunakan pendekatan aspek fisiko-kimia dan umur simpan, sebelum komersialisasi produk lebih lanjut, sangat dibutuhkan sehingga dapat diterima konsumen dengan baik. Umur simpan menjadi parameter yang memberikan informasi bahwa produk aman dikonsumsi dalam durasi waktu tertentu, termasuk untuk produk pangan hasil implementasi inovasi formulasi-ekstrusi.

Karakterisasi mutu berasan berupa umur simpan dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode isothermis sorpsi air (ISA) ataupun *state diagram* (Herawati et al., 2014). Analisis umur simpan produk pangan dapat diprediksi dengan melakukan kajian profil gelatinisasi dan *freezing point* dari sampel, diikuti dengan *ploting* pada grafik *state diagram*. Metode ini digunakan untuk menentukan karakteristik umur simpan pada kondisi penyimpanan yang sesuai tanpa mengakibatkan kerusakan mutu produk pangan tersebut.

Analisis umur simpan produk pangan juga dilakukan dengan metode pendekatan model Brunauer-Emmett-Teller (BET) atau Guggenheim-Anderson-Boer (GAB) (Herawati et al., 2015; Herawati, 2008). Metode tersebut digunakan untuk

mengidentifikasi umur simpan produk berasan instan dari bahan utama tepung jagung. Penggunaan pendekatan rumus BET dan GAB dapat digunakan untuk menentukan umur simpan produk. Jenis kemasan pun dapat memengaruhi umur simpan dari produk berasan instan. Salah satu contohnya adalah kemasan aluminium foil yang dapat memperpanjang umur simpan dibandingkan jenis kemasan polipropilen (PE) maupun polietilen (PE) (Herawati et al., 2015).

Standardisasi mutu produk menjadi penting sebelum produk dikomersialisasi di masyarakat secara lebih luas (Herawati, 2010b). Proses standardisasi dapat menyeragamkan mutu produk berasan ataupun mi serta pasta *gluten free* lainnya. Produk berasan yang memiliki bentuk oval dan runcing di bagian ujungnya menjadi acuan dalam pembuatan butiran yang seragam (Herawati et al., 2013c). Beras dari padi memiliki klasifikasi bentuk butiran dan ukuran dimensi untuk penentuan mutunya. Standar mutu tepung lokal juga harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang digunakan sebagai acuan produk nasional ataupun internasional seperti Codex.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## IV. IMPLEMENTASI INOVASI FORMULASI- EKSTRUSI UNTUK PENGEMBANGAN AGROINDUSTRI

Aplikasi inovasi formulasi-ekstrusi untuk pengembangan agroindustri dilakukan dan disesuaikan dengan skala industri. Parameter proses digunakan untuk mengukur efektivitas dan efisiensi teknologi berdasarkan kinerja yang dihasilkan. Beberapa pendekatan rancangan penelitian yang dioptimasi dengan menggunakan *software* dapat membantu dalam menghasilkan formula dan proses ekstrusi yang optimal. Studi kasus penerapan inovasi teknologi pada salah satu industri kecil menengah (IKM) yang akan diuraikan berikut adalah untuk menunjukkan kinerja dan potensi pengembangan agroindustri dengan dukungan teknologi formulasi-ekstrusi.

### A. Aplikasi Penunjang untuk Optimasi Teknologi Formulasi-Ekstrusi

Pendekatan metode optimasi dengan rancangan *mixture design* dan *software* pendukung DX 7 digunakan untuk mendapatkan hasil formulasi terbaik (Herawati, 2015). Teknologi formulasi dapat menggunakan bahan baku utama tepung jagung yang merupakan komoditas pangan lokal, ditambahkan dengan bahan tambahan pangan untuk meningkatkan nilai tambahnya berupa produk instan. Proses optimasi pengolahan berasan jagung

menggunakan teknologi *hot extrusion*. Parameter ekstruder diatur dengan menggunakan temperatur 96°C dan kecepatan putaran ulir 168 rpm (Herawati, 2015). Produk instan memiliki waktu pemasakan lebih singkat sehingga berdaya saing tinggi secara komersial. Pada proses optimasi, digunakan formula dasar yang sama berupa tepung jagung sebesar 87%, tapioka 10%, *glycerol monostearate* (GMS) 2%, dan air sebesar 60% dari total bahan kering yang digunakan. Variasi perlakuan yang dioptimasi, yaitu jenis dan konsentrasi hidrokoloid berupa natrium alginat, glukomanan, *guar gum*, dan *tara gum*. Penambahan hidrokoloid dioptimasi dengan konsentrasi maksimal 1% dari total campuran kering formula berasan jagung tersebut.

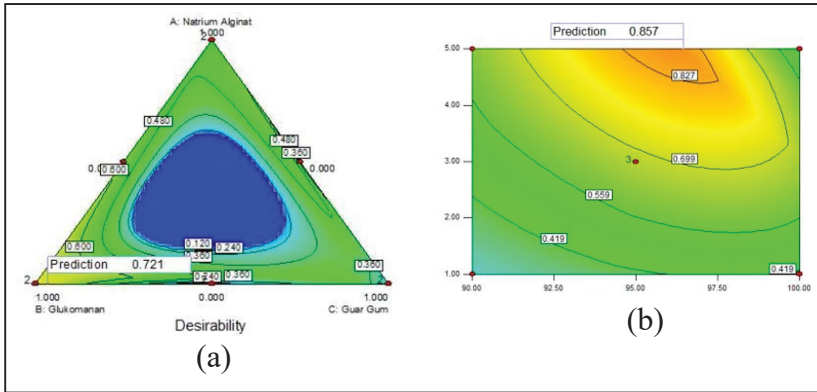
Optimasi formulasi dilakukan dengan menggunakan batasan waktu pemasakan berasan maksimal 5 menit agar dapat dikategorikan sebagai produk instan. Parameter yang diukur, selain waktu pemanasan, yaitu derajat gelatinisasi, indeks absorpsi air, dan indeks pengembangan. *Overlay* parameter dilakukan dengan menggunakan target waktu pemasakan 5 menit, derajat gelatinisasi maksimal, indeks absorpsi air maksimal, dan indeks pengembangan minimal. Hasil penentuan kondisi optimum dilakukan validasi dengan cara mengulang proses sebanyak lima kali pada kondisi optimum yang direkomendasikan, kemudian dibandingkan dengan *confidence interval* (CI) dengan taraf 95% untuk menentukan tingkat kesesuaian model. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai *desirability* sebesar 0,721, dengan penggunaan hidrokoloid glukomanan sebesar 0,96% dan *guar gum* sebesar 0,04% untuk menghasilkan produk berasan jagung

instan optimal. Hasil verifikasi masih termasuk di dalam rentang 95% CI sesuai Gambar 4.1(a) (Herawati, 2015).

Kombinasi optimasi teknologi ekstrusi dilakukan untuk menghasilkan berasan instan dari tepung jagung sehingga memiliki karakteristik produk terbaik. Optimasi parameter kombinasi suhu mesin ekstruder dan waktu *steaming* atau pengukusan dapat dilakukan untuk menghasilkan berasan dengan kategori instan. Penentuan rentang suhu yang dapat digunakan untuk rancangan metode optimasi dilakukan untuk meminimalisasi hasil produk di luar karakteristik, misalnya produk tidak mengalami *puffing* sehingga memiliki bentuk layaknya beras (Herawati et al., 2013).

Pendekatan rancangan *respons surface method* (RSM) dan *software DX 7* digunakan untuk optimasi proses ekstrusi (Herawati, 2015). Dalam riset yang dilakukan untuk proses optimasi pembuatan berasan jagung, digunakan perlakuan suhu ekstruder dan waktu *steaming* atau pengukusan. Sementara itu, respons yang diukur adalah waktu pemasakan, derajat gelatinisasi, indeks absorpsi air, dan indeks pengembangan. Parameter waktu pemasakan dan parameter lainnya di-*overlay* pada *software* untuk menghasilkan produk yang optimal (Herawati, 2015). Hasil simulasi *software* berupa profil *contour plot* digunakan untuk pendekatan optimasi teknologi formulasi-ekstrusi berasan dari tepung jagung. Proses optimasi dengan menggunakan pendekatan *software* sebagaimana tertera pada Gambar 4.1 (b).





Keterangan: (a) *Plotting overlay* hasil optimasi *mixture design* aneka hidrokoloid untuk berasan jagung; (b) *Plotting overlay* hasil optimasi parameter proses RSM berasan jagung  
 Sumber: Herawati (2015)

**Gambar 4.1** Hasil *overlay mixture design* untuk formulasi dan *overlay* RSM untuk optimasi proses pembuatan berasan jagung.

Pada proses optimasi pembuatan berasan menggunakan tepung jagung berdasarkan hasil *overlay* software DX 7, diperoleh nilai *desirability* sebesar 0,857 dengan rekomendasi temperatur pemanasan ekstruder 96°C dan waktu pengukusan selama 5 menit. Kondisi proses tersebut dapat menghasilkan waktu pemasakan 5 menit, derajat gelatinisasi 75,65%, indeks absorpsi air 2,996 g/g, dan indeks pengembangan 155,65% (Herawati, 2015).

Berdasarkan hasil riset di atas, diketahui bahwa penggunaan *software* untuk mendukung optimasi proses formulasi dan ekstrusi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk berasan sesuai dengan karakteristik yang dikehendaki dan waktu

pemasakan yang memenuhi kategori instan. Teknik optimasi ini juga dapat diterapkan untuk memproduksi produk lainnya selain dari bahan baku tepung jagung serta bentuk olahan lain nonberasan, seperti pasta, termasuk mi, makaroni, dan spageti.

Penggunaan *software* dalam proses ekstrusi dapat mengoptimasi suhu ekstruder secara tepat sehingga produk berasan yang dihasilkan pada proses *hot extrusion* tidak mengalami *puffing* (Herawati et al., 2013c). Penambahan proses panas pada *hot extrusion* menjadi efektif dan efisien berdasarkan pendekatan metode optimasi formulasi dan ekstrusi sebagaimana tertera diatas.

Implementasi inovasi formulasi-ekstrusi dengan pendekatan *software* optimasi menggunakan panas atau *hot extrusion* diatas sesuai untuk agroindustri besar (Herawati et al., 2015; Herawati, 2012a; Herawati et al., 2013c). Sementara itu, pada pengembangan lebih lanjut, penggunaan aplikasi *software* dapat didukung dengan teknologi pencetakan yang lebih presisi, baik untuk *hot* maupun *cold extrusion*.

## **B. Studi Kasus Implementasi Teknologi Formulasi-Ekstrusi di Industri Kecil Menengah (IKM)**

Pengembangan inovasi teknologi formulasi-ekstrusi membutuhkan waktu adaptasi di masyarakat. Intervensi teknologi membutuhkan proses tahapan pengenalan, adaptasi, hingga pengembangan. Pengembangan produk hasil

teknologi formulasi-ekstrusi, seperti berasan dan mi *gluten free*, membutuhkan kelengkapan informasi mutu produk sehingga dapat mempercepat komersialisasi produk pada skala agroindustri.

Kelengkapan produk dengan penambahan komponen bumbu dalam paket produk mi *gluten free* menambah aspek kepraktisan guna meningkatkan preferensi konsumen (Herawati et al., 2020c). Penggunaan formula bumbu selayaknya bumbu mi instan komersial, dilakukan dengan memformulasikan bahan berupa garam, tepung bawang, gula, penguat rasa, dan *flavour*. Formulasi ini digunakan untuk menghasilkan komposisi dan cita rasa yang dapat diterima oleh panelis berdasarkan uji organoleptik. Analisis kadar NaCl dilakukan untuk mengetahui kadar asupan natrium sehingga masih dalam batas dapat diterima oleh konsumen secara komersial (Herawati et al., 2020c).

Analisis kelayakan merupakan faktor penting untuk hilirisasi dan komersialisasi produk. Konsep penghitungan nilai tambah (Herawati & Nurawan, 2007) dan komponen *feasibility study* digunakan untuk mengoptimalkan analisis tekno-ekonomi sebelum komersialisasi produk hasil inovasi (Herawati et al., 2020a; Herawati, 2009). Hasil analisis *feasibility* terhadap pengembangan agroindustri skala kecil mi *gluten free* dengan menggunakan teknologi *cold extrusion* di Cimahi diperoleh nilai B/C rasio 1,24; *return of investment* (ROI) 28%; dan *pay back periode* (PBP) 44 bulan. Adanya proses intervensi teknologi

melalui proses kepraktisan, seperti proses pembuatan produk instan juga dapat meningkatkan nilai tambah secara tersendiri (Herawati & Nurawan, 2008; Herawati et al., 2017). Peningkatan nilai tambah fungsional pada produk pangan tidak hanya menciptakan segmentasi tersendiri, tetapi juga dapat membuka segmentasi pasar untuk mengembangkan agroindustri pangan fungsional, seperti produk *gluten free* (Sunarmani & Herawati, 2014; Herawati, 2020).

Optimasi pemanfaatan produk samping untuk minimalisasi limbah dan mengoptimalkan kelayakan agroindustri menjadi alternatif dalam menjalankan pengembangan pangan lokal (Banurea et al., 2021; Herawati et al., 2020; Kamsiati et al., 2017). Pengolahan produk samping untuk pembuatan berasan tepung ubi kayu contohnya adalah pengolahan nori daun ubi kayu dan sagon rasi (Kamsiati & Herawati, 2020). Pengembangan bahan baku lokal ubi kayu secara terintegrasi hulu hilir dapat mengoptimalkan peran agroindustri di masyarakat (Herawati, 2018).

Teknologi berbasis presisi merupakan manajemen sistem informasi yang dapat mengintegrasikan strategi manajemen dan teknologi sehingga dapat mengefisienkan pemanfaatan sumber daya, guna mendapatkan hasil yang optimal. Teknologi presisi dapat diterapkan untuk meminimalisasi resiko di tingkat masyarakat (Herawati et al., 2020). Pola pendekatan agroindustri berbasis presisi merupakan pola pengembangan agroindustri 4.0 yang memanfaatkan *software* berbasis optimasi untuk pendekatan efektivitas dan efisiensi agroindustri.

Strategi pemasyarakatan produk hasil inovasi teknologi formulasi-ekstrusi dilakukan melalui mekanisme intervensi pola konsumsi. Intervensi dilakukan dengan menganalisis kondisi kesehatan masyarakat sebelum dan sesudah mereka mengonsumsi berasan dan mi ubi kayu (Herawati & Kamsiati, 2021). Analisis kesehatan meliputi berat badan, kadar gula darah, dan kolesterol. Proses intervensi pola konsumsi ini dilakukan dengan pendampingan tim kesehatan dari Puskesmas setempat. Berdasarkan hasil intervensi pola konsumsi berasan dan mi *gluten free* berbahan baku tepung ubi kayu di Cimahi Utara, ditemukan bahwa berasan dan mi *gluten free* yang dibuat dari tepung ubi kayu dapat menurunkan kadar gula darah dan kolesterol (Herawati & Kamsiati, 2021).

Aspek pemasaran produk hasil inovasi formulasi-ekstrusi membutuhkan analisis evaluasi pengembangan bisnis yang telah dilakukan. Untuk menghilirisasi produk bahan baku lokal, dibutuhkan identifikasi *Business Model Canvas* (BMC) untuk melihat peluang bisnis pada awal pengembangan dan pemasaran produk (Herawati et al., 2020b). Seiring dengan pengembangan produk, analisis BMC dapat dibuat dari status BMC *stage 0* sampai ke sekian kali sesuai dinamika pengembangan produk dan pasar. Analisis BMC pada produk mi *gluten free* di Kota Cimahi, dibuat dari status BMC *stage 0* (awal pengembangan) ke *stage 1*. Di Kampung Cireunde, terdapat pola pergeseran dari *Customer segment* yaitu *Business (B) to Customer (C)* ke wisatawan dengan segmen *B to B* tetap, yaitu untuk restoran pangan sehat dan rumah sakit.

Percepatan hilirisasi teknologi untuk pengembangan produk di masyarakat membutuhkan perangkat untuk meminimalisasi resiko dan mudah diakses. Perangkat *internet of things* (IOT) yang dilengkapi kapasitas untuk analisis fisibilitas peluang bisnis sangat penting dikembangkan (Herawati et al., 2021). Implementasi IOT (Herawati et al., 2021), *supply chain management* (SCM), dan *value chain management* (VCM) diterapkan untuk mengefisiensikan kinerja pengembangan pangan lokal (Soemantri et al., 2021). Beberapa kolaborasi dalam implementasi inovasi teknologi formulasi-ekstrusi telah tertuang dalam naskah perjanjian dengan pihak mitra, yaitu dengan Pemerintah Daerah (Pemda) Kota Cimahi (No. B.3155/HK. 230/H.10/11/ 2018) dengan ruang lingkup pengolahan ubi kayu, Pemda Kabupaten Maluku Tengah (No. B2271/HK.210/H/11/2018) tentang pemanfaatan inovasi untuk peningkatan ketahanan pangan, Kelompok Tani Setia (No. B-2382/HK.230/H.10/07/ 2019) mengenai pengolahan mi nusantara, pemberian hibah kepada kelompok Tani Desa Klangon, Madiun tentang pengolahan porang, dan PT Indonesia Agro Bisnis (166/V/KS/ 04/2023) mengenai teknologi pengolahan tepung porang dan olahannya.

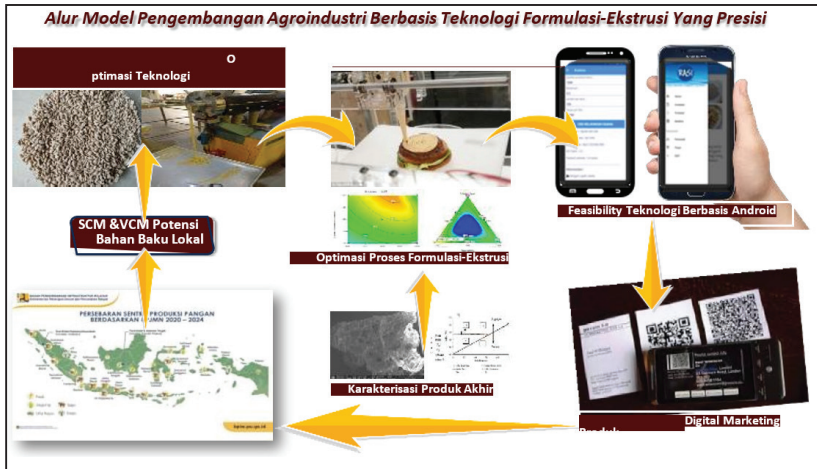
Integrasi inovasi teknologi formulasi-ekstrusi dengan parameter analisis kelayakan tekno-ekonomi dan evaluasi peluang bisnis dalam rangka percepatan pengembangan agroindustri pada tahap komersialisasi menjadi penting dengan basis presisi atau optimasi sumber daya terkait. Ketepatan

perhitungan dari aspek tekno-ekonomi dalam sebuah sistem yang terintegrasi menjadi kunci keberhasilan implemetasi inovasi teknologi formulasi-ekstrusi di masyarakat.

### **C. Pengembangan Agroindustri Berbasis Teknologi Formulasi-Ekstrusi**

Teknologi formulasi-ekstrusi dapat dimanfaatkan, baik oleh industri kecil maupun besar. Ketersediaan sumber energi sangat menentukan pilihan penggunaan teknologi *cold* (Herawati et al., 2015) atau *hot extrusion* (Herawati et al., 2015; Herawati et al., 2013; Herawati et al., 2014). Teknologi *hot extrusion* lebih sesuai digunakan oleh industri besar karena memiliki ketersediaan energi dan kapasitas produksi yang besar. *Cold extrusion* lebih cocok untuk industri kecil yang ketersediaan energi dan kapasitasnya lebih terbatas.

Implementasi teknologi formulasi-ekstrusi dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan agroindustri pangan ataupun nonpangan. Agroindustri pangan mencakup teknologi berasan, yaitu olahan mi dan pasta lainnya. Hal ini sejalan dengan berbagai program diversifikasi pangan bersumber bahan lokal. Implementasi teknologi formulasi-ekstrusi untuk produk pasta *gluten free*, termasuk mi, dapat dilakukan menggunakan mesin ekstruder yang sama untuk produksi berasan, yaitu dengan cara mengubah bentuk cetakan atau *die* nya (Kamsiati et al., 2019; Herawati & Kamsiati 2021b; Herawati et al., 2020d).



Sumber: Herawati (2015)

**Gambar 4.2** Alur model pengembangan agroindustri berbasis teknologi formulasi-ekstrusi yang presisi.

Ketepatan penggunaan bahan baku sesuai potensi daerah akan meningkatkan nilai tambah dan keunggulan komparatif bahan baku lokal setempat serta nilai fungsional produknya (Herawati & Kamsiati, 2021c). Konsep model pengembangan agroindustri berbasis teknologi formulasi-ekstrusi secara presisi dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Pada Gambar 4.2, dijelaskan bahwa wilayah di Indonesia yang memiliki potensi sumber bahan baku lokal dapat diidentifikasi peluang pengembangannya dengan pendekatan *supply chain management* (SCM) dan *value chain management* (VCM). Hasil identifikasi tersebut menjadi peluang optimasi pemanfaatan sumber bahan lokal sehingga dapat digunakan



untuk produk yang memiliki nilai tambah lebih tinggi dengan mengimplementasikan inovasi teknologi formulasi dan ekstrusi. Optimasi implementasi teknologi dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan rancangan serta *software* optimasi. Karakterisasi produk menjadi parameter penting untuk mengidentifikasi kelayakan produk sehingga dapat diterima oleh konsumen secara komersial.

Unit operasional produksi yang terintegrasi dengan sistem kelayakan dapat diidentifikasi dengan menggunakan analisis fisibilitas kelayakan tekno-ekonomi yang terintegrasi dengan sumber input dan peluang pasar dalam bentuk *software* aplikasi berbasis android (Herawati et al., 2021). Teknik komersialisasi dan pemasaran produk berbasis sistem *online* akan memperluas jangkauan distribusi produk menjadi lebih masif dan luas, baik nasional maupun global. Model pengembangan inovasi formulasi-ekstrusi dengan gambaran tersebut diharapkan dapat mempercepat dan memudahkan proses adopsinya di masyarakat.

## V. INOVASI TEKNOLOGI FORMULASI-EKSTRUSI UNTUK PENINGKATAN NILAI TAMBAH DAN DAYA SAING AGROINDUSTRI INDONESIA

Penggunaan teknologi formulasi-ekstrusi untuk agroindustri akan memberikan manfaat yang signifikan terhadap peningkatan nilai tambah dan daya saing bahan baku lokal pertanian Indonesia. Nilai tambah berupa aspek nutrisi dan kesehatan dapat ditingkatkan melalui produk hasil inovasi yang dikembangkan di masyarakat (Herawati & Kamsiati, 2021c). Produk inovasi teknologi formulasi-ekstrusi dengan bahan baku lokal tanpa kandungan gluten (*gluten free*) memiliki keunggulan, yaitu dapat mencegah penyakit radang saluran pencernaan (*celiac disease*) dan alergi terhadap gluten, seperti autisme. Aplikasi teknologi formulasi-ekstrusi tidak hanya digunakan untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saing produk pangan, tetapi juga dapat dikomersialisasi dalam skala agroindustri yang lebih besar. Teknologi ini dikembangkan untuk mengolah bahan baku lokal dalam rangka menekan impor gandum. Kemandirian bangsa akan lebih kuat dengan meningkatnya nilai tambah dan daya saing agroindustri berbasis produk pangan lokal.

Implementasi strategi inovasi teknologi formulasi-ekstrusi untuk produk nonpangan di antaranya untuk menekan penggunaan plastik sintesis yang sulit terurai dalam jangka panjang yang dapat dilakukan melalui proses peletisasi bioplastik (Iftekar et al., 2023). Campuran pati dari bahan

lokal dan tambahan seperti polimer atau monomer (asam laktat dan hidroksi alkanolat), *plasticizer*, serta pewarna yang diolah dengan mesin ekstruder pada suhu 100–160°C digunakan untuk menghasilkan pelet bioplastik (Kamsiati et al. 2017). Dampak dari hal tersebut adalah isu kerusakan lingkungan akan menurun dengan adanya penggunaan bioplastik secara intensif dalam rangka untuk mengoptimasi pemanfaatan produk samping sehingga meningkatkan nilai tambah proses dan produk agroindustri di Indonesia.

Teknologi formulasi-ekstrusi juga banyak dimanfaatkan untuk memproduksi komponen pengondisi udara, material sensor, *biocarrier*, dan komponen *nano environmental monitoring systems* (nEMoS) (Crisostomo & Dizon, 2021). Implementasi teknologi formulasi-ekstrusi makin berkembang di sektor agroindustri dan sektor lain yang didukung oleh agroindustri seperti kesehatan, farmasi, ataupun sektor strategis lainnya (Gander et al., 2023). Pengembangan di sektor riil masih membutuhkan dukungan dari seluruh *stakeholder* terkait, baik di tingkat pusat, daerah, ataupun swasta. Implementasi teknologi formulasi-ekstrusi untuk pengembangan produk pangan melalui diversifikasi bahan baku lokal perlu diprioritaskan dibandingkan untuk industri nonpangan. Hal ini erat kaitannya dengan kebutuhan primer manusia berupa pangan sebagai kebutuhan utama.

Inovasi teknologi formulasi-ekstrusi berpotensi menekan impor beras yang cukup besar seperti pada tahun 2023, yaitu

sebesar 3,06 juta ton atau naik 6 kali lipat dari tahun sebelumnya. Demikian pula dengan impor gandum yang pada tahun 2023 mencapai sebesar 10,5 juta ton (BPS, 2024). Kontribusi inovasi teknologi formulasi-ekstrusi dapat membantu program diversifikasi pangan melalui pendayagunaan bahan baku lokal sehingga menurunkan tingkat ketergantungan impor bahan pokok seperti beras dan gandum sekaligus menghemat devisa negara. Kebijakan pemerintah terkait dengan impor beras dan gandum serta konsistensi terhadap dukungan agroindustri pangan berbasis bahan lokal akan menjadi pendorong percepatan pengembangan teknologi formulasi-ekstrusi. Kontribusi teknologi formulasi-ekstrusi akan lebih optimal dengan adanya kebijakan insentif pajak dan fasilitasi program Kredit Usaha Rakyat (KUR) bagi industri kecil menengah.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## VI. KESIMPULAN

Riset dan pengembangan teknik formulasi yang diintegrasikan dengan teknologi ekstrusi telah menghasilkan inovasi produk berasan dan olahan pengganti gandum berbahan baku lokal. Teknologi formulasi dan ekstrusi terbukti dapat merekayasa bahan baku lokal menjadi bahan yang berkarakteristik layaknya beras dan pasta gandum. Pemanfaatan teknologi ini berkontribusi dalam menjawab permasalahan tingginya kebutuhan beras dan gandum akibat perubahan pola konsumsi makan yang terjadi pada beberapa tahun terakhir. Teknologi tersebut akan meningkatkan nilai tambah dan keunggulan komparatif berbagai bahan lokal pengganti beras dan gandum yang kemudian dapat menekan impor beras dan gandum serta mengurangi ketergantungan nasional terhadap dua bahan pokok tersebut.

Implementasi teknologi formulasi dan ekstrusi memungkinkan untuk pengembangan agroindustri secara lebih luas dan kuat karena bahan baku yang digunakan tidak lagi terbatas pada beras dan gandum saja, tetapi semua potensi bahan baku lokal yang jumlah dan jenisnya melimpah di Indonesia. Dengan demikian, jenis agroindustri yang dapat memanfaatkan keanekaragaman hayati Indonesia makin luas, mulai dari industri mikro, kecil, menengah, hingga besar, baik untuk produk pangan maupun nonpangan. Besarnya potensi bahan baku dan luasnya

Buku ini tidak diperjualbelikan.

peluang aplikasi yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai skala industri akan makin meningkatkan nilai tambah dan daya saing serta ketahanan agroindustri Indonesia. Hal ini diperkuat dengan adanya inovasi teknologi *cold extrusion* untuk mendukung industri kecil menengah dan *hot extrusion* untuk industri besar.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## VII. PENUTUP

Penerapan teknologi formulasi-ekstrusi sebagai salah satu inovasi unggulan kompetitif agroindustri pangan dan nonpangan perlu dilakukan secara lebih luas dan intensif. Pengembangan inovasi teknologi ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk mendukung berbagai program diversifikasi pangan berbasis bahan baku lokal sesuai dengan Keputusan Menteri Pertanian No. 338/KPTS/HK.000/05/2018. Peningkatan nilai tambah dan daya saing bahan baku lokal yang didapatkan melalui inovasi teknologi formulasi-ekstrusi akan mendorong pengembangan agroindustri di Indonesia.

Dukungan kebijakan dan peran aktif seluruh *stakeholder* seperti Kementerian Pertanian, Badan Pangan Nasional (Bapanas), kementerian terkait, pemerintah daerah maupun swasta, termasuk lembaga penelitian di lingkungan Badan Riset Inovasi dan Nasional dan Lembaga Perguruan Tinggi sangat dibutuhkan untuk pengembangan teknologi ini. Riset yang telah dilakukan dan inovasi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan dan dikembangkan untuk mendukung ketahanan dan kedaulatan pangan nasional sebagaimana program pemerintah sesuai dengan Keputusan Menteri Pertanian No.118/KPTS/HK.300/M/ 2/2021.



Bonus demografi bagi Indonesia dapat menjadi peluang pemanfaatan dan pengembangan teknologi formulasi-ekstrusi. Penduduk dengan proporsi usia muda lebih banyak menjadi pasar yang sangat besar bagi produk teknologi ini. Preferensi konsumsi kaum muda terhadap makanan yang lebih sehat, beragam, dan bergizi dapat dengan mudah dirancang dan diproduksi secara masif serta cepat. Peningkatan konsumsi dan produksi akan berdampak pada berkembangnya usaha tani dan agroindustri skala kecil dan menengah di berbagai daerah dengan berbasis bahan lokal setempat.

Selain itu, terdapat beberapa tantangan yang dihadapi, yakni terkait pengembangan sistem otomatisasi, sistem pengintegrasian teknologi formulasi, dan ekstrusi yang makin menyatu dengan basis *smart system*. Perkembangan teknologi presisi, *printer* 3 dimensi (3D) dan 4 dimensi (4D), *internet of things* (IOT), *artificial intelligence* (AI), *big data*, dan *machine learning* yang makin maju dapat menjadi peluang sekaligus tantangan yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan teknologi ini dan agroindustri Indonesia.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang pertama diucapkan kepada Presiden Republik Indonesia, Joko Widodo; Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, Prof. Dr. Laksana Tri Handoko; Wakil Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc., DESD., ASEAN Eng.; Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Gadis Sri Haryani; Sekretaris Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Ir. Wimpie Agoeng Noegroho Aspar, MSCE., Ph.D.; Tim Penelaah Naskah Orasi: Prof. Dr. Ir. Lamhot Parulian Manalu, M.Si, Prof. Dr. Ir. Sri Widowati, M.App.Sc., Prof. Dr. Ir. Feri Kusnandar, M.Sc.; Sekretaris Utama Badan Riset dan Inovasi Nasional, Nur Tri Aries Suestiningtyas, M.A.; dan Kepala Biro Organisasi dan Sumber Daya Manusia, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Ratih Retno Wulandari, Sos., M.Si.

Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Kepala Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Dr. Ir. Puji Lestari, M.Si.; Kepala Pusat Riset Agroindustri, Mulyana Hadipernata, STP. M.Sc. Ph.D. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh Profesor Riset di Pusat Riset Agroindustri atas bimbingannya, serta semua kolega dan mitra kegiatan penelitian dan pengembangan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada peneliti satu tim kegiatan penelitian: Elmi Kamsiati, STP. M.Si.; Ir. Sunarmani, M.Si.; Dr. Iceu Agustinisari, STP. M.Si.; Ketua Kelompok Riset, Dr. Ir. Christina Winarti, MA; dan Bapak Ibu Peneliti lainnya; serta teknisi terkait pendukung kegiatan penelitian.

Ucapan terima kasih khusus kepada keluarga saya, suami saya, Muchamad Bachtiar, STP. M.M.; putra tercinta, yaitu Muhamad Al Matin Ibnu Sina dan Muhamad Basith Al Kawarizmi; atas doa dan dukungan yang selalu diberikan sampai dengan kesuksesan saat ini yang telah dicapai.

Ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada Ayahanda, Haji Mohamad Tohir; dan Ibunda tercinta, Hajjah Umi Mahmudah; yang telah melahirkan dan mendoakan saya di setiap sujudnya. Terima kasih kepada Bapak mertua, Haji Muchtadi (alm.); dan Hajjah Neny Haryati atas dukungan dan doanya. Terima kasih yang tak terhingga diucapkan kepada Kakanda, Herdiana (alm.); dan adinda, Ninuk Herlianti, S.E.; atas dukungan dan doa yang selalu dipanjatkan serta persaudaraannya. Tak lupa kami sampaikan terima kasih kepada saudara ipar: Makruf Basiron, Indra Yuliana Santoso, Aulia Rahman, Vini Isyana, Yusuf Adi Wijaya, dan Yeni Efendi.

Lembaga beasiswa PPA (Peningkatan Prestasi Akademik), BBM (Bantuan Belajar Mahasiswa), Peneliti Berprestasi, LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan). Bapak Ibu guru, pembimbing S-1, S-2, dan S-3. Terima kasih juga disampaikan kepada penyandang dana kegiatan penelitian yang selama ini banyak memberikan kontribusi dan publikasi sehingga saya dapat mencapai capaian hingga saat ini.

Doa dan rasa syukur kami panjatkan ke hadirat Allah *subhānahu wa ta'āla* atas diberikannya keselamatan, keberkahan dan segala pencapaian yang telah diperoleh. Sholawat dan salam kami panjatkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad saw.

## DAFTAR PUSTAKA

- Banurea, I. R., Setyawan, N., Yuliani, S., **Herawati, H.**, & Hoerudin. (2021). Utilization of rice husk silica as solid catalyst in the transesterification process for biodiesel production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 739(1).
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Impor beras menurut negara asal utama, 2017–2023*. Diakses pada 20 Maret 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MTA0MyMx/impor-beras-menurut-negara-asal-utama-2017-2023.html>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Impor biji gandum dan meslin menurut negara asal utama, 2017–2023*. Diakses pada 20 maret 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjAxNiMx/impor-biji-gandum-dan-meslin-menurut-negara-asal-utama--2017-2023.html>
- Budijanto, S., & Yuliyanti. (2012). Studi persiapan tepung sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) dan aplikasinya pada pembuatan beras analog. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(3), 177–186.
- Budi, F. S., Hariyadi, P., Budijanto, S., & Syah, D. (2013). Review teknologi proses ekstrusi untuk membuat beras analog. *PANGAN*, 22(3), 264–274.
- Crisostomo, J. L. B., & Dizon, J. R. C. (2021). 3D Printing applications in agriculture, food processing, and environmental protection and monitoring. *ASSET*, 3(2), 1–11.
- Dinarki, A., Waluyo, S., & Warji. (2014). Uji karakteristik fisik beras analog berbahan dasar tepung talas dan tepung onggok. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(2), 155–162.
- Ekafitri, R. (2010). Teknologi pengolahan mie jagung: upaya menunjang ketahanan pangan Indonesia. *PANGAN*, 19(3), 283–293.

- Rahman, F. (2021). “BERTUMBUH DAN MENGAKAR” SEJARAH PEMBUDIDAYAAN KETELA POHON DI INDONESIA. *METAHUMANIORA*, 222–235.
- Gander, C., Shi, K., Nokhodchi, A., & Lam, M. (2023). A Review of the benefits 3D printing brings to patients with neurological diseases. *Pharmaceutics*, 15(3), 892.
- Herawati, H.**, & Nurawan, A. (2007). Peningkatan nilai tambah produk teh hijau rakyat di kecamatan Cikalong Wetan Kabupaten Bandung. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 10(30), 241–249.
- Herawati, H.**, & Nurawan A. (2008). Teh instan sebagai alternatif produk olahan teh hijau. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 11(1), 61–67.
- Herawati, H.** (2008). Penentuan umur simpan pada produk pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(4), 124–130.
- Herawati, H.** (2010a). Potensi pengembangan produk pati tahan cerna sebagai pangan fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 30(1), 31–39.
- Herawati, H.** (2010b). Standarisasi pati termodifikasi untuk produk pangan. *PPIS Prosiding*.
- Herawati, H.**, Widiassa, I.N., & Permanasari, D. (2010). Nilai derajat substitusi pati ester dari beberapa metode pengolahan. *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, 1–6.
- Herawati, H.**, Widiawa, I.N., & Kendriyanto, D. (2010). Modifikasi asam suksinat-gelombang pendek untuk produksi tapioka suksinat. *Agritech*, 30(4), 223–230.
- Herawati, H.**, Suhartono, M.T., & Purwani, E.Y. (2010). Mempelajari pati resisten dari bahan baku sagu dan beras sebagai substrat pertumbuhan *Clostridium butyricum* BCC B2571. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pascapanen Pertanian*.

- Herawati, H.,** Arif, A.B., Oktaviani, K., & Widowati, S. (2012). Karakteristik beras artifisial berbasis ubi kayu dan kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Pertanian III*.
- Herawati, H.,** Widiassa, I.N, & Kendriyanto. (2012). Effect of succinic acid and acetic acid concentrations on chemical and physical characteristics of esterified tapioca. *Proceeding International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security Challenges and Opportunity*.
- Herawati, H.** (2012a). Nano crystalline starch and its alternatif implementation. *International Conference on Chemical and Material Engineering*, 1–9.
- Herawati, H.** (2012b). Teknologi proses produksi food ingredient. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(12), 68–76.
- Herawati, H.,** Kusnandar, F., Adawiyah, D. R., & Budijanto, S. (2013). Teknologi proses pembentukan butiran beras artifisial instan dengan metode ekstrusi. *Jurnal Pangan*, 22(4), 317–328.
- Herawati, H.,** Kusnandar, F., Adawiyah, D. R., & Budijanto, D. S. (2014). Teknologi proses produksi beras tiruan mendukung diversifikasi pangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 32(2), 87–94.
- Herawati, H.,** Kusnandar, F., Adawiyah, D. R., Budijanto, S., & Rahman, M. S. (2014). Thermal characteristics and state diagram of extruded instant artificial rice. *Thermochimica Acta*, 593, 50–57.
- Herawati, H.** (2015). *Optimasi proses, profil isothermis sorpsi air dan analisis termal beras tiruan instan*. IPB Press, Bogor.
- Herawati, H.,** Kusnandar, F., Budijanto, S., & Adawiyah, D.R. (2015). Moisture sorption isotherm profile and shelf life analysis of instant artificial rice. *Proceeding International Workshop and Conference on Agricultural Postharvest Handling and Processing*.

- Herawati, H., Kusnandar, F., Budijanto, S., & Adawiyah, D.R.** (2016). Optimisation process of twin screw extruder technology for instant artificial rice production. *Proceeding International Food Conference*.
- Herawati, H. & Sunarmani** (2016). Karakteristik fisiko kimia simping bebas gluten dan tanpa kolesterol. *Prosiding Seminar Nasional dalam Rangka Dise Natalis ke 53 Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya*.
- Herawati, H. & Sunarmani** (2016). Gluten-free noodle and pasta process production technology. *Proceeding International Food Conferences 2016 "Innovation of Food Technology To Improve Food Security and Health*.
- Herawati, H., Yuliani, S., Widaningrum, & Hidayat, T.** (2017). Production process technology and its characteristics of probiotic instant chocolate drink. *Proceedings of The International Food Research Conference 2017*, (June), 25–27.
- Herawati, H., Sunarmani, & Kamsiati, E.** (2017). *Teknologi produk gluten free sehat dengan gluten free*. IPB Press.
- Herawati, H.** (2018). Agribisnis ubi kayu untuk mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Dalam *Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan: Agenda Inovasi Teknologi dan Kebijakan*. IAARD Press.
- Herawati, H., Munarso, S.J., Kamsiati, E., Sunarmani, Setiabudi, F., Wahyudi, M., Chaerani, C., Triyono, M., & Suryadi, I.** (2019). *Proses Produksi Tepung Hidrokoloid Ubi kayu* (Nomor Paten IDS000002130). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual.
- Herawati, H., Kamsiati, E., & Abubakar.** (2019). Influence of peanut flour addition on rasi process production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 309(1).
- Herawati, H., Kamsiati, E., Sunarmani., & Abubakar.** (2019). *Teknologi berasan berbasis pangan lokal*. IPB Press.

- Herawati, H. & Kamsiati, E.** (2020). Potensi umbi minor di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia XXXIX*.
- Herawati, H.** (2020). Bahan Pangan Potensial untuk Anti Virus dan Imun Booster. Dalam *Buku Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian*. (1–110).
- Herawati, H., Kamsiati, E., Nasrullah, Saffah, M. & Mofita, M.** (2020). Formula dan proses spaghetti mengandung vitamin dan mineral (Nomor Paten P00202009786). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual.
- Herawati, H., Munarso, S.J., Kamsiati, E., Soemantri, A.S., Sunarmani, & Sukasih, E.** (2020). Proses produksi mie gluten free berbahan dasar ubi kayu (Nomor Paten IDP000070247). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual.
- Herawati, H., Munarso S. J., Kamsiati, E., Sunarmani, Abu Bakar, Soemantri, Soemantri, A.S., & Sukasih, E.** (2020). Proses produksi pasta makaroni ubi kayu bebas gluten (Nomor Paten IDS000002783). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual.
- Herawati, H. & Kamsiati E.** (2020). Production process technology and characteristics of cassava nori. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 443, 012033.
- Herawati, H., Kamsiati, E., & Bachtiar, M.** (2020a). Canvas business and feasibility model of cassava gluten-free noodle processing in Cirendeuh Village. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 443(1).
- Herawati, H., Kamsiati, E., & Bachtiar, M.** (2020b). Effect of formulation technology on characteristics and prices of cassava instant noodles seasoning gluten-free. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 519(1).
- Herawati, H., Kamsiati, E., & Bachtiar, M.** (2020c). Modification of process and formulations technology to the characteristics of hanjeli gluten free noodles. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 519(1).



- Herawati, H., Kamsiati, E., Widyaputri, S., & Sutanto.** (2020). Physic-chemical characteristic of nata de coco. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 458(1).
- Herawati, H., Hernani, Yuliani, S., & Setyawan, N.** (2021). Production and physicochemical characterization of modified tapioca. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1).
- Herawati, H., & Kamsiati, E.** (2021a). Characteristics of various flour and gluten-free noodles from Indonesian local food. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 803(1).
- Herawati, H., Soemantri, A. S., Kamsiati, E., & Bachtiar, M.** (2021). Shortening the local food supply chain management in Indonesia based on IoT (Internet of Things). *Proceedings of the Business Innovation and Engineering Conference 2020 (BIEC 2020)*, 184 (Biec 2020), 188–191.
- Herawati, H., & Kamsiati, E.** (2021b). Consumption pattern intervention on cassava artificial rice and gluten-free noodles. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 892(1).
- Herawati, H., & Kamsiati, E.** (2022). The Effects of some additives on characteristics RVA profile of cassava flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1041(1).
- Herawati, H., Soemantri, A. S., Kamsiati, E., & Bachtiar, M.** (2022). Android-based feasibility study transformation analysis case study of the RASI development in Cirendeuh-Kampung Cimahi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1041(1).
- Herawati, H., Kamsiati, E., Sunarmani, Abubakar, & Adom, M.G.** (2022). Beras artificial dengan penambahan rasa dan metode Produksinya (Nomor Paten IDP000081669). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual.
- Herawati, H., Haliza, W., Rahmadhani, M., Eris, F.R., & Widowati, S.** (2023). Production process technology and physic-chemical

- characterization of beneng taro flour. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1172(2023), 012048, 1–8.
- Iftekar, S. F., Aabid, A., Amir, A., & Baig, M. (2023). Advancements and limitations in 3D printing materials and technologies: A critical review. *Polymers*, 15(11), 2519..
- Kamsiati, E., **Herawati, H.**, & Purwani, E. Y. (2017). The Development potential of sago and cassava starch-based biodegradable plastic in Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 67.
- Kamsiati, E. & **Herawati, H.** (2019). Peningkatan kualitas tepung ubi kayu melalui teknologi modifikasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pascapanen, Asosiasi Teknologi Pascapanen Indonesia*.
- Kamsiati, E., **Herawati, H.**, & Sunarmani. (2019). Influence of glycerol mono stearate and guar gum on quality characteristics of gluten-free macaroni from cassava. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 309(1), 0–9.
- Kamsiati, E., & **Herawati, H.** (2020). Effect of process parameters to the characteristics of cassava rice sagon. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 443(1).
- Kamsiati, E., Rahayu, E., & **Herawati, H.** (2021). Pengaruh konsentrasi binder dan lama waktu pengukusan terhadap karakteristik mi sorgum bebas gluten. *Agrointek*, 15(1), 134–145.
- Kamsiati, E., Widowati, S., & **Herawati, H.** (2022). Utilization of porang flour for producing tapioca based gluten-free noodles and characteristics of the product. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1024(1).
- Lukyani, L. (2023, 27 Juli). Terbuat dari Apa Mi Berusia 4.000 Tahun yang Ditemukan di China?. *Kompas*. <https://www.kompas.com/sains/read/2023/07/27/170000823/terbuat-dari-apa-mi-berusia-4.000-tahun-yang-ditemukan-di-china->

- Mishra, A., Mishra, H. N., & Srinivasa, R.P. (2012). Preparation of rice analogues using extrusion technology. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(9), 1789–1797.
- Nurhayati. (2019). Modifikasi pati secara asetilasi dan aplokasinya pada pembentukan film. *Jurnal AGROTEK*, 6(2), 100–109.
- Prabha, K., Ghosh, P., Abdullah, S., Joseph, R. M., & Krishnan, R. (2021). Recent development, challenges, and prospects of extrusion technology recent development, challenges, and prospects of extrusion technology. *Future Foods*, 3(February), 100019.
- Purwani, E.Y., Suhartono, M.T., & **Herawati, H.** (2010). Ubi jalar varietas sukuh berpotensi sebagai bahan baku RS (*Resistant Starch*) tipe 3. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pascapanen Pertanian*. Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian.
- Ren, L., Li, W., Liu, H., Li, B., Zhou, X., Ren, L., & Han, Z. (2023). Rotational co-extrusion 4D printing of heterogeneous filaments to enable sophisticated shape morphing. *Additive Manufacturing*, 73(February), 103661.
- Singh, B., Sharma, C., & Sharma, S. (2017). *Fundamentals of extrusion processing. Novel Food Processing Technologies*. New India Publishing Book.
- Soemantri, A. S., Kamsiati, E., & **Herawati, H.** (2021). Analysis of added value on the porang supply chain in Klangon Village, Madiun District. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 892(1).
- Sunarmani, **Herawati, H.**, & Alamsyah, N. A. (2014). Leukocytes and immunoglobulin levels in blood of sprague dawley rats FED with virgin coconut oil's emulsion drink. *Proceeding of The International Conference on Agrocultural Postharvest Handling and Processing (ICAPHP)*.
- Sunarmani & **Herawati, H.** (2016). Pengaruh kadar air, tepung dan pati terhadap karakteristik simping bebas gluten. *Prosiding Seminar Nasional dalam Rangka Dise Natalis ke 53 Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya*.

- Sunarmani & **Herawati, H.** (2018). Production of non wheat flour and dietary fiber enriched semprong. *Proceeding International Conference Food Innovation: AEC Challenges*.
- Wang, J.P., An, H.Z., Jin, Z.Y., Xie, Z.J., Zhuang, H.N., & Kim J.M. (2011). Emulsifiers and thickeners on extrusion- cooked instant rice product. *Journal of Food. Science Technology*.
- Widowati, S., & Damardjati, D.S. (2001). Menggali sumberdaya pangan lokal dalam rangka ketahanan pangan. *PANGAN*, 10(36), 3–10.
- Widowati, S. (2020). Kajian teknologi tepung kasava: prospek dan kendala pemanfaatan untuk industri pangan berbasis tepung. *Jurnal Pangan Halal*, 2(2), 73–78.
- Yudanti, Y. R., Waluyo, S., & Tamrin. (2015). Pembuatan beras analog berbahan dasar tepung pisang (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(2), 117–126.
- Zhen, H., Zhao, B., Quan, L. & Fu, J. (2023). Effect of 3D printing process parameters and heat treatment conditions on the mechanical properties and microstructure of PEEK Parts. *Polymers*, 15(9), 2209.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## DAFTAR PUBLIKASI

### Buku Nasional

1. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., & Sunarmani. (2017). *Teknologi Produk Gluten Free, Sehat Dengan Gluten Free*. IPB Press.
2. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., & Sunarmani. (2019). *Teknologi Berasan Berbasis Pangan Lokal*. IPB Press.

### Bagian dari Buku Nasional

3. **Herawati, H.** (2018). Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan: Agenda Inovasi Teknologi dan Kebijakan (Bunga Rampai). IAARD Press.
4. Widowati, S., Juniawati, **Herawati, H.** (2020). Peran Ketersediaan Teknologi Pengolahan Berbasis Aneka Kacang pada Era Pandemi Covid 19. IAARD Press, Jakarta.
5. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Soemantri, A.S. (2020). Pendekatan Sistem Presisi Untuk Model Agroindustri Ubi kayu. IAARD Press, Jakarta.
6. Sasmita, P., Syamsuri, P., **Herawati, H.**, et al. (2021). Buku Juknis Porang. Puslitbangtan, ISBN 978-979-1159-80-7.
7. Syamsuri, P., Marlina, L., Winarti, C., Widowati, S., Yuliani, S., Usmiati, S., **Herawati, H.**, Kailaku, S.I., Kamsiati, E., Hayuningtyas, M. (2021). Buku Saku Bahan Pangan Potensial Untuk Anti Virus dan Imun Booster. BB Litbang Pascapanen Pertanian.

## Jurnal Internasional

8. **Herawati, H.**, Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., Budijanto, S., Rahman, M.S. (2014). Thermal characteristics and state diagram of extruded instant artificial rice. *Thermochimica Acta*, 593, 50–57.
9. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Sunarmani, Munarso, S.J., Supriyatna, I., Aminingsih. T. (2021). Hydrolytic and Transglycolation Characteristics of *Xanthomonas campestris* and *Bacillus megaterium* in Several Substrates. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 11, (1), 172–178.
10. **Herawati, H.**, Sunarmani, Kamsiati, E. (2021). Formulation of Food Ingredients (Peanut Flour, Egg Yolk, Egg White, and Guar Gum) to The Characteristics of Gluten-Free Noodles. *International Journal of Technology*, 12(3), 602–612.
11. Bachtiar, M. & **Herawati, H.** (2022). Indonesia Local Fermentation Functional Food Development Strategy in The Era of Pandemic Covid 19. *Journal of Islamic, Social, Economics and, Development (JISED)*, 7(47), 22–29.
12. Pratiwi, R.D., Rosydi, V.A., Zanjabila, S., Dewi, K.S., Novandra, R., Desvina, D., **Herawati, H.** (2022). Sensory evaluation of flavoring agent addition in soy-based beverage. *Pharmacy Reports*, 2(1).
13. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Afifah, D.N., Kusumaningtyas, E., Bachtiar, M., Sunarmani, Agustinisari, I. (2023). Characteristics of GABA (Gamma Amino Butyric Acid), antioxidant and sensory quality of modified Tempeh. *International Journal of Food Properties*, 26(2), 3532–3543.
14. **Herawati, H.**, Rahayu, E., Khamidah, A., Fetriyuna, Agustinisari, I., Kurniasari, I., Hastuti, N., Eris, F.R., Kusnandar, F., Bachtiar, M., Suhirman, S., Misgiyarta, Harimurti, N. (2023). Application of Hydrocolloids For Gluten-Free Breads And Impact On Their Rheological Properties: Bibliometric Study. *Journal Of Southwest Jiaotong University*, 58(6).

15. **Herawati, H.**, Fetriyuna, Agustinisari, I., Kurniasari, I., Hastuti, N., Eris, F.R., Kusnandar, F., Bachtiar, M. (2024). Applications of Hydrocolloids and Its Effects on Physicochemical Characteristics of Gluten-Free Bread from Corn and Rice Flour. *Sains Malaysiana*, 53(2), 321–333.

### **Jurnal Nasional**

16. Kusbiantoro, B., **Herawati, H.**, & Ahza, A.B. (2005). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Penstabil terhadap Mutu Produk Velva Labu Jepang. *J. Hort*, 15(3), 223–230.
17. **Herawati, H.**, Nurawan, A. (2008). Pengkajian Penggunaan Gunting Petik Pada Komoditas Teh di Kecamatan Cikalong Wetan-Kabupaten Bandung. *Jurnal Industri Teknologi Pertanian (Teknotan)*, 2(3), 25286285.
18. **Herawati, H.** (2008). Penentuan Umur Simpan Pada Produk Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(4).
19. **Herawati, H.** & Nurawan, A. (2008). Teh Instan sebagai Alternatif Produk Olahan Teh Hijau. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 11(1), 61–67.
20. **Herawati, H.** (2008). Mekanisme dan Kinerja Pada Sistem Perontokan Padi. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 6(2).
21. **Herawati, H.** & Nurawan, A. (2009) Pengkajian Penggunaan Gunting Petik Pada Komoditas The Di Kecamatan Cikalong Wetan-Kabupaten Bandung. *AGRITECH*, 29(1).
22. **Herawati, H.**, Widiassa, I.N., & Kendriyanto. (2010). Modifikasi Asam Suksinat Gelombang Pendek untuk Produksi Tapioka Suksinat. *AGRITECH*, 30(4).
23. **Herawati, H.**, Prasetya, T., Kendriyanto, & Nugraheni, D. (2010). Kajian Usaha Pengolahan Minyak Kelapa di Kabupaten



Purworejo. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 13(1), 63–72.

24. **Herawati, H.**, Histifarina, D. (2010). Pendugaan Umur Simpan Sirup Dan Minuman Cup Jeruk Sambal (*Citrus amblycarpa*). *Jurnal Industri Teknologi Pertanian (Teknotan)*, 4(1).
25. **Herawati, H.**, Widiassa, I.N., Kendriyanto. (2010). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Asam Terhadap Karakteristik Tapioka Ester Dengan Menggunakan Metode Pengering Oven. *Jurnal Industri Teknologi Pertanian (Teknotan)*, 4(2).
26. **Herawati, H.** (2011). Potensi Pengembangan Produk Pati Tahan Cerna Sebagai Pangan Fungsional. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(1), 31–39.
27. **Herawati, H.**, Widiassa, I.N. (2011). Karakterisasi Pati Ester Rantai Pendek (Pati Asetat dan Pati Suksinat). *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, 7(11), 41–47.
28. **Herawati, H.**, Widiassa, I.N., Kendriyanto. (2011). Pengaruh Beberapa Variabel Eksternal terhadap Nilai Derajat Substitusi Tapioka Termodifikasi. *Jurnal Industri Teknologi Pertanian (Teknotan)*, 5(3).
29. **Herawati, H.** (2012). Teknologi Proses Produksi Food Ingredient Dari Tapioka Termodifikasi. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(2).
30. **Herawati, H.**, Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., S. Budijanto Slamet. (2013). Teknologi Proses Pembentukan Butiran Beras Artifisial Instan dengan Metode Ekstrusi. *PANGAN*, 22(4), 317–328.
31. Arif, A.B., Setyadjit, Jamal, I.B., **Herawati, H.**, Suyanti. (2014). Pengaruh Penambahan Sari Cempedak terhadap Umur Simpan dan Nutrisi Sari Buah Nanas. *Jurnal Pascapanen*, 11(1), 30–38.
32. **Herawati, H.**, Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., Budijanto, S. (2014). Teknologi Proses Produksi Beras Tiruan Mendukung Diversifikasi Pangan. *J. Litbang Pert.*, 33(3), 87–94.

33. Kamsiati, E., **Herawati, H.**, Purwani, E.Y. (2017). Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubi kayu di Indonesia. *J. Litbang Pert.*, 36(2), 67–76.
34. **Herawati, H.** 2018. Potensi Hidrokoloid sebagai Bahan Tambahan pada Produk Pangan dan Non Pangan Bermutu. *J. Litbang Pert.*, 37(1), 17–25.
35. Kamsiati, E., Rahayu, E., **Herawati, H.** (2020). Pengaruh Blanching terhadap Karakteristik Daun Ubi Kayu Instan. *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, 16(1), 39–46.
36. Hasan, A.E.Z., **Herawati, H.**, Purnomo, Amalia, L. (2020). Fisiko Kima Madu Multiflora Asal Riau dan Potensinya sebagai Antibakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Chem. Prog.*, 13(2), 81–90.
37. Kamsiati, E., Rahayu, E., **Herawati, H.** (2021). Pengaruh Konsentrasi Binder dan Lama Waktu Pengukusan terhadap Karakteristik Mi Sorgum Bebas Gluten. *Jurnal Agrointek*, 15(1), 2527–5410.
38. Hasan, A.E.Z., **Herawati, H.**, Purnomo, Sari, R.R. (2021). Antioxidant Activity and Physicochemical Characterization of Honey of Regions in Indonesia. *Pharmacology*, 2, 223–233.
39. Kamsiati, E., **Herawati, H.** (2022). Pemanfaatan Bahan Pengikat Berbasis Ubi kayu Pada Pembuatan Patties Burger. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 19(1), 1–7.

### **Prosiding Internasional**

40. **Herawati, H.**, Widiassa, I.N., Kendriyanto. (2011). Effect of Succinic Acid and Acetic Acid Concentration on Chemical and Physical Characteristics of Esterified Tapioca. *International Conference on Food Security: Challenges and Opportunities*.

41. **Herawati, H.**, Yuliani, S., Harimurti, N. (2011). Emulsion of Natural Colourant from Sappan Wood (*Caesalpinia sappan L*) and Its Characterisation. *International Conference on Food Security: Challenges and Opportunities*.
42. **Herawati, H.**, Sunarmani, Yuliani, S. (2014). Characteristics of Fruit and Vegetable Puree as Raw Material of Edible Film. *Proceeding of ICAPHP*.
43. Sunarmani, **Herawati, H.**, Alamsyah, A.N. (2014). Leukocytes and Immunoglobulin levels in Blood of Sprague Dawley Rats Fed With Virgin Coconut Oils Emulsion Drink. *Proceeding of ICAPHP*.
44. **Herawati, H.**, Kusnandar, F., Budijanto, S., Adawiyah, D.R. (2016). Moisture Sorption Isotherm Profile and Shelf Life Analysis of Instant Artificial Rice. *Proceeding International Workshop and Conference on Agricultural Postharvest Handling and Processing*.
45. **Herawati, H.** & Sunarmani. (2016). Gluten Free Noodle and Pasta Process Production Technology. *Proceeding International Food Conference 2016..*
46. **Herawati, H.**, Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., Budijanto, S. (2016). Optimisation Process of Twin Screw Extruder Technology for Instant Artificial Rice Production. *Proceeding International Food Conference 2016*.
47. **Herawati, H.**, Yuliani, S., Widaningrum, Hidayat, T. (2017). Production Process Technology and Its Characteristics of Probiotic Instant Drink. *International Food Research Conference (IFRC) 2017*.
48. Sunarmani, **Herawati, H.** (2018). Production Non Wheat Flour and Dietary Fibre Enriched Semprong. *Proceeding International Conference Food Innovations: ASEAN Economics Community Challenges (AEC)*.

49. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Sunarmani, Munarso, S.J. (2018). Nano Xanthan Gum Process Production. *Proceeding ISBINARU*.
50. **Herawati, H.**, et al. (2019). Influence of Peanut Flour Addition on Rasi Process Production. *IOP Conference Series*.
51. Kamsiati, E., **Herawati, H.**, Sunarmani. (2019). Influence of Glycerol Mono Stearate and Guar gum on Quality Characteristics of Gluten Free Macaroni from Cassava. *IOP Conference Series*.
52. **Herawati, H.**, et al. (2019). Effect of Hormone Treatment, Coating Material and Ethylene Absorber on the Shelf Life of Mangosteen. *IOP Conference Series*.
53. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Sunarmani. (2019). Effect of process technology and coating material on the cassava stick characteristics. *IOP Conf. Series: Journal of Physics*, 1295.
54. **Herawati, H.** (2019). Hydrocolloids to The Effects of Gluten Free Bakery Products. *IOP Conf. Series: Journal of Physics*, 1295.
55. **Herawati, H.** (2019). Production Technology and Utilization of Nano Cellulose. *IOP Conf. Series: Journal of Physics*, 1295.
56. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Bachtiar, M. (2020). Canvas business and feasibility model of cassava gluten-free noodle processing in Cirendeuh Village. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 443.
57. **Herawati, H.**, & Kamsiati, E. (2020). Production process technology and characteristics of cassava nori. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 443.
58. **Herawati, H.**, et al. (2020). Effect of Formulation Technology on Characteristics and Prices of Cassava Instant Noodles Seasoning Gluten Free. *IOP Conference Series*.
59. **Herawati, H.** et al. (2020). Modification of Process and Formulations Technology To The Characteristics of Hanjeli Gluten Free Noodles. *IOP Conference Series*.

60. **Herawati, H.**, et al. (2020). Physic-chemical characteristic of nata de coco. *IOP Conference Series*.
61. Kamsiati, E., **Herawati, H.** (2020). Effect of process parameters to the characteristics of cassava rice sagon. *IOP Conference Series*.
62. **Herawati, H.**, Soemantri, A.S., Kamsiati, E., Bachtiar, M. (2021). Shortening the Local Food Supply Chain Management in Indonesia Based on IoT (Internet of Thing). *Proceedings of the Business Innovation and Engineering Conference 2020 (BIEC 2020)*, 184.
63. **Herawati, H.**, et al. (2021). Characterization of GABA (gamma-aminobutyric acid) levels some fermented food in Indonesia. *IOP Conference Series*.
64. **Herawati, H.**, Kamsiati, E. (2021). Characteristics of various flour and gluten free noodles from Indonesian local food. *IOP Conference Series*.
65. **Herawati, H.**, Kamsiati, E. (2021). Consumption pattern intervention on cassava artificial rice and gluten free noodles. *IOP Conference Series*.
66. Banurea, I.R., Setyawan, N., Yuliani, S., **Herawati, H.**, Hoerudin. Utilization of rice husk silica as solid catalyst in the transesterification process for biodiesel production. *IOP Conference Series*.
67. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Budiyanto, A., Maruji, S. Physic-chemical characteristics of porang and iles-iles flour used several process. *IOP Conference Series*.
68. Soemantri, S., Kamsiati, E., & **Herawati, H.** (2021). Analysis of added value on the porang supply chain in Klangon Village, Madiun District. *IOP Conference Series*.
69. **Herawati, H.**, Hernani, Yuliani, S., and Setyawan, N. (2021). Production and physicochemical characterization of modified tapioca. *IOP Conference Series*.

70. Kamsiati, E., **Herawati, H.** (2021). Effect of stabilizer type and concentration on the characteristics of black pepper sauce. *IOP Conference Series*.
71. **Herawati, H.**, Kamsiati, E. (2021). Characteristics of vegetarian patties burgers made from tofu and tempeh. *IOP Conference Series*.
72. **Herawati, H.**, et al. (2022). Physico-Chemical Characteristics of Yoghurt from Various Beans and Cereals. *AIP Conference Series*.
73. Suryana, E.A., Kamsiati, E., Usmiati, S., **Herawati, H.** (2022). Effect of Porang Flour and Low-Calorie Sugar Concentration on The Physico-Chemical Characteristics of Jelly Drinks. *IOP Conference Series*.
74. Sunarmani, Haliza, W., **Herawati, H.** (2022). Physico-Chemical and Organoleptic Characteristics of Gluten-Free Cake with the Addition of Porang Flour. *IOP Conference Series*.
75. Kamsiati, E., Widowati, S., **Herawati, H.** (2022). Utilization of Porang Flour for Producing Tapioca Based Gluten-Free Noodles and Characteristics of the Product. *IOP Conference Series*.
76. **Herawati, H.**, Somenatri, A.S., Kamsiati, E., Bachtiar, M. (2022). Android-based feasibility study transformation analysis case study of the RASI development in Cirendeuh-Kampung Cimahi. *IOP Conference Series*.
77. **Herawati, H.**, Kamsiati, E. (2022). The Effects of Some Additives On Characteristics RVA Profile of Cassava Flour. *IOP Conference Series*.
78. **Herawati, H.**, Kamsiati, E. (2022). The Characteristics of Low Sugar Jelly Made From Porang Flour and Agar. *IOP Conference Series*.
79. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Pratiwi, A.R., Sunarmani. (2022). Effect of type and concentration of microbial starter on the characteristics of porang flour. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1114 (2022).

80. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Widowati, S. (2022). The effect of porang proportion on the characteristics of vegetarian tempeh patties burger. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1115.
81. Kamsiati, E., **Herawati, H.**, Setyadjit, Sunarmani, Mulyawanti, I. (2022). Effect of ingredient composition on characteristics of artificial rice made from banana flour. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1115.
82. **Herawati, H.**, Yuliani, S., Hoerudin, Hernani, Noveriza, R., Rahmini, Wahyuningsih, K. (2023). Effect of Biopolymer Matrix on Slow Release Capacity From Biopesticides Based on Citronella Oil. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1172.
83. **Herawati, H.**, Haliza, W., Rahmadhani, M., Eris, F.R., Widowati, S. (2023). Production Process Technology and Physic-Chemical Characterization of Beneng Taro Flour. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1172.
84. Yuliani, S., Wahyuningsih, K., Hernani, **Herawati, H.**, Hoerudin, Rahmini, & Noveriza, R. Spontaneous Emulsification of Citronella Oil: Effect of Processing Conditions and Production Scale. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1172.
85. **Herawati, H.**, Zahratunnisa, S., Kamsiati, E., Anggraini, D., Kurniasari, I., Kusnandar, F., Suparlan, Agustinasari, I., Sunarmani, Bachtiar, M., Zubaidi, T., Misgiyarta, Suhirman, S. (2023). The Effect of Dry Extraction Process Technology on Characteristics of Porang Flour. *E3S Web of Conferences*, 425.
86. **Herawati, H.**, Anggraeni, D., Kurniasari, I., Kusnandar, F., Suparlan, Agustinisari, I., Sunarmani, Bachtiar, M., Zubaidi, T., Misgiyarta, Bin Arif, A., Hernani, Suhirman, S. (2023). Extraction Quality of Porang Flour Due to Chip Flour Treatment and Ethanol Concentration. *E3S Web of Conferences*, 444.

87. **Herawati, H.**, Agustinisari, I., Kurniasari, I., Anggraeni, D., Bachtiar, M. (2023). Formulation Techniques and Variations of CMC (Carboxymethyl Cellulose) Concentrations to Improve on Making Gluten-Free Corn Macaron. *E3S Web of Conferences*, 444.

### **Prosiding Nasional**

88. **Herawati, H.**, Kusbiantoro, B., Nurtama, B. (2005). Pengolahan Konsentrat Labu Jepang (Kobucha) Dengan Menggunakan Evaporator. *Prosiding Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*.
89. **Herawati, H.**, Kusbiantoro, B., Rismayanti, Y., Mulyani. 2008. Pemanfaatan Limbah Pembuatan VCO. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008*.
90. **Herawati, H.** 2010. Pengaruh Penggunaan Gelombang Pendek Terhadap Karakteristik Pati. *Prosiding SemNas Teknologi Pascapanen Pertanian*.
91. Purwani, E.Y., Suhartono, M.T., **Herawati, H.** (2010). Ubi Jalar Varietas Sukuh Berpotensi Sebagai Bahan Baku RS (Resisten Starch) Tipe 3. *Prosiding SemNas Teknologi Pascapanen Pertanian*.
92. **Herawati, H.**, Suhartono, M.T., Purwani, E.Y., Dewi, P.P. (2010). Mempelajari Pati Resisten Dari Bahan Baku Sagu dan Beras Sebagai Substrat Pertumbuhan Clostridium Butyricum BCC B2571. *Prosiding SemNas Teknologi Pascapanen Pertanian*.
93. **Herawati, H.** (2010). Alternatif Teknologi Produksi Dekstrin Untuk Bahan Tambahan Makanan. *Prosiding SemNas Teknologi Pascapanen Pertanian*.
94. **Herawati, H.** (2010). Karakterisasi Pola Gelatinisasi Tapioka dengan menggunakan Microwave. *PPIS Prosiding 2010*.



95. **Herawati, H.** (2010). Standarisasi Pati Termodifikasi untuk Produk Pangan. *PPIS Prosiding 2010*.
96. **Herawati, H.** (2011). Peluang Pemanfaatan Tapioka Termodifikasi Sebagai Fat Replacer Pada Keju Rendah Lemak. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2011*.
97. **Herawati, H.,** Satuhu, S., Arif, A.B. (2012). Karakteristik Beberapa Jenis Buah Cempedak (*Artocarpus champeden Spreng*). *Prosiding SemNas Pekan Inovasi Teknologi Hortikultura Nasional*.
98. **Herawati, H.,** Arif, A.B., Oktaviani, K., Widowati, S. (2012). Karakteristik Beras Artifisial Berbasis Ubi Kayu dan Kedelai. *Prosiding SemNas Teknologi Inovatif Pascapanen Pertanian III*.
99. Sunarmani, **Herawati, H.** (2017). Pengaruh Kadar Air, Tepung dan Pati Terhadap Karakteristik Simping Bebas Gluten. *Prosiding SemNas Dies Natalis Ke-53 Fakultas Pertanian, Unsri*.
100. **Herawati, H.,** Sunarmani. (2017). Karakteristik Fisiko Kimia Simping Bebas Gluten dan Tanpa Kolesterol. *Prosiding SemNas Dies Natalis Ke-53 Fakultas Pertanian, Unsri*.
101. **Herawati, H.** (2017). Teknologi Proses Pengolahan Produk Roti Gluten Free. *Prosiding SemNas Dies Natalis Ke-53 Fakultas Pertanian, Unsri*.
102. Kamsiati, E., **Herawati, H.** (2019). Peningkatan Kualitas Tepung Ubi kayu Melalui Teknologi Modifikasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pascapanen 2019*.
103. Kamsiati, E., **Herawati, H.,** Abubakar. (2019). Pengaruh Teknologi Pengolahan terhadap Karakteristik Daun Ubi kayu Kering. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pascapanen 2019*.
104. Hadipernata, M., **Herawati, H.,** Hidayah, N., Rahayu, E., Purwani, E.Y. (2020). Kinerja Laboratorium Pengujian Mutu Beras: Studi Kasus Pada Parameter Kadar Air, Beras Kepala, dan Butir Patah. *Prosiding PPIS 2020*, 239–248.

105. **Herawati, H.** (2020). Peranan Teknologi Pascapanen Dalam Pengembangan Produk Pangan Fungsional. *SemNas Teknologi Pangan Dan Pascapanen 2020.*
106. **Herawati, H.** (2020). Potensi GABA dari Pangan Fermentasi Lokal Indonesia Untuk Pangan Fungsional. *SemNas Teknologi Pangan Dan Pascapanen 2020..*
107. **Herawati, H.,** Kamsiati, E. (2020). Potensi Pemanfaatan Umbi Minor di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia XXXIX “Pemanfaatan Sumber Daya Lokal untuk Mewujudkan Keanekaragaman Pangan Keluarga.*

### **Paten Nasional**

1. Purwani, E.Y., Mulyono, E., Ratnaningsih, Widowati, S., **Herawati, H.,** Adiandri, R.S., Hikmawati, I. (2018). Formula Racikan Dasar Roti non Terigu. IDS000001997.
2. **Herawati, H.,** et al. (2019). Proses Produksi Cake Gluten Free Berbahan Dasar Ubi kayu. IDS000002154.
3. **Herawati, H.,** et al. (2019). Proses Produksi Tepung Ubi kayu Hidrokoloid. IDS000002130.
4. **Herawati, H.,** et al. (2019). Rasi Aneka Rasa dan Metode Produksinya. P00201904153.
5. **Herawati, H.,** et al. (2019). Produk Daun Ubi kayu Instan dan Metode Produksinya. P00201904151.
6. Sunarmani, Iceu, A., Budiyanto, A., **Herawati, H.,** et al. (2019). Metode Pembuatan Saus Cabai Dengan Tingkat Stabilitas Yang Tinggi. IDS 000002839.
7. **Herawati, H.,** et al. (2020). Proses Produksi Mi Gluten Free Berbahan Dasar Ubi kayu. IDP 000070247.

8. **Herawati, H.**, et al. (2020). Formula dan Proses Produksi Spageti Mengandung Vitamin dan Mineral. P00202009786.
9. **Herawati, H.**, et al. (2020). Proses Produksi Pasta Makaroni Ubi kayu Bebas Gluten. DS0000A27B3.
10. Iriani, E.S., Wahyuningsih, K., **Herawati, H.**, Amalia, B., Karima, R., Cahyaningtyas, A.A., Mulyani, E.S., Adom, G., Suryana, A. (2020). Proses Pembuatan Kemasan Biodegradable Foam Menggunakan Serat Abaca dan Pati Ubi kayu Dengan Penambahan Ekstrak Buah Kelapa. P00202009771.
11. **Herawati, H.**, et al. (2022). Formula dan Proses Produksi Tepung Fermentasi Sorgum Mengandung Gamma Amino Butyric Acid. P00202112205.
12. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Abubakar, Sunarmani, Adom, M.G. (2022). Beras Artificial Ubi kayu dengan Penambahan Rasa dan Metode Produksinya. IDP000081669.
13. **Herawati, H.**, Kamsiati, E., Abubakar, Amalia, R. (2022). Produk Daun Ubi Kayu Instan dan Metode Pembuatannya. IDP0000816

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### A. Data Pribadi

Nama Lengkap	: Dr. Heny Herawati, STP. M.T.
Tempat, Tanggal Lahir	: Ponorogo, 3 Maret 1978
Anak ke	: 2 (dua) dari 3 (tiga) bersaudara
Jenis Kelamin	: Perempuan
Nama Ayah Kandung	: H. Mohamad Tohir
Nama Ibu Kandung	: Hj. Umi Mahmudah
Nama Suami	: Muchamad Bachtiar, STP. M.M.
Jumlah Anak	: 2 (dua)
Nama Anak	: 1. Muhamad Al Matin Ibnu Sina 2. Muhamad Basith Al-Khawarizmi
Nama Instansi	: Pusat Riset Agroindustri, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Judul Orasi	: Teknologi Formulasi-Ekstrusi Produk Pangan dan Nonpangan untuk Mendukung Nilai Tambah dan Daya Saing Agroindustri Indonesia
Ilmu	: Pertanian
Bidang	: Agroindustri
Kepakaran	: Teknologi Pascapanen
No. SK Pangkat Terakhir	: Keppres RI Nomor 15/K Tahun 2023, tanggal 14 Juli 2023
No. SK Peneliti Ahli Utama	: Keppres RI Nomor 33/M/Tahun 2022, tanggal 23 Agustus 2022

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah	Tempat/Kota	Tahun Lulus
1.	SD	SDN Mangkujayan 1	Ponorogo, Indonesia	1991
2.	SLTP	SMPN 1 Ponorogo	Ponorogo, Indonesia	1994
3.	SLTA	SMU 1 Ponorogo	Ponorogo, Indonesia	1997
4.	S-1	TPG, Institut Pertanian Bogor	Bogor, Indonesia	2001
5.	S-2	Teknik Kimia, Universitas Diponegoro	Semarang, Indonesia	2010
6.	S-3	IPN, Institut Pertanian Bogor	Bogor, Indonesia	2015

## C. Pendidikan Non-Formal

No.	Nama Kursus/ Pelatihan	Tempat/ Kota	Tahun
1.	Diklat Fungsional Peneliti Pertama	LIPI, Bogor, Indonesia	2003
2.	Agricultural Machinery Training-Jinan China	Jinan, China	2011
3.	Sandwich Program, Sultan Qaboos University	Sultan Qaboos University, Oman	2014
4.	ISO 17025	BBIA, Bogor, Indonesia	2015

Buku ini tidak diperjualbelikan.

<b>No.</b>	<b>Nama Kursus/ Pelatihan</b>	<b>Tempat/ Kota</b>	<b>Tahun</b>
5.	Food Factor	Barcelona University, Spanyol	2016
6.	Diklat Manajerial Peneliti	Universitas Indonesia, Depok, Indonesia	2017
7.	ISO 17043:2010	Badan Litbang Kementan, Bogor, Indonesia	2017
8.	Narasumber Pelatihan Berjenjang ISO SNI 17043:2010	BB Litbang Pascapanen Pertanian, Bogor, Indonesia	2021

#### **D. Jabatan Struktural**

<b>No.</b>	<b>Jabatan/Pekerjaan</b>	<b>Nama Instansi</b>	<b>Tahun</b>
1.	Manajer Teknis Laboratorium Pengujian ISO 17025	Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian	2017
2.	Manajer Teknis Laboratorium Rujukan ISO 17043	Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian	2017

#### **E. Jabatan Fungsional**

<b>No.</b>	<b>Jenjang Jabatan</b>	<b>TMT Jabatan</b>
1.	Peneliti Ahli Pertama	1 Desember 2005
2.	Peneliti Ahli Muda	1 Desember 2009
3.	Peneliti Ahli Madya	1 Agustus 2011



No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
4.	Peneliti Ahli Madya	1 Juli 2017
5.	Peneliti Ahli Madya	1 Oktober 2019
6.	Peneliti Ahli Utama	20 Januari 2022

#### F. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara	Tahun
1.	Model Inovasi Pascapanen Pertanian	Penanggung Jawab	Universitas Diponegoro	2019
2.	Optimasi Teknologi Produksi GABA	Penanggung Jawab	Bogor, Indonesia	2020–2021
3.	Optimasi Teknologi Proses Ekstrasi Umbi Porang Berkualitas Ekspor	Penanggung Jawab	Malang, Indonesia	2021
4.	Optimasi Ekstraksi Glukomanan dengan Minimalisasi Kadar Oksalat untuk <i>Food Ingredient</i> dari Umbi Lokal Indonesia	Penanggung Jawab	Banjarbaru, November	2023
5.	Pengembangan Teknologi Produksi Hidrokolloid Lokal Potensial Sebagai Food Ingredient Prospektif untuk Roti <i>Gluten Free</i> Komersial	Penanggung Jawab	Solo, Indonesia	2023

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara	Tahun
6.	Optimasi Glukomanan Sebagai Pangan Fungsional Menggunakan Teknologi Presisi Berbasis <i>Printer 3 Dimensi</i>	Penanggung Jawab	Mataram, Indonesia	2024

### G. Keterlibatan dalam Pengelolaan Jurnal

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
1.	Jurnal Pascapanen Pertanian	BB Litbang Pascapanen Pertanian	Mitra Bestari	2016
2.	Jurnal Agrountek	Universitas Trunojoyo	Mitra Bestari	2019–2023
3.	Jurnal Teknologi Industri Pertanian	Institut Pertanian Bogor	Mitra Bestari	2020
4.	Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat	Institut Pertanian Bogor	Mitra Bestari	2022–2023
5.	Warta Industri Hasil Pertanian	BBIA	Mitra Bestari	2021–2023
6.	Frontiers	Frontiers, UK	Mistra Bestari	2023

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## H. Publikasi Ilmiah

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	15
2.	Penulis Bersama Peneliti Lainnya	92
<b>Total</b>		<b>107</b>

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	51
2.	Bahasa Inggris	56
<b>Total</b>		<b>107</b>

## I. Pembinaan Kader Ilmiah

### Pejabat Fungsional Peneliti

No.	Nama	Instansi	Peran/ Tugas	Tahun
1.	Elmi Kamsiati, STP. M.Si.	Badan Riset dan Inovasi Nasional	Pembimbing	2019– 2022
2.	Esti Asriyana Suryana, STP. M.Si.	BB Litbang Pascapanen Pertanian	Pembimbing	2021

## Pembimbing Mahasiswa

No.	Nama	Universitas	Peran/ Tugas	Tahun
1.	Lathifah Amalia	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2016
2.	Rizki Rinda Sari	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2016
3.	Sisca Widyaputri	Universitas Pakuan	Pembimbing	2019
4.	Ina Supriyatna	Universitas Pakuan	Pembimbing	2019
5.	Ayu Nur Azizah	Universitas Pakuan	Pembimbing	2020
6.	Annisa Rizka Pratiwi	Universitas Padjajaran	Pembimbing	2021
7.	Shafa Zahratunnisa	Universitas Padjajaran	Pembimbing	2021
8.	Melinda Rahmadhani	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Pembimbing	2022
9.	Apriani	Universitas Pakuan	Pembimbing	2022
10.	Lintang Dwi Kusuma	Universitas Pakuan	Pembimbing	2022
11.	Refimia Ameliyani	Untirta	Pembimbing	2023
12.	Jauharotun Nisa Nuurul Faadhillah	Untirta	Pembimbing	2023

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama	Universitas	Peran/ Tugas	Tahun
13.	Alif Nasruddin Al-mursyid	Universitas Pakuan	Pembimbing	2023
14.	Dyah Larasati Ayuningtyas	Universitas Nasional	Pembimbing	2023
15.	Elmi Kamsiati	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2023
16.	Mergana Briliani	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2023
17.	Ari Handoko	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing	2023

#### J. Organisasi Profesi

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Anggota	PATPI	2018
2.	Anggota	Himpenindo	2019
3.	Anggota	PPI	2021
4.	Pengurus	PPI Jabar	2023

#### K. Tanda Penghargaan

No.	Nama/Jenis Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Presenter Terbaik	Universitas Diponegoro	2021
2.	Presenter Terbaik	Universitas Brawijaya	2021
3.	Peneliti Teladan	BB Litbang Pascapanen Pertanian, BRIN	2021
4.	Satya Lencana XX	Presiden Republik Indonesia	2023

**B**eras dan gandum merupakan dua komoditas sumber bahan pangan utama di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2023, jumlah impor beras di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 3,06 juta ton dibandingkan tahun 2022. Selain itu, jumlah impor untuk komoditas gandum juga meningkat sekitar 13% di tahun 2023. Meningkatnya jumlah impor dari kedua komoditas ini disebabkan oleh perubahan pola konsumsi makanan pokok dari aneka bahan ke beras dan adanya pergeseran preferensi konsumsi.

Negara Indonesia kaya akan bahan baku lokal yang berpotensi untuk mensubstitusi beras dan gandum. Bahan baku lokal yang digunakan untuk mensubstitusi gandum biasanya tidak mengandung gluten. Namun, penggunaan bahan baku lokal ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Di satu sisi, ketiadaan gluten dapat menyebabkan produk berbasis bahan baku lokal kurang elastis dan mudah patah. Di sisi lain, gluten dapat menyebabkan celiac disease.

Buku Teknologi Formulasi-Ekstrusi Produk Pangan dan Nonpangan untuk Mendukung Nilai Tambah dan Daya Saing Agroindustri Indonesia hadir untuk memberikan solusi permasalahan di atas melalui riset dan pengembangan teknik formulasi yang diintegrasikan dengan teknologi ekstrusi. Hal ini telah menghasilkan inovasi produk berasan dan olahan pengganti gandum berbahan baku lokal. Teknologi ini terbukti dapat merekayasa bahan baku lokal menjadi bahan yang berkarakteristik layaknya beras dan pasta gandum. Pemanfaatan teknologi ini juga berkontribusi dalam menjawab permasalahan tingginya kebutuhan beras dan gandum akibat perubahan pola konsumsi makan yang terjadi beberapa tahun terakhir.

BRIN Publishing  
*The Legacy of Knowledge*

Diterbitkan oleh:  
**Penerbit BRIN**, anggota Ikapi  
Gedung B.J. Habibie Lt. 8,  
Jln. M.H. Thamrin No. 8,  
Kota Jakarta Pusat 10340  
**E-mail:** penerbit@brin.go.id  
**Website:** penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin-others.1261



ISBN 978-623-8372-88-1



9 786238 137288 1

ini tidak diperjualbelikan.