

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beras merupakan salah satu sumber pangan utama masyarakat Indonesia yang paling banyak dikonsumsi. Berdasarkan data *United State Departement of Agriculture* konsumsi beras dan residu beras di Indonesia per tahun 2024 yaitu 33.02 juta ton. Beras yang dikonsumsi masyarakat Indonesia tersebut sebagian besarnya merupakan beras impor dari tiga negara utama yaitu Thailand, Vietnam, dan Myanmar. Badan Pusat Statistik di tahun 2024 mencatat jumlah beras yang diimpor Indonesia mencapai 3,48 juta ton. Nilai tersebut menunjukkan bahwa Indonesia masih belum mampu memenuhi kebutuhan beras dalam negeri yang dipengaruhi oleh berbagai faktor terkait produksi beras, sedangkan masyarakat Indonesia masih memiliki ketergantungan yang tinggi pada beras sebagai sumber pangan utama. Beras menjadi makanan pokok yang dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia sebagai sumber pemenuhan energi karena mengandung karbohidrat sebagai zat gizi utamanya, namun kandungan gizi lain seperti protein, serat, vitamin, dan mineral relatif terbatas. Salah satunya seperti kandungan zat besi pada beras yang masih tergolong rendah. Zat besi sebagai salah satu jenis mineral esensial yang dibutuhkan oleh tubuh memiliki banyak peranan penting, seperti dalam proses sintesis monoamina, metabolisme energi, metabolisme dopamine, menjaga sistem pertahanan tubuh, serta dalam sintesis sel darah merah (Putri *et al.*, 2022). Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Karo *et al.* (2021) zat besi yang dibutuhkan tubuh untuk memproduksi sel darah merah adalah 20-25 mg zat besi. Sedangkan kandungan zat besi pada beras hanya sebesar 0,2 mg (USDA, 2018). Sehingga untuk mengatasi permasalahan rendahnya kandungan gizi khususnya zat besi pada beras serta tingginya ketergantungan akan konsumsi beras sebagai pangan pokok, maka perlu dilakukan upaya diversifikasi pangan dengan memanfaatkan berbagai sumber pangan lokal melalui pengembangan beras analog.

Beras analog dinilai sebagai salah satu bentuk alternatif pangan yang dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ketersediaan beras dan pemenuhan gizi khususnya zat besi. Hal ini dikarenakan beras merupakan bahan pangan yang hampir dikonsumsi seluruh kalangan masyarakat Indonesia, sehingga jangkauan yang dicapai dalam usaha mengurangi terjadinya defisiensi zat besi menjadi lebih luas. Beras analog adalah beras yang berasal dari non padi serta dapat ditanak menjadi nasi (Putri, 2023). Jenis beras ini termasuk jenis beras alternatif yang memiliki bentuk mirip dengan beras asli yang dibuat dari berbagai macam jenis tepung yang mengandung karbohidrat serta kombinasi bahan lainnya sebagai bentuk fortifikasi, sehingga beras yang dihasilkan memiliki keunggulan pada kandungan gizinya yang sama atau dapat melebihi beras yang berasal dari padi. Proses pembuatan beras analog dapat dilakukan dengan dua metode berbeda, yaitu menggunakan teknologi granulasi dan ekstrusi (Putri, 2023). Namun, dari dua metode tersebut teknologi ekstrusi merupakan teknologi yang paling banyak dikembangkan. Hal ini dikarenakan metode ini dinilai lebih efektif dalam mempertahankan retensi mikronutrien dari fortifikan selama pengolahan dan

pemasakan dan memiliki kemampuan dalam menghasilkan beras analog dengan karakteristik fisik yang baik (Anggraini *et al.*, 2022). Teknologi ekstrusi merupakan metode yang digunakan dalam membuat beras analog dengan mengalirkan bahan pangan yang digunakan melalui *barrel* dan menggunakan satu atau lebih variasi proses pencampuran dan pemanasan melalui *die* yang akan mencetak adonan membentuk beras (Anggraini *et al.*, 2022). Beras analog pada dasarnya dibuat dengan formulasi bahan baku yang mengandung pati atau turunannya sebanyak 50-98%, 2-45% bahan yang memperkaya kandungan gizi beras analog, dan 0,1-10% hidrokoloid (Damat *et al.*, 2020). Sehingga beras analog umumnya dibuat dengan merancang formulasi khusus yang disesuaikan dengan kandungan gizi yang diinginkan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugraha *et al.* (2021) yang membuat beras analog kaya akan antioksidan menggunakan kombinasi ubi jalar dan kelor untuk penderita diabetes, selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Sumardiono *et al.* (2020) beras analog dibuat dengan kandungan kalsium yang tinggi menggunakan bahan berupa tepung singkong, jagung, dan ikan gabus yang diperuntukkan bagi orang dengan osteoporosis. Sehingga untuk memperkaya kandungan zat besi pada beras dapat dilakukan penambahan bahan pangan lokal berupa kacang merah.

Kacang merah menjadi salah satu bahan baku yang dapat digunakan dalam proses pembuatan beras analog sebagai sumber zat besi yang menjanjikan. Hal ini dikarenakan kacang merah memiliki kandungan zat besi dan protein yang tinggi dengan asam amino esensial yang lengkap. Kandungan zat besi pada kacang merah adalah 10,30 mg (Jamil *et al.*, 2023) jauh lebih tinggi dibandingkan pada bayam, cranberry, blueberry dan buah ceri (Bakara *et al.*, 2022). Kacang merah sebagai Famili Leguminosae atau polong-polongan mengandung zat antigizi berupa asam fitat, hemaglutinin, anti-trypsin, dan goitrogen yang dapat menghambat daya cerna komponen zat gizi, namun antigizi yang dominan adalah asam fitat serta tanin pada kulitnya (Kusnandar *et al.*, 2021). Asam fitat dan tanin merupakan senyawa yang umumnya ditemukan pada tumbuhan terutama, biji-bijian, kacang-kacangan, dan polong-polongan yang mengikat mineral penting seperti zat besi dengan membentuk ikatan kompleks yang tidak larut sehingga menurunkan ketersediaan mineral dan mengganggu penyerapannya dalam saluran pencernaan (Muniroh *et al.*, 2021). Zat antigizi tersebut dapat dikurangi jumlahnya melalui berbagai proses pengolahan seperti dekortikasi (pengupasan kulit ari), perendaman, perkecambahan, dan fermentasi. Diantara metode-metode tersebut metode fermentasi dan perkecambahan merupakan dua metode yang paling umum digunakan dalam menurunkan kandungan antigizi kacang-kacangan (Chauhan *et al.*, 2022; Benjamin *et al.*, 2021; Patrick *et al.*, 2021; Ramli *et al.*, 2021; Rizvi *et al.*, 2024). Proses fermentasi merupakan sebuah proses perubahan kimia pada suatu substrak organik melalui aktivitas enzim hasil metabolisme dari mikroorganisme (Maulana *et al.*, 2024). Adapun proses perkecambahan atau germinasi merupakan tahap awal dari perkembangan tanaman yang berbentuk biji dalam hal ini embrio yang ditandai dengan munculnya radikula melalui kulit biji yang pecah (T. Handayani, 2021). Mekanisme penurunan antigizi pada proses fermentasi dan perkecambahan dapat

terjadi melalui keberadaan mikroorganisme dan enzim yang mampu mengurai dan mengurangi keberadaan senyawa-senyawa antigizi. Proses fermentasi mengandalkan enzim yang dihasilkan dari keberadaan mikroorganisme sedangkan proses perkecambahan mengandalkan enzim endogen yang dimiliki dan diaktifkan oleh legum selama proses perkecambahan (Gunathunga *et al.*, 2024; Nkhata *et al.*, 2018). Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Anaemene & Fadupin (2022) zat antigizi yang ada pada legum dalam hal ini kacang gude dapat dikurangi melalui perlakuan perkecambahan, fermentasi, ataupun gabungan keduanya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, proses fermentasi dapat menurunkan asam fitat sebesar 92,15% dan proses perkecambahan 90.61% Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan proses penurunan zat antigizi pada kacang merah melalui proses fermentasi spontan dan perkecambahan yang selanjutnya diolah menjadi tepung sebelum digunakan dalam pengembangan beras analog.

Proses pembuatan beras analog menggunakan bahan berupa sumber karbohidrat yang mengandung pati dan turunannya sebagai bahan baku, bahan yang memperkaya kandungan gizi beras analog, serta hidrokoloid. Kacang merah merupakan bahan yang berperan sebagai bahan yang memperkaya kandungan gizi beras analog. Adapun bahan baku yang mengandung pati dan turunannya digunakan tepung sagu dan tepung mocaf, untuk sumber hidrokoloid digunakan konjak dan karagenan. Tepung sagu mengandung pati sebesar 85,08%, dan mengandung amilosa sebesar 27% serta amilopektin 73% (Megavitry *et al.*, 2019). Adapun tepung mocaf memiliki kandungan amilosa sebesar 11,07% dan kandungan amilopektin sebesar 88,93% (Jayanti *et al.*, 2023). Kandungan amilosa dan amilopektin pada tepung sagu ataupun tepung mocaf akan mempengaruhi beras analog yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan kandungan amilopektin yang tinggi akan berperan dalam menghasilkan nasi yang memiliki tekstur lebih pulen dan lengket (Damat, Natazza, *et al.*, 2020). Adapun kandungan amilosa yang semakin tinggi akan menghasilkan nasi dari beras analog yang teksturnya pera atau keras. Selain itu kombinasi penggunaan dua bahan tersebut digunakan karena jumlahnya yang melimpah di Indonesia sehingga mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah, mocaf memiliki kelemahan berupa aromanya yang khas karena berasal dari proses fermentasi singkong sehingga kurang disukai konsumen, secara teksturnya penggunaan tepung sagu ataupun mocaf secara tunggal masing-masing akan menghasilkan beras analog yang kurang baik. Hal ini dikarenakan amilosa pada tepung sagu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tepung mocaf sehingga, penggunaan kombinasi keduanya diharapkan mampu menghasilkan beras analog yang memiliki tekstur yang baik, elastis dan tidak mudah patah. Hal ini sesuai dengan penelitian Rohmah *et al* (2019) beras dengan amilosa sedang akan menghasilkan nasi yang tidak pera, namun tidak pulen. Tekstur beras tidak hanya dipengaruhi oleh bahan baku sumber karbohidratnya, peranan bahan pengikat juga memberi pengaruh terhadap hasil akhir beras analog yang dihasilkan. Bahan pengikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah konjak dan karagenan. Konjak merupakan jenis hidrokoloid yang berasal dari tanaman umbi konjak dengan 50-70% kandungannya berupa glukomanan polimer D-manosa dan D-glukosa pada tepung

konjak dan mencapai 90% pada konjak murni hasil ekstraksi dari umbi konjak (Tatirat & Charoenrein, 2011). Adapun karagenan merupakan polisakarida alami yang diekstrak dari ganggang merah tumbuhan laut. Penggunaan dua jenis hidrokoloid tersebut adalah untuk menghasilkan tekstur yang baik pada beras analog yang dihasilkan, karagenan berperan sebagai pengikat (*binder*) namun penggunaannya dapat menghasilkan gel yang bersifat kaku dan rapuh sehingga digunakan konjak yang akan bersinergis dengan karagenan membentuk gel yang lebih elastis (Kurniasari *et al.*, 2020). Hal ini juga didukung oleh pernyataan Pratiwi *et al.* (2024) konjak memiliki tipe gel yang elastis sehingga dapat memperbaiki tekstur gel dari kappa karagenan. Oleh karena itu berdasarkan uraian diatas dilakukan penelitian mengenai penentuan formulasi terbaik antara penggunaan tepung kacang merah yang difermentasi atau tepung kacang merah yang dikecambahkan dalam menghasilkan beras analog yang mengandung zat besi dan rendah antigizi

1.2 Rumusan Masalah

Beras sebagai sumber pangan utama masyarakat Indonesia, memiliki kandungan gizi berupa karbohidrat yang tinggi. Namun, keberadaan gizi lain pada beras masih relatif rendah khususnya pada kandungan zat besi. Salah satu sumber pangan lokal yang mengandung zat besi tinggi adalah kacang merah namun kandungan antigizi yang terkandung di dalamnya dapat menyebabkan penyerapan zat besi terhambat, sehingga perlu dilakukan perlakuan tertentu berupa fermentasi dan perkecambahan untuk mengurangi kandungan antigizi tersebut. Penggunaan tepung kacang merah dikombinasikan dengan tepung sagu dan mocaf sebagai sumber karbohidrat pada beras analog serta penggunaan konjak dan karagenan. Proses fermentasi dan perkecambahan dinilai efektif dalam menurunkan kandungan zat antigizi pada kacang-kacangan sehingga, diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan zat besi pada kacang merah untuk selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam pengembangan beras analog sebagai sumber zat besi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan produk beras analog sebagai sumber zat besi yang ditujukan untuk pemenuhan gizi bagi penderita anemia defisiensi besi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pemanfaatan kacang merah terfermentasi dan berkecambah dalam pengembangan beras analog sebagai sumber zat besi adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh formulasi beras analog terbaik yang terbuat dari tepung kacang merah rendah antigizi, sagu, dan mocaf berdasarkan aspek sensori.
2. Untuk menganalisis karakteristik fisik dan kimia beras analog yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai sumber pangan alternatif berupa beras analog sumber zat besi dari pemanfaatan tepung kacang merah, tepung sagu dan tepung mocaf yang memiliki sifat organoleptik yang disukai konsumen serta karakteristik fisik dan kimia yang baik, juga menjadi referensi terkait diversifikasi produk pangan dalam memanfaatkan sumber pangan lokal.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – Oktober 2025 di Laboratorium Pengembangan Produk, Laboratorium Kimia Analisa dan Pengawasan Mutu Pangan, Laboratorium Pengolahan Pangan, Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar Serta pada laboratorium Chem-Mix Pratama Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

2.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini dikelompokkan menjadi tiga jenis berdasarkan tujuan penggunaannya. Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan beras analog adalah baskom, blender, extruder, food dehydrator, gelas ukur, kain saring, kain serbet, kuas, kompor, mesin diskmill, panci kukus, saringan, sendok, spatula dan timbangan digital. Alat-alat analisa atomic absorption spectroscopy (AAS), desikator, oven, Soxhlet, spektrofotometer, tanur, texture analyzer, vortex dan waterbath. Adapun alat-alat gelas dan penunjang yang digunakan meliputi cawan porselen, Erlenmeyer, labu Kjeldahl, labu ukur, mortar dan alu, stopwatch dan termometer.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini dikelompokkan menjadi tiga jenis. Bahan utama, bahan analisa, dan bahan penunjang. Bahan terdiri dari air, akuades, essens pandan, etanol 70%, garam, kacang merah, karagenan, konjak, minyak, tepung mocaf dan tepung sagu. Bahan analisa meliputi alkohol 95%, ammonium thiocyanate, FeCl_3 , H_2SO_4 , HCl , kertas saring, NaCO_3 , NaOH , reagen follin dan trikloroasetat (TCA). Adapun bahan penunjang terdiri atas aluminium foil, sarung tangan latex, sarung tangan plastik dan tisu.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Pembuatan Tepung Kacang Merah Terfermentasi Natural (Anaemene & Fadupin, 2022)

Proses pembuatan tepung kacang merah terfermentasi diawali dengan menimbang kacang merah sebanyak 300 g, kemudian dicuci hingga bersih. Selanjutnya kacang direndam menggunakan akuades dengan perbandingan 1:3 (b/v) dan dilakukan pengukuran pH awal fermentasi, sebagai nilai acuan untuk mengamati perubahan pH selama fermentasi berlangsung. Selanjutnya sampel dibiarkan hingga terjadi proses fermentasi secara natural selama 72 jam pada suhu 28°C. Setelah itu kacang yang telah terfermentasi diukur pH akhir fermentasinya, fermentasi yang berhasil pada kacang merah akan menghasilkan pH yang asam (dibawah pH awal fermentasi). Kemudian dicuci lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 55°C selama 24 jam. Kacang yang telah kering selanjutnya dimasukkan ke dalam mesin *Disk Mill* dengan penyaring ukuran 80 mesh, sehingga diperoleh tepung kacang merah terfermentasi.

2.3.2 Pembuatan Tepung Kacang Merah Berkecambah (Anaemene & Fadupin, 2022)

Proses pembuatan tepung kacang merah berkecambah dilakukan dengan menimbang kacang merah sebanyak 300 g, kemudian dicuci hingga bersih. Selanjutnya kacang merah direndam menggunakan etanol 70% selama 1 menit, hal ini bertujuan untuk sterilisasi permukaan kacang merah tanpa merusak viabilitasnya. Setelah itu kacang merah dibilas dan direndam kembali menggunakan akuades sebanyak 1:6 (kacang merah:akuades) selama 12 jam lalu ditiriskan. Kacang merah yang diperoleh selanjutnya dikecambahkan dalam wadah berlubang dan ditutupi menggunakan kain yang telah dibasahi. Selama 12 jam sekali kacang merah disemprot menggunakan akuades hingga keadaan lingkungan mendukung terjadinya proses imbibisi air ke dalam biji kacang merah (kelembaban relatif berkisar 80-95% dan kadar air sekitar 45-60%) . Proses perkecambahan kacang merah berlangsung selama tiga hari. Kacang merah yang telah berkecambah selanjutnya dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 55°C selama 20 jam. Kacang yang telah kering selanjutnya dimasukkan ke dalam mesin *Disk Mill* dengan penyaring ukuran 80 mesh, sehingga diperoleh tepung kacang merah berkecambah.

2.3.3 Pembuatan Beras Analog (Mahendradatta et al., 2024)

Pembuatan beras analog dilakukan dengan menggunakan teknologi ekstruksi yang diawali dengan menimbang tepung sagu, tepung mocaf dan tepung kacang merah dengan berat masing-masing sesuai dengan perlakuan yang ada. Setelah itu ditambahkan konjak, karagenan, dan garam. Kemudian diaduk selama 3 menit hingga merata. Selanjutnya dilakukan penambahan air, essens pandan dan minyak lalu dilakukan pengadukan kembali selama 10 menit. Setelah itu adonan dibungkus menggunakan kain saring lalu dikukus di dalam dandang selama 30 menit. Kemudian dilakukan pencetakan menggunakan alat ekstruder sehingga diperoleh butiran beras analog yang selanjutnya dikeringkan menggunakan oven blower dengan suhu 60°C selama 4 jam. Adapun perlakuan yang digunakan dalam proses pembuatan beras analog adalah sebagai berikut.

A1: Sagu: kacang merah biasa: mocaf

A2: Sagu: kacang merah fermentasi: mocaf

A3: Sagu: kacang merah berkecambah: mocaf

2.4 Desain Penelitian

2.4.1 Penelitian Tahap 1

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahapan. Tahapan pertama adalah pembuatan beras analog dengan konsentrasi bahan yang digunakan mengacu pada penelitian pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun formulasi yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut dengan konsentrasi bahan utama mengacu pada total berat bahan utama.

Tabel 1. Formulasi beras analog

Formulasi	A1	A2	A3
Bahan Utama			
Tepung kacang merah biasa	50%	-	-
Tepung kacang merah terfermentasi	-	50%	-
Tepung kacang merah berkecambah	-	-	50%
Tepung sagu	30%	30%	30%
Tepung mocaf	20%	20%	20%
Total	100%	100%	100%
Bahan Tambahan			
Konjak	1%	1%	1%
Karagenan	1%	1%	1%
Air	23%	23%	23%
Minyak	2%	2%	2%
Essens pandan	2%	2%	2%
Garam	0,1%	0,1%	0,1%

Beras analog yang dihasilkan kemudian dilakukan uji lanjut pada penelitian tahap II.

2.4.2 Penelitian Tahap 2

Penelitian tahap II dilakukan setelah diperoleh beras analog yang selanjutnya dilakukan uji organoleptik metode hedonik dan deskriptif skoring, lalu dianalisis sifat fisiknya berupa, rendemen, *texture profile analyze* (TPA), ekspansi volume, dan waktu pemasakan. Sifat kimianya, meliputi kadar zat besi, kadar tannin, kadar asam fitat, kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat, kadar serat kasar, dan total kalori.

2.5 Parameter Pengujian

2.5.1 Pengujian Organoleptik (Sajidah *et al.*, 2022)

Pengujian organoleptik dilakukan menggunakan metode tingkat kesukaan (hedonik) dan deskriptif skoring terhadap 35 orang panelis. Pengujian dilakukan dengan menyiapkan sampel dari masing-masing perlakuan pada wadah organoleptik yang telah diberi kode angka berbeda. Setelah itu, sampel dicoba dan dinilai berdasarkan pada parameter rasa, aroma, warna dan tekstur menggunakan skala angka. Data yang diperoleh kemudian masing-masing diolah. Data hasil uji organoleptik metode hedonik menunjukkan tingkat kesukaan dan penerimaan panelis, sedangkan data hasil uji organoleptik metode deskriptif skoring digunakan untuk menggambarkan deskripsi panelis terhadap sampel beras analog. Keterangan untuk masing-masing skala dalam pengujian organoleptik adalah sebagai berikut:

Skala dalam uji hedonik

1= sangat tidak suka

2= tidak suka

3= agak suka

4= suka

5= sangat suka

Skala dalam uji deskriptif skoring

Tabel 2. Skala dalam uji dekskriptif skoring

Skala	Kenampakan	Warna	Aroma	Tekstur	Rasa
1	Bulir nasi terpisah dan tidak saling merekat	Cerah, tidak terdapat bintik merah	Tidak tercium aroma kacang sama sekali	Tidak pulen	Tidak terasa kacang sama sekali
2	Bulir nasi cukup terpisah dan saling merekat	Cerah, dengan sedikit bintik merah	Tercium aroma kacang, namun dalam intensitas lemah	Kurang pulen	Terasa kacang, namun dalam intensitas lemah
3	Bulir nasi cukup lengket dan cukup merekat kuat	Cukup cerah, bintik merah mulai jelas	Tercium aroma kacang dalam intensitas cukup kuat	Cukup pulen	Terasa kacang dalam intensitas cukup kuat
4	Bulir nasi lengket dan merekat kuat	Gelap, dengan bintik merah jelas	Tercium aroma kacang dalam intensitas yang kuat	Pulen	Terasa kacang dalam intensitas yang kuat
5	Bulir nasi sangat lengket dan sangat merekat kuat	Sangat gelap, dengan banyak bintik merah	Tercium aroma kacang dalam intensitas yang sangat kuat	Sangat pulen	Terasa kacang dalam intensitas yang sangat kuat

2.5.2 Analisis Sifat Fisik Beras Analog

2.5.2.1 Rendemen (Enny *et al.*, 2025)

Pengujian rendemen beras analog dilakukan dengan menghitung total berat awal dari bahan bahan yang digunakan Setelah itu nilai yang diperoleh kemudian dicatat. Setelah proses produksi beras analog selesai hingga ke tahap pencetakan dan pengeringan beras yang diperoleh kemudian ditimbang dan dicatat nilai yang diperoleh. Nilai tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus perhitungan rendemen berikut untuk mengetahui rendemen beras analog yang dihasilkan.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat akhir (g)}}{\text{Berat awal (g)}} \times 100\%$$

2.5.2.2 Texture Profile Analyze (TPA) (Kurniasari *et al.*, 2020)

Pengujian tekstur dilakukan dengan memasak sampel berupa beras analog hingga menjadi nasi yang diambil sebanyak 5 g dan diukur menggunakan alat berupa *texture analyzer* sebanyak 2 kali tekanan dan alat dikonfigurasi dengan *pre-test* 1 mm/detik, *speed* 0,5 mm/detik, dan nilai deformasi 0,2 mm sehingga diperoleh nilai *hardness* (kekerasan).

2.5.2.3 Ekspansi Volume (Sutrisno *et al.*, 2024)

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur perubahan beras setelah dimasak dibandingkan dengan volume awal sebelum beras dimasak. Pengujiannya diawali dengan menyiapkan beras analog dan nasi analog masing-masing 5 g. Kemudian mengisi 50 mL akuades ke dalam dua gelas ukur berbeda ukuran 100 mL. Selanjutnya beras analog dan nasi analog dimasukkan ke dalam gelas ukur berbeda yang telah berisi akuades sebanyak 50 mL dan dicatat kenaikan volumenya. Nilai ekspansi diperoleh menggunakan rumus berikut.

$$\text{Volume ekspansi (\%)} = \frac{a-b}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a: Volume nasi analog (ml)

b: Volume beras analog (ml)

2.5.2.4 Waktu Pemasakan (Dinarki *et al.*, 2014)

Pengujian waktu pemasakan dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan untuk beras analog berubah menjadi nasi. Pengujiannya dilakukan dengan memanaskan 100 mL akuades diatas *hotplate*. Selanjutnya ketika akuades sudah mencapai suhu 100°C dimasukkan 10 g beras analog dan diukur lawa waktu menggunakan *stopwatch* dan dihentikan ketika nasi telah matang yang ditandai dengan beras yang tidak lagi keras dan berbintik putih pada bagian tengahnya. Lama waktu yang diperoleh kemudian dicatat.

2.5.3 Analisis Sifat Kimia Beras Analog

2.5.3.1 Kadar Zat Besi (Nadhifa *et al.*, 2025)

Pengujian kadar zat besi dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom atau *atomic absorption spectroscopy* (AAS). Pengujian diawali dengan preparasi sampel meliputi pengabuan sampel dan dilakukan penambahan HNO_3 1N 10 mL dan dipanaskan diatas *hotplate* hingga sampel larut dan menyisakan ± 1 -2 mL volume sampel. Selanjutnya sampel disaring ke dalam labu ukur 50 mL dan dibilas dengan akuades hingga tidak terdapat residu. Setelah sampel siap selanjutnya kurva standar dibuat menggunakan larutan Fe (III) dan sampel diinjeksikan ke dalam *atomic absorption spectroscopy* (AAS) sehingga diperoleh hasil uji AAS. Nilai yang diperoleh kemudian dikonversi dalam konsentrasi mg/kg menggunakan rumus berikut.

$$\text{Fe} = \frac{\text{mg/l} \times \text{fp} \times \text{volume sampel (L)}}{\text{berat sampel (kg)}} \times 100\%$$

2.5.3.2 Kadar Tanin (Listiana *et al.*, 2022)

Pengujian kadar tanin pada beras analog dilakukan dengan melarutkan beras analog sebanyak 5 g ke dalam akuades hingga volume 100 mL. Kemudian larutan ekstrak yang diperoleh tersebut, dipipet sebanyak 1 mL dan ditambahkan dengan 0,5 reagen *follin denis*, 1 mL larutan jenuh NaCO_3 dan 10 mL akuades. Selanjutnya larutan divortex dan dilakukan pengukuran absorbansi sampel menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 730 nm. Data yang diperoleh selanjutnya dicatat dan dihitung menggunakan persamaan kurva standar.

2.5.3.3 Kadar Asam Fitat (Nadhifa *et al.*, 2025)

Pengujian kadar asam fitat dilakukan dengan cara beras analog sebanyak 2 g dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 mL. Kemudian ditambahkan 25 mL trikoloroasetat (TCA) 3%. Selanjutnya digerus menggunakan mortar alu. Larutan kemudian disentrifus dan dipipet sebanyak 5 mL larutan yang jernih lalu ditambahkan 5 mL larutan FeCl_3 1 N dan dipanaskan pada waterbath suhu 100 °C selama 1 jam. Kemudian larutan didinginkan lalu di sentrifus selama 10-15 menit dan supernatant dibuang. Endapan yang diperoleh selanjutnya dicuci menggunakan 10 mL larutan TCA 3% dan di sentrifus kembali selama 10-15 menit lalu supernatant dibuang. Pencucian diulang dengan menggunakan akuades yang selanjutnya di centrifuge kembali selama 10-15 menit, dan supernatant dibuang. Kemudian ditambahkan 5 mL akuades dan 5 mL NaOH 0,6 N, kemudian dipanaskan dalam waterbath selama 45 menit suhu 100 °C dan didinginkan lalu di sentrifus kembali selama 10-15 menit dan supernatan dibuang. Endapan selanjutnya dilarutkan pada HCl 0,5 N dan dipanaskan menggunakan waterbath selama 10-15 menit suhu 100 °C hingga diperoleh warna jernih kekuningan. Larutan kemudian dituang

pada labu ukur 100 mL kemudian diencerkan hingga tanda tera menggunakan HCl 0,1 N, Selanjutnya sampel dianalisa kadar besinya. Larutan dipipet sebanyak 1 mL dan ditambahkan 2 mL *Ammonium Thiocyanate* 1,5 M sehingga membentuk warna merah. Kemudian ditambahkan akuades hingga volume 10 mL lalu absorbansi sampel dibaca menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 510 nm. Data yang diperoleh selanjutnya dicatat kemudian dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Asam Fitat (\%)} = \frac{\text{Kadar Fe} \times \text{Faktor pengenceran}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

2.5.3.4 Kadar Air (AOAC, 2005)

Pengujian kadar air dilakukan dengan metode oven yang diawali dengan mengeringkan cawan porselen selama satu jam di suhu 105 °C. Setelah itu cawan porselen dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang hingga diperoleh berat cawan kosong. Selanjutnya sampel berupa beras analog yang telah dipreparasi ditimbang sebanyak 2 gram dalam cawan porselen dan dioven dengan suhu 105 °C selama 5 jam dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang. Setelah itu sampel dioven kembali hingga diperoleh berat konstan. Setelah itu berat yang diperoleh dimasukkan ke dalam rumus perhitungan kadar air berikut.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat awal (g)} - \text{Berat akhir (g)}}{\text{Berat awal (g)}} \times 100\%$$

2.5.3.5 Kadar Abu (AOAC, 2005)

Pengujian kadar abu dilakukan dengan memasukkan cawan porselen kedalam tanur dengan suhu 600°C selama 1 jam. Setelah itu cawan porselen dimasukkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang. Selanjutnya sampel berupa beras analog ditimbang sebanyak 2 g dan dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya. Kemudian dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 600°C selama 5 jam hingga sampel berubah menjadi abu. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang. Nilai yang diperoleh dimasukkan ke dalam rumus perhitungan kadar abu berikut.

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{Berat akhir (g)} - \text{berat awal (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

2.5.3.6 Kadar Protein (AOAC, 2005)

Pengujian kadar protein dilakukan dengan menimbang sampel sebanyak 0.5 gram dan dimasukkan kedalam labu *kjeldahl* dan ditambahkan selenium sebanyak 1 g dan H₂SO₄ pekat 7 mL. Setelah itu beras analog didestruksi selama hingga larutan berupa menjadi kristal bening. Kemudian sampel ditambahkan akuades 50 mL dan NaOH 40% sebanyak 10 mL dan dilakukan proses destilasi. Hasil destilasi kemudian

ditampung pada Erlenmeyer yang beris H_3BO_3 2% dan indikator *Brom Cresol Green-Menthyl Red* sebanyak 2 tetes hingga volumenya menjadi 10 mL dan sampel berubah warna menjadi hijau kebiruan yang menandakan proses destilasi dihentikan dan selanjutnya dilakukan titrasi menggunakan HCl 0,0235 hingga warna berubah menjadi merah muda. Sampel blanko diberikan perlakuan yang sama. Nilai yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam rumus perhitungan kadar protein berikut.

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{V \times N \times 14,008 \times 6,25}{W \times 1000} \times 100\%$$

Keterangan:

V: Volume titrasi (mL)

N: Normalitas HCl (0,1 N)

W: Berat sampel (gram)

6,25: Faktor konversi protein

14,008: Berat atom nitrogen (g/mol)

1000: Faktor konversi mL menjadi L

2.5.3.7 Kadar Lemak (AOAC, 2005)

Pengujian kadar lemak diawali dengan mengoven kertas saring selama satu jam dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Kemudian sampel beras analog ditimbang sebanyak 2 gram dan dibungkus dengan kertas saring yang telah dioven sebelumnya. Selanjutnya sampel dioven kembali selama tiga jam pada suhu 105°C dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang beratnya. Kemudian pelarut kloroform sebanyak 500 mL dimasukkan ke dalam labu soxhlet dan dilakukan ekstraksi lemak selama lima jam. Selanjutnya, sampel dikeringkan kembali selama satu jam pada suhu 105°C dan dipindahkan ke desikator selama 15 menit. Sampel ditimbang dan nilai yang diperoleh dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Lemak (\%)} = \frac{a-b}{c} \times 100\%$$

Keterangan:

a: Bobot awal sampel (g)

b: Bobot akhir sampel (g)

c: Berat sampel (g)

2.5.3.8 Kadar Karbohidrat (AOAC, 2005)

Pengujian kadar karbohidrat mengacu pada analisa kadar karbohidrat (AOAC, 2005) yang dilakukan secara *by difference*. Metode tersebut dilakukan dengan mengurangkan 100% dengan hasil pengujian kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kadar lemak sehingga diperoleh hasil. Berikut merupakan rumus perhitungan yang digunakan.

$$\text{Kadar karbohidrat (\%)} = 100\% - (\% \text{abu} + \% \text{air} + \% \text{lemak} + \% \text{protein})$$

2.5.3.9 Kadar Serat Kasar (Handayani et al., 2022)

Pengujian kadar serat dilakukan dengan menimbang sampel sebanyak 2 g. Kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL dan dihomogenkan menggunakan larutan H_2SO_4 sebanyak 50 mL. Setelah itu, dipanaskan menggunakan refluks selama 30 menit dengan suhu 100°C . Kemudian ditambahkan NaOH sebanyak 50 mL dan dipanaskan kembali menggunakan refluks selama 30 menit. Selanjutnya sampel disaring menggunakan kertas saring yang telah dioven selama satu jam dan diketahui bobotnya. Kemudian, sampel dicuci dengan akuades panas hingga filtrat hasil saringan berwarna bening. Selanjutnya setelah filtrat berwarna bening, dicuci menggunakan alkohol 95% sebanyak 15 mL dan disaring. Setelah itu, dikeringkan dengan oven selama 3 jam dengan suhu 105°C dan ditimbang. Data yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam rumus berikut untuk mengetahui kadar serat sampel.

$$\text{Kadar Serat Kasar (\%)} = \frac{a-b}{c} \times 100\%$$

Keterangan:

a: Bobot akhir (g)

b: Bobot kertas saring (g)

c: Berat sampel (g)

2.5.3.10 Total Kalori (Rosida et al., 2022)

Pengujian total kalori dilakukan secara tidak langsung yang didasarkan pada kandungan karbohidrat, protein, dan lemak. Karbohidrat sebanyak 1 g setara dengan 4 kalori, protein 1 g setara dengan 4 kalori, dan lemak 1 g setara dengan 9 kalori. Sehingga nilai total kalori sampel dapat diketahui dengan menghitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kalori (Kkal)} = \text{Protein} \times 4 + \text{karbohidrat} \times 4 + \text{lemak} \times 9$$

2.6 Analisis Data

Data hasil pengujian organoleptik yang diperoleh akan diolah dengan menggunakan aplikasi SPSS metode *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk melihat adanya perbedaan dan jika diperoleh hasil yang berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT).