

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) merupakan salah satu komoditas perkebunan tropis yang memiliki posisi strategis dalam sistem pertanian Indonesia, khususnya di wilayah Sumatera Barat yang menjadi sentra produksi utama. Sebagai tanaman penghasil getah yang kaya senyawa fenolik, terutama katekin dan tanin, gambir telah lama dimanfaatkan dalam praktik tradisional serta berbagai kebutuhan industri (Kasim *et al.*, 2015). Namun demikian, pemanfaatan gambir hingga saat ini masih didominasi dalam bentuk bahan mentah atau produk setengah jadi, sehingga nilai tambah yang diperoleh petani dan pelaku usaha pertanian relatif terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi sumber daya hayati gambir dan tingkat pemanfaatannya dalam sistem pertanian modern yang berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi.

Berdasarkan perspektif agronomi, budidaya tanaman gambir mencakup rangkaian kegiatan pembibitan, penanaman, pemeliharaan, hingga pemanenan daun dan ranting muda yang sangat dipengaruhi oleh kesesuaian lahan, iklim, serta teknik budidaya yang diterapkan. Keberagaman tipe dan varietas lokal gambir yang berkembang di berbagai wilayah menunjukkan kekayaan plasma nutfah yang berpotensi dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas gambir yang dihasilkan.

Selain aspek budidaya, proses pengolahan gambir memegang peranan penting dalam menentukan nilai ekonomi dan fungsional produk yang dihasilkan. Pengolahan gambir secara tradisional umumnya dilakukan melalui tahapan perebusan daun, pengepresan, pengendapan, pencetakan, dan pengeringan, yang menghasilkan gambir padat dengan mutu yang bervariasi (Kasim, 2011). Variasi mutu tersebut dipengaruhi oleh perbedaan bahan baku, teknik pengolahan, serta kondisi lingkungan selama proses berlangsung. Oleh karena itu, pengembangan teknologi pengolahan berbasis pendekatan ilmiah menjadi kebutuhan mendesak untuk meningkatkan efisiensi proses, konsistensi mutu, dan pemanfaatan senyawa aktif gambir secara optimal.

Dalam konteks pembangunan pertanian berkelanjutan, tanaman gambir memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber bahan baku industri berbasis hayati yang ramah lingkungan dan bernilai tambah tinggi. Kandungan tanin gambir membuka peluang pemanfaatan yang luas dalam berbagai sektor, seperti pangan fungsional, farmasi, kosmetik, material alami, dan bioindustri lainnya. Pengembangan gambir tidak hanya berkontribusi pada peningkatan daya saing komoditas pertanian nasional, tetapi juga berperan dalam memperkuat kesejahteraan petani dan mendukung transformasi sistem pertanian dari orientasi produksi primer menuju sistem agribisnis berbasis inovasi dan hilirisasi.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sumatera Barat dimana pada tahun 2024, nilai ekspor gambir mencapai Rp. 574,7 miliar. Propinsi Sumatera Barat merupakan penghasil 80 % kebutuhan gambir nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2024 beberapa Kabupaten/Kota yang memiliki luas lahan dan produksi gambir di Sumatera Barat yaitu Kabupaten Lima Puluh Kota seluas 17.410,50 ha dengan produksi 19.321,33 ton/tahun, Kabupaten Pesisir Selatan seluas 10.515,50 ha dengan produksi 7.271,46 ton/tahun, Kabupaten Agam seluas 484 ha dengan produksi 102,22 ton/tahun, Kabupaten Pasaman seluas 391 ha dengan produksi 171,64 ton/tahun, dan Kabupaten Sijunjung seluas 15 ha dengan produksi 6 ton/tahun.

Kandungan kimia utama gambir terdiri atas tanin dan katekin. Berdasarkan struktur dan sifat kimianya tanin dibedakan atas dua yaitu tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis. Penelitian ini memanfaatkan tanin terkondensasi yang ada pada gambir kering tersebut. Tanin terkondensasi dihasilkan melalui proses ekstraksi.

Ekstraksi tanin merupakan suatu proses pemisahan senyawa metabolit sekunder golongan polifenol dari matriks bahan alam melalui pemanfaatan perbedaan sifat fisikokimia antara tanin dan komponen penyusunnya, terutama kelarutan, polaritas, dan stabilitas terhadap kondisi proses. Secara konseptual, proses ekstraksi ini melibatkan tahapan difusi pelarut ke dalam jaringan bahan, pelarutan senyawa tanin, serta perpindahan massa dari fase padat ke fase cair yang dipengaruhi oleh metode ekstraksi, konsentrasi pelarut, suhu, waktu, dan daya ekstraksi yang digunakan. Hal tersebut mempengaruhi efektivitas ekstraksi tanin sehingga mempengaruhi kadar tanin dan rendemen tanin yang dihasilkan.

Beberapa metode yang umum digunakan untuk proses ekstraksi seperti maserasi, pemanasan, ultrasonikasi, soxhlet, dan bantuan *microwave*. Metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pemanasan dengan menggunakan alat *hotplate magnetic stirrer* dan metode bantuan *microwave*. Ekstraksi tanin dengan *hot plate magnetic stirrer* berlangsung melalui kombinasi pemanasan terkontrol dan pengadukan kontinu yang memfasilitasi perpindahan massa dari fase padat ke fase cair (Susanti *et al.*, 2024).

Pada tahap awal, pelarut polar air mengalami peningkatan energi kinetik akibat pemanasan, sehingga mampu menembus dinding sel dan jaringan tanaman yang melunak. Selanjutnya, senyawa tanin yang berada di dalam vakuola dan dinding sel terlarut (*solubilisasi*) ke dalam pelarut karena kesesuaian polaritas sehingga terjadi reaksi kimia seperti hidrolisis atau degradasi struktur polimer (Munoz dan Contreras, 2022).

Pengadukan magnetik berperan menjaga homogenitas sistem, memperkecil lapisan batas difusi di sekitar partikel bahan, serta mempercepat difusi dan perpindahan massa tanin terlarut menuju fase cair. Proses ini berlanjut hingga tercapai kesetimbangan konsentrasi antara tanin dalam matriks padat dan pelarut, sehingga diperoleh ekstrak cair kandungan tanin (khususnya tanin terkondensasi) dengan struktur kimia yang tetap stabil akibat kondisi ekstraksi yang terkontrol (Ozogul *et al.*, 2025).

Ekstraksi tanin terkondensasi menggunakan metode bantuan *microwave* didasarkan pada pemanasan dielektrik oleh radiasi gelombang mikro, dimana gelombang mikro dipancarkan ke sistem pelarut-bahan sehingga energi elektromagnetik diserap oleh molekul pelarut air dalam jaringan tanaman, menghasilkan panas internal secara cepat dan merata yang menyebabkan sistem sel tertekan, membran sel mengembang, dan dinding sel tanaman pecah, sehingga senyawa tanin terkondensasi yang berada di dalam vakuola dan jaringan sel terlepas ke dalam pelarut (Alara *et al.*, 2021).

Pemanasan yang cepat ini mempercepat difusi massa dan pelarutan senyawa polifenol kompleks (termasuk tanin terkondensasi) karena peningkatan kelarutan, penurunan viskositas pelarut, dan peningkatan gradien konsentrasi di antara fase padat dan cair. Proses bantuan *microwave* memungkinkan peningkatan efisiensi

ekstraksi dalam waktu yang lebih singkat (Iriany *et al.*, 2017), penggunaan pelarut lebih sedikit, dan mempertahankan stabilitas struktural tanin terkondensasi bila dibandingkan dengan metode konvensional, karena energi *microwave* lebih cepat memanaskan pelarut dan jaringan sehingga mengurangi degradasi termal yang terjadi pada pemanasan berlebih. Dalam konteks ekstraksi tanin, penggunaan pelarut polar seperti air bersama dengan parameter daya dan waktu *microwave* yang dioptimalkan akan meningkatkan rendemen dan kadar tanin terkondensasi yang diekstraksi (Juwadi *et al.*, 2017).

Menurut Naima *et al.*, (2015) metode ekstraksi yang digunakan dipengaruhi oleh jenis pelarut, waktu ekstraksi, serta konsentrasi pelarut terhadap bahan baku. Jenis pelarut yang digunakan adalah air. Tanin merupakan senyawa yang bersifat polar dan mengandung fenol yang memiliki gugus OH sehingga dapat larut dalam air. Pelarut air bersifat lebih ramah lingkungan dibanding pelarut etanol dan metanol. Pemilihan kondisi ekstraksi yang tepat akan menghasilkan rendemen dan kadar tanin yang tinggi.

Penelitian tentang tanin terkondensasi dapat dimanfaatkan untuk penyamak kulit (Kasim *et al.*, 2015), pewarna alami (Marnoto *et al.*, 2012), perekat (Santoso *et al.*, 2020), obat-obatan (Pratama *et al.*, 2019), dan busa kaku (Szcurek *et al.*, 2014). Pengembangan busa kaku berbasis tanin gambir dan albumin memiliki urgensi yang tinggi sebagai alternatif terhadap busa kaku konvensional yang umumnya berbasis bahan petrokimia dan bersifat tidak terbarukan. Pemanfaatan tanin gambir sebagai sumber polifenol alami yang melimpah dan terbarukan, dikombinasikan dengan albumin sebagai biopolimer protein, memungkinkan pembentukan struktur busa kaku melalui mekanisme ikatan silang alami yang lebih ramah lingkungan.

Secara konseptual, busa kaku berbasis tanin–albumin menawarkan keunggulan dalam aspek keberlanjutan, biodegradabilitas, dan potensi penurunan dampak lingkungan dibandingkan busa kaku konvensional, tanpa mengabaikan sifat fungsional seperti kekuatan mekanik dan stabilitas busa kaku. Oleh karena itu, pengembangan material busa kaku berbasis sumber daya hayati ini menjadi strategi penting dalam mendukung transisi menuju material ramah lingkungan serta penguatan nilai tambah komoditas pertanian lokal, khususnya gambir. Secara

umum busa kaku dapat diaplikasikan untuk insulasi, pengemasan, pengedap suara, bidang elektronik, penghambat api, bantalan, dan bidang transportasi.

Pengembangan busa kaku dalam penelitian ini menawarkan keunggulan ekologis yang signifikan melalui sinergi dua komponen hayati, yaitu tanin gambir (*Uncaria gambir*) dan albumin dari putih telur. Ditinjau dari aspek lingkungan, tanin gambir merupakan senyawa polifenol alami yang melimpah dan dapat diekstrak menggunakan pelarut ramah lingkungan (air), sehingga secara drastis mengurangi dependensi pada senyawa aromatik sintetik beracun seperti fenol atau bahan kimia berbasis minyak bumi. Sementara itu, albumin putih telur bertindak sebagai agen pembusa alami (*bio-foaming agent*) sekaligus penyusun matriks protein yang dapat menggantikan peran isosianat komersial yang dikenal berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Kombinasi kedua biomaterial ini menghasilkan struktur jaringan polimer ikatan silang (*cross-linked*) alami yang bersifat *biodegradable*.

Busa kaku konvensional, seperti poliuretan dan polistirena, tidak hanya menyumbang emisi gas rumah kaca yang tinggi selama proses manufakturnya, tetapi juga menghasilkan limbah persisten yang sangat sulit terurai secara alami. Sebagai solusi keberlanjutan, penelitian ini mengembangkan inovasi busa kaku ramah lingkungan memanfaatkan kombinasi tanin dari ekstrak gambir (*Uncaria gambir*) dan albumin dari putih telur sebagai matriks polimer alami. Pemanfaatan kedua biomaterial ini menawarkan alternatif struktural yang kuat dan bernilai ekonomi tinggi, sekaligus mengoptimalkan potensi komoditas lokal dan produk samping pangan di Indonesia untuk menggantikan bahan baku sintetik yang beracun dan tidak terbarukan.

Berbagai macam faktor yang mempengaruhi proses pembuatan busa kaku seperti pengaruh campuran kimia dan perlakuan fisik (Li *et al.*, 2012), pengaruh busa tanpa formaldehid (Lacoste *et al.*, 2015), *blowing agent* organik (Li *et al.*, 2013), tanpa menggunakan *blowing agent* (Basso *et al.*, 2013) dan pengaruh konsentrasi tanin (Anova *et al.*, 2018; Efrina *et al.*, 2019), dan metode pengadukan *meringue* (Szczurek *et al.*, 2014).

Metode *meringue* ini melakukan pengadukan secara mekanis dengan kecepatan yang tinggi untuk membuat busa kaku. Proses yang dilakukan yaitu mengaduk albumin dan tanin dengan kecepatan tinggi, setelah itu dilakukan pemadatan busa kaku dengan cara dikeringkan dengan oven. Kelebihan metode *meringue* yaitu mudah dilakukan, proses yang cepat, hemat biaya, dan sifat busa kaku yang dihasilkan juga sebanding dengan teknik konvensional (Szcurek *et al.*, 2014).

Berdasarkan data BPS tahun 2024 potensi produksi telur ayam negeri khusus di Sumatera Barat mencapai 341.789,34 ton/tahun. Salah satu cara untuk meningkatkan lama penyimpanan putih telur adalah dengan cara mengeringkan putih telur tersebut. Secara konseptual proses pengeringan tersebut merupakan proses transformasi bahan pangan segar menjadi bentuk protein kering melalui proses pengeringan secara terkontrol tanpa merusak struktur fungsional protein. Proses pengeringan berperan penting dalam mempertahankan sifat fisikokimia albumin, seperti kemampuan pembentukan busa.

Metode pengeringan putih telur untuk menghasilkan albumin dapat dilakukan dengan cara *pan drying* dan *foam drying* (Efrina *et al.*, 2019). Metode *pan drying* yaitu melakukan pengeringan putih telur secara langsung dengan oven sedangkan *foam drying* terlebih dahulu mengaduk putih telur dengan mixer sampai mengembang, selanjutnya dikeringkan dengan oven. Dampak pengeringan dengan oven secara langsung mengakibatkan terjadinya reaksi *maillard* pada albumin yang dihasilkan. Reaksi *maillard* mempengaruhi kualitas albumin seperti menimbulkan bau, rasa, pH menurun, dan terjadinya perubahan warna (Lechevalier *et al.*, 2007).

Menurut Stadelman and Cotterill (1994) reaksi *maillard* menyebabkan tepung putih telur bewarna lebih gelap dan juga menyebabkan tepung telur tidak mudah larut, hal ini disebabkan terjadinya reaksi antara gugus aldehid dari karbohidrat dengan gugus amino pada protein selama proses pengeringan. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya reaksi *maillard* adalah melakukan proses fermentasi untuk menghilangkan glukosa terlebih dahulu sebelum melakukan pengeringan dengan oven tersebut (Hertamawati dan Muhammad, 2020).

Fermentasi dalam hal ini bertujuan untuk mengubah sifat fisik serta sifat fungsional dari putih telur dengan cara memecah glukosa, mengurangi kandungan

karbohidrat, asam lemak meningkat, dan adanya aktivitas enzim protease yang dapat menguraikan protein (Karmini *et al.*, 1995). Fermentasi dapat dilakukan dengan menggunakan ragi *Rhizopus sp.* (Hertamawati dan Muhammad, 2020). Proses fermentasi dipengaruhi oleh waktu dan konsentrasi ragi yang digunakan. Semakin lama waktu fermentasi dan tingginya konsentrasi ragi yang digunakan akan meningkatkan rendemen yang dihasilkan serta berpengaruh terhadap kualitas albumin yang dihasilkan (Romantica *et al.*, 2013). Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui waktu fermentasi dan konsentrasi ragi *Rhizopus sp.* yang tepat.

Proses dalam membuat busa kaku dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor seperti kecepatan pengadukan (Szcurek *et al.*, 2014), dan waktu pengadukan (Basso *et al.*, 2015). Menurut Lasocte *et al.*, (2015) sumber tanin dan teknik pengadukan juga berpengaruh terhadap busa kaku yang dihasilkan seperti mencampurkan seluruh bahan baku yang digunakan atau melakukan pengadukan dengan cara memisah terlebih dahulu masing-masing sampai homogen lalu mencampurkan dengan hexamine dan pTSA (Lacoste *et al.*, 2015; Anova *et al.*, 2018).

Ciri-ciri busa kaku yang memiliki kerapatan yang tinggi bisa dilihat dari ukuran pori-porinya yang berukuran kecil (Szcurek *et al.*, 2014). Ukuran pori-pori yang kecil akan meningkatkan kekuatan tekan dan mengurangi nilai derajat pengembangan busa kaku (Efrina *et al.*, 2019). Oleh sebab itu, perlu dilakukan kajian penelitian untuk melihat pengaruh kecepatan pengadukan sehingga menghasilkan busa kaku dengan kualitas lebih baik.

Karakteristik busa kaku yang dihasilkan dilanjutkan analisis dengan *Response Surface Methodology* (RSM). RSM merupakan metode statistik dan matematis untuk memodelkan, menganalisis, serta mengoptimalkan suatu proses atau sistem yang dipengaruhi oleh banyak variabel. Tujuan analisis RSM akan menentukan kondisi proses optimal dari kombinasi metode ekstraksi tanin, penyediaan albumin, dan kecepatan pengadukan.

Untuk memilih alternatif terbaik berdasarkan ekstraksi tanin, penyediaan albumin, dan busa kaku dilakukan analisis dengan metode *Multi Attribute Decision Making-Simple Additive Weighting* (MADM-SAW). Metode MADM-SAW dapat

digunakan untuk melakukan penilaian secara lebih tepat karena didasarkan pada nilai kriteria dan bobot prefensi yang sudah ditentukan, kemudian dilanjutkan dengan proses perankingan yang akan menyeleksi alternatif terbaik dari sejumlah alternatif yang ada. Dengan ini diharapkan mengetahui proses yang optimal dalam penelitian ini, sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Pemanfaatan tanin sebagai senyawa polifenol alami dan albumin protein khususnya untuk aplikasi pembuatan busa kaku, sangat tergantung pada kualitas tanin yang dihasilkan dari proses ekstraksi. Rendemen dan kadar tanin yang dihasilkan ditentukan oleh metode ekstraksi, konsentrasi pelarut, waktu, suhu, serta daya ekstraksi yang digunakan. Berbagai penelitian terdahulu tentang ekstraksi tanin dari gambir umumnya masih mengkaji parameter tersebut secara terpisah, sehingga belum bisa menghasilkan kondisi optimum untuk rendemen tanin dan kadar tanin yang dihasilkan. Albumin yang dihasilkan dari putih telur ayam negeri dilakukan dengan cara proses pengeringan secara langsung dengan oven. Pengeringan yang secara langsung ini mengakibatkan terjadinya reaksi *maillard* sehingga mempengaruhi kualitas albumin yang dihasilkan. Fermentasi menggunakan *Rhizopus sp.* dilaporkan mampu mencegah reaksi *maillard* terjadi. Pada putih telur, reaksi ini berpotensi menurunkan mutu produk melalui perubahan warna, penurunan nilai gizi akibat kerusakan asam amino esensial, serta degradasi sifat fungsional protein.

Fermentasi putih telur menggunakan *Rhizopus sp.* berperan dalam menekan terjadinya reaksi *maillard* melalui beberapa mekanisme utama. Aktivitas metabolik *Rhizopus sp.* memanfaatkan gula pereduksi yang terdapat dalam substrat sebagai sumber energi, sehingga menurunkan ketersediaan gugus karbonil reaktif yang diperlukan untuk inisiasi reaksi *maillard*. Selain itu, aktivitas enzim protease selama fermentasi menyebabkan hidrolisis protein albumin secara terkontrol, yang mengubah konformasi protein dan menurunkan reaktivitas gugus amino tertentu terhadap gula selama proses pemanasan. Penelitian tentang mengkaji pengaruh berbagai konsentrasi dan waktu fermentasi *Rhizopus sp.* terhadap karakteristik albumin belum dikaji secara sistematis dan juga pemanfaatannya sebagai bahan

pembentuk busa kaku yang berinteraksi dengan tanin.

Pembentukan busa kaku dipengaruhi oleh karakteristik albumin, metode ekstraksi tanin, serta kecepatan pengadukan. Oleh karena itu, *response surface methodology* (RSM) menjadi pendekatan yang relevan untuk memodelkan dan mengoptimalkan pengaruh secara simultan metode penyediaan albumin, metode ekstraksi tanin, dan kecepatan pengadukan terhadap karakteristik busa kaku. Namun, meskipun RSM mampu menghasilkan kondisi optimum secara statistik, hasil optimasi sering kali menghasilkan lebih dari satu solusi optimum berdasarkan respon yang berbeda, sehingga menimbulkan ambiguitas dalam pemilihan kondisi terbaik untuk implementasi nyata.

Untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan ekstraksi tanin, penyediaan albumin, kecepatan pengadukan terhadap busa kaku yang dihasilkan dilakukan analisis dengan metode *Multi Attribute Decision Making-Simple Additive Weighting* (MADM-SAW). Penilaian dengan MADM-SAW dapat digunakan untuk menilai secara lebih tepat, hal ini berdasarkan pada nilai kriteria dan bobot preferensi yang sudah ditentukan. Berdasarkan permasalahan di atas yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh metode ekstraksi, waktu, suhu, dan daya ekstraksi yang digunakan terhadap rendemen dan kadar tanin yang dihasilkan?
2. Bagaimana interaksi antara konsentrasi ragi *Rhizopus sp.* dan waktu fermentasi terhadap karakteristik albumin yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh metode penyediaan albumin, metode ekstraksi tanin, kecepatan pengadukan terhadap karakteristik busa kaku yang dihasilkan dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM)?
4. Bagaimana menentukan metode ekstraksi tanin dan penyediaan albumin yang optimal dengan menggunakan metode *Multi Attribute Decision Making-Simple Additive Weighting* (MADM-SAW)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah

1. Menganalisis pengaruh metode ekstraksi, konsentrasi pelarut dan gambir, waktu, suhu, dan daya ekstraksi yang digunakan terhadap rendemen dan kadar tanin gambir yang dihasilkan.
2. Mengkaji pengaruh konsentrasi ragi *Rhizopus sp.* dan waktu fermentasi terhadap kualitas albumin yang dihasilkan.
3. Mengkarakterisasi pengaruh metode penyediaan albumin, metode ekstraksi tanin, kecepatan pengadukan terhadap kualitas busa kaku yang dihasilkan dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM).
4. Menentukan metode ekstraksi tanin dan penyediaan albumin yang optimal dengan menggunakan metode *Multi Attribute Decision Making-Simple Additive Weighting* (MADM-SAW).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah

1. Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dan aplikatif dalam pengembangan ilmu pertanian melalui integrasi aspek pengolahan hasil dan rekayasa proses berbasis bioteknologi dan teknologi pascapanen.
2. Hasil penelitian diharapkan mampu meningkatkan nilai tambah komoditas pertanian lokal, khususnya gambir dan produk hasil ternak, melalui optimasi metode ekstraksi tanin dan fermentasi albumin sehingga diperoleh bahan fungsional berkualitas tinggi.
3. Penerapan pendekatan kuantitatif seperti *Response Surface Methodology* (RSM) dan *Multi Attribute Decision Making-Simple Additive Weighting* (MADM-SAW) memberikan dasar pengambilan keputusan yang ilmiah dalam menentukan kondisi proses optimal. Dengan demikian, penelitian ini mendukung pengembangan agroindustri berbasis sumber daya hayati, efisiensi pemanfaatan hasil pertanian, serta mendorong transformasi sistem pertanian menuju pertanian modern yang berkelanjutan dan berorientasi pada inovasi serta kesejahteraan petani.

1.5 Kebaruan Penelitian (*Novelty*)

Kebaruan dalam penelitian ini adalah

1. Pengembangan dan pendekatan penentuan kondisi yang tepat proses ekstraksi tanin gambir yang terstruktur dan berbasis parameter proses sebagai bagian dari penguatan ilmu pertanian, khususnya pada ranah teknologi hasil pertanian dan agroindustri. Pendekatan ini memperluas pemahaman ilmu pertanian mengenai pemanfaatan komoditas perkebunan gambir tidak hanya sebagai hasil budidaya primer, tetapi sebagai sumber senyawa bioaktif fungsional yang dapat direkayasa melalui pengelolaan proses pascapanen secara ilmiah. Dengan demikian, penelitian ini menghasilkan tanin gambir yang diarahkan secara spesifik untuk aplikasi pembuatan busa kaku, sekaligus memberikan kontribusi pengetahuan baru dalam transformasi komoditas pertanian menjadi material bernilai tambah tinggi dalam kerangka pertanian berkelanjutan dan bioindustri.
2. Penentuan kondisi yang tepat untuk fermentasi albumin menggunakan ragi *Rhizopus sp.* melalui pengaturan konsentrasi dan waktu fermentasi secara terkontrol, yang dikombinasikan dengan metode pengeringan *pan drying* dan *foam drying*, pendekatan ini menghasilkan albumin termodifikasi dengan peningkatan kemampuan serta stabilitas pembentukan busa, sehingga memperluas pemanfaatan komoditas pertanian dari sekadar bahan pangan menjadi bahan fungsional bernilai tambah tinggi. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengkajian hubungan fermentasi dan teknik pengeringan terhadap sifat fungsional albumin secara sistematis, yang hingga kini belum dilaporkan secara komprehensif dalam penelitian pertanian sebelumnya.
3. Optimasi proses pembuatan busa kaku dengan mengombinasikan dan membandingkan pengaruh metode ekstraksi tanin, metode penyediaan albumin, dan variasi kecepatan pengadukan berdasarkan pengujian kerapatan, kuat tekan, dan derajat pengembangan sehingga diperoleh persamaan untuk prediksi optimum pembuatan busa kaku.

1.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah

1.6.1 Hipotesis ekstraksi tanin gambir:

H₀: Tidak terdapat interaksi metode ekstraksi (pemanasan dan bantuan *microwave*), konsentrasi pelarut dan gambir, waktu, suhu, serta daya ekstraksi terhadap rendemen dan kadar tanin gambir yang dihasilkan.

H₁: Terdapat interaksi metode ekstraksi (pemanasan dan bantuan *microwave*), konsentrasi pelarut dan gambir, waktu, suhu, serta daya ekstraksi terhadap rendemen dan kadar tanin gambir yang dihasilkan.

1.6.2 Hipotesis penyediaan albumin:

H₀: Tidak terdapat interaksi variasi konsentrasi ragi *Rhizopus sp.* dan waktu fermentasi terhadap kualitas albumin yang dihasilkan dengan pengeringan metode *pan drying* dan *foam drying*.

H₁: Terdapat interaksi variasi konsentrasi ragi *Rhizopus sp.* dan waktu fermentasi terhadap kualitas albumin yang dihasilkan dengan pengeringan metode *pan drying* dan *foam drying*.

1.6.3 Hipotesis busa kaku:

H₀: Tidak terdapat interaksi antara metode ekstraksi, penyediaan albumin serta kecepatan pengadukan terhadap karakteristik busa kaku yang dihasilkan.

H₁: Terdapat interaksi antara metode ekstraksi, penyediaan albumin serta kecepatan pengadukan terhadap karakteristik busa kaku yang dihasilkan.