



PENINGKATAN KARAKTERISTIK GIZI DAN POTENSI ANTIOKSIDAN TEPUNG KACANG TUNGGAK MELALUI PERKECAMBAHAN, PENYANGRAIAN DAN KOMBINASINYA

The Improvement of Nutritional Characteristics and Antioxidant Potential of Cowpea Flour Through Germination, Roasting and Its Combinations

Agus Setiyoko¹ dan Yuli Perwita Sari^{1*}

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Agroindustri, Universitas Mercu Buana Yogyakarta, Jl. Wates km 10 Yogyakarta 55753

*Email korespondensi: yuli.perwita@mercubuana-yogya.ac.id

Article info : Received in 18 September 2023, Revised in 15 October 2023,
Accepted 31 October 2023

ABSTRACT

Cowpeas are a particular kind of legume and contain the second highest protein after soybeans. Cowpea is inadequate because it has antinutritional elements such as tannins, phytic acid, and trypsin inhibitors. Pretreatment is necessary to lower anti-nutritional elements and increase the nutrition of cowpeas' ability to be digested. This study was done to determine the effect of various pretreatment techniques on enhancing cowpea flour's nutritional qualities and antioxidant potential. A completely randomized design with one factorial and three analytical replications was done. The findings of this study demonstrate that cowpea flour may be made using a variety of pretreatments, including germination, roasting, or its combination. A combination of germination treatment followed by roasting at 140°C for 40 minutes can significantly reduce the phytic acid, tannin, and color content and increase the yield and density of the cowpea flour produced. In addition, the initial treatment with the combination had the highest protein content of 46.88%, the highest total phenol, and the most increased Radical Scavenging Activity (RSA) or antioxidant activity of 47.00%. The most effective method to produce cowpea flour with the best nutritional properties and antioxidant potential is a combination of germination and roasting processes as a pretreatment.

Keywords: *antioxidant; anti-nutritional; cowpea flour, pre-treatment*

ABSTRAK

Kacang tunggak termasuk kacang-kacangan yang tinggi akan kandungan protein. Namun, kacang tunggak memiliki kelemahan karena mengandung tanin, asam fitat, dan inhibitor tripsin, yang bersifat antinutrisi. Perlakuan awal (*pretreatment*) diperlukan untuk menurunkan unsur antinutrisi dan meningkatkan kemampuan daya cerna kacang tunggak. Riset ini bertujuan untuk mempelajari efek berbagai teknik pretreatment terhadap peningkatan kualitas zat gizi dan potensi antioksidan tepung kacang tunggak. Perlakuan awal yang dilakukan pada kacang tunggak antara lain perkecambahan, penyangraian dan kombinasinya. Penggunaan perlakuan kombinasi perkecambahan yang dilanjutkan dengan penyangraian secara signifikan ($p < 0,05$) dapat menurunkan kandungan asam fitat, tanin, warna dan

meningkatkan rendemen serta densitas kamba tepung kacang tunggak yang dihasilkan. Selain itu, perlakuan pendahuluan dengan kombinasi dapat menghasilkan kadar protein tertinggi mencapai 46,88%, total fenol dan aktivitas antioksidan tertinggi 47,00%RSA. Perlakuan pendahuluan dengan metode kombinasi perkecambahan dan penyangraian merupakan metode yang terbaik untuk menghasilkan tepung kacang tunggak dengan karakteristik gizi terbaik dan berpotensi antioksidan.

Kata kunci: antioksidan, anti gizi, tepung kacang tunggak, *pre-treatment*

PENDAHULUAN

Diversifikasi produk berbasis pertanian sangat penting untuk meningkatkan penggunaan sumber-sumber lokal dari suatu produk pertanian. Kacang tunggak merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang menjadi sumber protein nabati. Kacang ini bahkan mengandung protein tertinggi kedua setelah kacang kedelai (Ismayanti & Harijono, 2015). Dalam 100 gram bahan kacang tunggak, terdapat 24,4 g protein, 56,6 g karbohidrat, 1,9 g lemak, 481 mg kalsium, 399 mg fosfor, dan 2,68 g asam fitat (Safitri *et al.*, 2016). Kacang tunggak memiliki beberapa keunggulan yaitu kandungan lemak yang rendah, sekitar 1% berat kering (db), tingginya kadar protein berkisar antara 23 hingga 32% berat kering (db), menjadi sumber mineral yang potensial, asam folat, dan memiliki kandungan senyawa nutrasetika seperti antioksidan dan tinggi serat pangan (Ariviani *et al.*, 2021). Sejumlah studi telah mengungkapkan bahwa kacang tunggak mempunyai kandungan senyawa antioksidan, seperti total senyawa fenolik sekitar 38, 22 mg GAE/100 g berat kering sampel (Marsono, 2005) dan sekitar 35,06 mg/100 g berat kering (db) (Ariviani *et al.*,

2010). Kandungan fenolik dalam tepung kacang tunggak juga bervariasi, berkisar antara 34,6-376,6 mg/100 g tepung (Cai *et al.*, 2003).

Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan tepung kacang tunggak dalam pengolahan aneka produk pangan antara lain : substitusi tepung kacang tunggak pada crackers sebesar 20% menghasilkan produk yang dapat diterima oleh panelis (Lestari *et al.*, 2019). Penelitian lain juga pernah dilakukan mengenai penambahan tepung kacang tunggak sebesar 25% dapat meningkatkan daya kembang roti perancis (Guvitha & Suhartiningsih, 2019). Hasil lainnya menunjukkan bahwa aplikasi tepung ini hingga 50% dalam pembuatan biskuit menghasilkan produk dengan sifat terbaik. Selain itu, penambahan tepung ini juga mampu menghasilkan produk sereal fungsional yang memiliki tingkat senyawa antioksidan yang tinggi (Ariviani *et al.*, 2021; Puspitasari *et al.*, 2020). Dengan adanya substitusi tepung kacang tunggak yang sudah diberikan perlakuan pendahuluan, diharapkan dapat menciptakan roti tawar yang memiliki sifat fungsional (berpotensi antioksidan).

Namun, kacang tunggak juga memiliki beberapa kelemahan, termasuk kandungan zat-zat anti gizi seperti tripsin inhibitor sekitar 13,70 mg/g, asam fitat sekitar 12,80 mg/g, dan tanin sekitar 9,70 mg/g (Ismayanti & Harijono, 2015) serta bau langu yang tinggi. Pengurangan zat anti gizi dan peningkatan daya cerna gizi pada kacang tunggak dapat dilakukan dengan perlakuan pendahuluan (*pre-treatment*). Perendaman, pemanasan, penyinaran, pemanggangan, perkecambahan, dan fermentasi adalah beberapa teknik yang dapat digunakan (Narsih *et al.*, 2018). Perlakuan pendahuluan dengan metode perkecambahan telah terbukti mampu menghasilkan tepung kacang tunggak yang memiliki tingkat keputihan yang maksimal, memiliki potensi aktivitas antioksidan yang dan protein larut (Ariviani *et al.*, 2021).

Kacang merah dapat diberikan perlakuan perendaman untuk menurunkan kadar asam fitatnya. Pangastuti *et al.*, (2013) menemukan, konsentrasi asam fitat kacang merah turun 23,9% setelah direndam selama 24 jam. Menurut penelitian lain, perlakuan fermentasi pada biji sorgum memiliki potensi untuk memperkecil kadar asam fitat sebanyak 13,36% hingga 44,65% (Setiarto & Widhyastuti, 2016). Namun, peneliti rata-rata hanya menggunakan metode *pretreatment* tunggal saja untuk

meningkatkan pencernaan gizi kacang-kacangan dan menurunkan unsur anti gizi.

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa lama perkecambahan kacang tunggak selama 48 jam mampu menghasilkan total fenol sebesar 256,16 mg EAG/100 g, total flavonoid sebesar 29,97 mg EQ/100g, dan aktivitas antioksidan (IC50) sebesar 5.928,39 mg/L (Putri *et al.*, 2021). Lama waktu perkecambahan kacang tunggak selama 8 jam diketahui juga mampu meningkatkan kadar protein tepung kacang tunggak (Sutanti *et al.*, 2013). Perlakuan perkecambahan kacang tunggak meningkatkan daya cerna protein dan menurunkan aktivitas antitripsin (Elvira, Wisaniyasa, *et al.*, 2019)

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan perlakuan pendahuluan (*pretreatment*) yakni perkecambahan, penyangraian, kombinasi (perkecambahan dan penyangraian) terhadap kualitas zat gizi dan potensi antioksidan tepung kacang tunggak.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama penelitian ini yakni kacang tunggak yang didapatkan dari Pasar Gamping, Sleman. Bahan kimia yang digunakan yakni NaOH, FeCl₃, TCA, HCl, H₂SO₄, n-hexane dari Merck (Germany).

Metode

Perlakuan pendahuluan (*pre-treatment*) ini meliputi (perkecambahan; penyangraian; kombinasi (perkecambahan +penyangraian); kontrol) (Salami *et al.*, 2020). Uji proksimat dengan metode (AOAC, 2005) Uji fisik (rendemen, densitas kamba, daya serap minyak (DSM), dan pengujian warna (S. Ariviani *et al.*, 2021). Pengujian aktivitas antioksidan dengan metode penangkapan radikal bebas 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) mengacu pada (Tamaroh & Sudrajat, 2021).

Perlakuan Pendahuluan (*Pretreatment*) ini mengacu pada (Salami *et al.*, 2020)

a. Perkecambahan

Sejumlah 1 kilogram biji kacang tunggak dilakukan perendaman dalam 3 L air pada perbandingan 1:3 (b/v) selama 24 jam. Benih kemudian dibilas secara menyeluruh menggunakan air mengalir lalu ditiriskan selama 5 menit. Pengereng kabinet digunakan untuk mengeringkan kacang tersebut selama 8 jam pada suhu 50°C. Biji kering ini lalu dihaluskan dengan cara digiling dengan alat penggiling yang diikuti dengan pengayakan menggunakan saringan 80 mesh. Sampel disimpan dalam suhu 4°C hingga digunakan.

b. Penyangraian

Sebanyak 1 kg biji kacang tunggak yang telah dibersihkan (2 kg) disebarakan secara merata di atas nampan dan disangrai pada suhu 140°C selama 40 menit dengan

pengadukan secara merata, didinginkan, digiling menggunakan, diayak hingga ukuran 80 mesh, dikemas dalam kantong polietilen densitas tinggi dan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu 4°C sampai digunakan.

c. Kombinasi Perkecambahan dan Penyangraian

Biji kecambah kacang tunggak yang sudah selesai dikeringkan menggunakan *Cabinet dryer* dengan lama waktu 8 jam pada suhu 50°C, selanjutnya disebarakan secara merata di atas nampan dan disangrai pada suhu 140°C selama 40 menit dengan pengadukan secara merata, didinginkan, digiling menggunakan, diayak hingga ukuran 80 mesh, dikemas dalam kantong polietilen densitas tinggi dan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu 4°C sampai digunakan.

d. Kontrol

Biji kacang tunggak tidak diberikan perlakuan pendahuluan, selanjutnya biji yang sudah disortir dan sudah dibersihkan selanjutnya dilakukan pengecilan ukuran dengan mesin penggiling. Tepung kemudian diayak dengan ayakan ukuran 80 mesh. Sampel disimpan dalam suhu 4°C hingga digunakan.

Rancangan Percobaan

Rancangan acak lengkap dengan 1 faktorial digunakan pada penelitian ini. Penelitian dilakukan dengan 3 kali ulangan analisis. Data yang diperoleh kemudian dilakukan uji normalitas dengan Shapiro-Wilk

menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistics 24. Data yang berdistribusi normal dilanjutkan dengan one-way ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95%. Apabila terdapat perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji Post-hoc (Tukey).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Senyawa Anti Gizi Kacang Tunggak

Hasil analisis senyawa anti gizi tepung kacang tunggak dengan berbagai variasi perlakuan *pre-treatment* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis senyawa anti gizi tepung kacang tunggak

Perlakuan	Asam Fitat	Tanin
Kontrol	0,14 ^a	0,52 ^a
Perkecambahan	0,12 ^b	0,50 ^b
Penyangraian	0,10 ^c	0,45 ^c
Kombinasi (perkecambahan dan penyangraian)	0,07 ^d	0,38 ^d

Huruf superscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95%.

Asam Fitat

Perlakuan perkecambahan menurunkan kadar asam fitat dari tepung kacang tunggak. Penurunan asam fitat ini dikarenakan asam fitat yang terkandung pada biji digunakan sebagai energi dan berfungsi

untuk sumber kation pada pertumbuhan kecambah. Proses perkecambahan bisa mempercepat enzim fitase dalam pemecahan senyawa fitat sehingga menurunkan kandungan asam fitat pada bahan (Narsih *et al.*, 2018). Perlakuan penyangraian menurunkan kadar asam fitat lebih tinggi daripada perlakuan perkecambahan, hal ini karena suhu tinggi selama proses penyangraian dapat memicu degradasi asam fitat yang dapat mengurangi jumlah asam fitat dalam biji kacang. Asam fitat merupakan senyawa yang labil terhadap panas, sehingga dengan adanya panas selama penyangraian dapat mengurangi kadar asam fitat. Hal ini didukung dengan penemuan Mesfin *et al.*, 2021 penyangraian pada suhu 150 °C selama 30 menit dalam oven dapat menurunkan kadar asam fitat sebanyak 40%. Perlakuan kombinasi signifikan memberikan hasil penurunan asam fitat terbesar. Hal ini dikarenakan efek dari kombinasi perlakuan perkecambahan dan penyangraian yang lebih efektif dibandingkan ketika perlakuan tersebut diberikan secara terpisah.

Kadar Tanin

Perlakuan perkecambahan menurunkan kadar tanin dibandingkan perlakuan kontrol.

Menurut penelitian (Ojha *et al.*, 2018) setelah proses perkecambahan, kandungan tanin dalam tepung sorgum dapat diturunkan dari 3,1 mg/g menjadi 2,6 mg/g. Penurunan ini

diduga karena tanin yang bersifat larut dalam air dapat mengalami pemecahan sebagai sumber energi. Perlakuan penyangraian yang diberikan juga menurunkan kadar tanin pada tepung kacang yang disebabkan karena proses penyangraian melibatkan pemanasan biji kacang pada suhu tinggi, dan suhu tinggi ini dapat menyebabkan degradasi tanin. Peningkatan suhu dan durasi penyangraian yang lebih lama menyebabkan kerusakan pada senyawa-senyawa seperti tanin yang larut dalam air (Utami Dewi *et al.*, 2016). Perlakuan kombinasi merupakan perlakuan terbaik dalam menurunkan kadar tanin pada tepung kacang tunggal dengan hasil terendah yaitu sebesar 0,38%.

Analisis Sifat Fisik Tepung Kacang Tunggal

Hasil analisis fisik tepung kacang tunggal dengan berbagai variasi perlakuan pre-treatment disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat fisik tepung kacang tunggal

Perlakuan	L	a*	b*	Rendemen (%)	Densitas Kamba (g/cm ³)	Daya serap minyak (g/g)
Kontrol	82,19 ^d	1,20 ^a	10,92 ^a	27,48 ^b	0,44 ^c	9,09 ^c
Perkecambahan	80,40 ^c	1,46 ^b	11,11 ^b	30,89 ^c	0,40 ^b	9,16 ^d
Penyangraian	75,65 ^b	5,11 ^c	15,62 ^c	20,68 ^a	0,37 ^a	9,04 ^b
Kombinasi (Perkecambahan dan Penyangraian)	68,81 ^a	6,72 ^d	15,63 ^c	34,88 ^d	0,56 ^d	8,95 ^a

Huruf superscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95%

Warna

Perubahan dalam tingkat kecerahan (L) yang menurun dan peningkatan warna kuning (b*) pada tepung ini yang disebabkan oleh adanya reaksi pencokelatan non-enzimatik, yaitu reaksi Maillard. Menurut Ai & Ballor, (2010) Proses perkecambahan dapat mengaktifkan enzim sehingga menghasilkan senyawa-senyawa sederhana seperti maltosa, glukosa, dan asam amino. Kenaikan kadar asam amino, maltosa, dan glukosa, yang merupakan gula pereduksi, seiring dengan durasi perkecambahan yang lebih lama, dapat mengakibatkan terjadinya tahapan reaksi Maillard dan meningkatkan nilai (a*).

Penyangraian memiliki dampak yang signifikan pada perubahan karakteristik fisik tepung kacang tunggal, terutama terlihat dalam penurunan nilai kecerahan tepung. Paparan panas yang cukup lama pada suhu 140°C selama 40 menit memungkinkan terjadinya reaksi Maillard pada tepung kacang tunggal, yang menyebabkan penurunan tingkat kecerahan dan peningkatan warna kuning(b*) dan warna (a*) pada tepung tersebut. Reaksi Maillard adalah reaksi pencokelatan non-enzimatik yang memproduksi senyawa kompleks dengan berat molekul tinggi, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan penurunan tingkat kecerahan tepung kacang tunggal setelah disangrai (Palungan *et al.*, 2018) Perlakuan kombinasi berpengaruh

sangat signifikan dalam menurunkan kecerahan warna dari tepung kacang tunggak. Penyebab hal ini diduga oleh adanya kombinasi perkecambahan dan penyangraian yang semakin menurunkan nilai kecerahan, meningkatkan nilai (a^*) dan nilai (b^*) karena terjadinya reaksi Maillard.

Rendemen

Perkecambahan meningkatkan rendemen tepung kacang tunggak yang disebabkan karena selama perkecambahan, biji dapat mengalami pembengkakan dan pengembangan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan berat biji. Hal ini berarti bahwa biji yang telah dikecambahkan memiliki berat yang lebih tinggi daripada biji yang belum dikecambahkan, sehingga meningkatkan rendemen tepung. Sebagaimana disampaikan oleh (Putri *et al.*, 2021) bahwa perkecambahan dapat meningkatkan persentase rendemen pada tepung kecambah kedelai hitam. Perlakuan Penyangraian menurunkan rendemen tepung kacang tunggak yang signifikan dibandingkan dengan kontrol dengan nilai 20,68%, hal ini dikarenakan adanya proses pirolisis selama penyangraian, yang mengakibatkan penguapan air dan senyawa-senyawa volatil yang terbentuk. Seiring dengan peningkatan suhu dan durasi penyangraian yang lebih lama, terjadi pengurangan rendemen karena kehilangan

komponen-komponen tersebut dalam bentuk gas (Pamungkas *et al.*, 2021).

Perlakuan kombinasi meningkatkan rendemen tepung kacang tunggak yang signifikan dengan nilai 34,88%, kenaikan ini dikarenakan selama perkecambahan, biji dapat mengalami pembengkakan dan pengembangan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan berat biji kemudian proses sangrai dapat meminimalkan kadar air dalam biji, yang akan mengurangi berat biji secara keseluruhan. Namun, karena air terbuang, komponen lain dalam biji, seperti minyak dan pati, bisa lebih terkonsentrasi dalam biji yang telah disangrai. Sebagaimana pernyataan (Purnamayanti *et al.*, 2017), proses penguapan sebagian air dalam biji kopi menyebabkan biji kopi menjadi kering yang dapat meningkatkan rendemen tepung karena lebih banyak bahan kering yang tersedia untuk diolah menjadi tepung.

Densitas Kamba

Perlakuan kecambah berpengaruh nyata menurunkan densitas kamba tepung kacang tunggak. Hal ini dapat dijelaskan karena selama proses perkecambahan terjadi penguraian substrat sederhana yang memiliki berat molekul yang lebih kecil yang pada gilirannya dapat menurunkan kadar air dalam biji kopi. Penurunan kadar air ini berdampak pada densitas kamba yang menjadi lebih rendah (Lastari *et al.*, 2016). Perlakuan penyangraian menurunkan nilai densitas

kamba lebih dengan nilai yang lebih rendah daripada perlakuan perkecambahan yang disebabkan karena pada saat penyangraian terbentuk proses penguapan air dan senyawa volatil lainnya sehingga berkurangnya bobot. Sebagaimana dijelaskan oleh Mardjan *et al.*, (2022) selama proses penyangraian biji kopi, terjadi penguapan air dan senyawa volatil lainnya, yang menyebabkan berkurangnya bobot biji kopi yang telah disangrai.

Pada perlakuan kombinasi, menghasilkan peningkatan densitas kamba (kandungan padatan) tepung kacang tunggak yang signifikan dengan nilai 34,88%, kenaikan ini dikarenakan selama perkecambahan, biji dapat mengalami pembengkakan dan pengembangan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan berat biji kemudian proses sangrai dapat meminimalkan kadar air dalam biji, yang akan mengurangi berat biji secara keseluruhan. Namun, karena air terbuang, komponen lain dalam biji, seperti minyak dan pati, bisa lebih terkonsentrasi dalam biji yang telah disangrai (Purnamayanti *et al.*, 2017).

Daya Serap Minyak

Perkecambahan dapat meningkatkan daya serap minyak pada sampel tepung. Hal ini diperkirakan oleh proses perkecambahan yang menghasilkan pembentukan serat pangan. Salah satu karakteristik serat pangan adalah mampu untuk mengikat air atau minyak, yang dapat meningkatkan daya serap

minyak dalam tepung kacang tunggak yang telah mengalami perkecambahan. (Wisaniyasa *et al.*, 2017). Adanya serat yang dihasilkan selama perkecambahan dapat menambah daya serap air dan daya serap minyak pada produk tepung kacang tunggak tersebut (Adedeji *et al.*, 2014). Selain itu, perkecambahan mengakibatkan penguraian molekul kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan berpori, serta munculnya molekul sederhana bermassa ringan yang lebih longgar dan lebih mampu menyerap air dan minyak (Chelule *et al.*, 2010)

Analisis Sifat Kimia Tepung Kacang Tunggak

Hasil analisis kimia sampel dengan berbagai variasi perlakuan pre-treatment ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis sifat kimia tepung kacang tunggak

Perlakuan	Kadar Air (%bb)	Kadar Abu (%db)	Kadar Lemak (%db)	Kadar Protein (%db)	Kadar Karbohidrat By different (%db)
Kontrol	12,97 ^c	4,11 ^a	1,76 ^a	39,10 ^a	59,45 ^a
Perkecambahan	12,61 ^b	4,13 ^a	1,27 ^b	38,54 ^b	58,78 ^a
Penyangraian	4,95 ^d	4,00 ^b	3,98 ^c	34,74 ^a	58,87 ^a
Kombinasi (Perkecambahan dan Penyangraian)	5,20 ^a	3,86 ^c	2,73 ^d	46,88 ^c	47,93 ^b

Keterangan: Huruf superscript yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%

Kadar Air

Kadar air dalam sampel yang telah mengalami proses perkecambahan lebih rendah dibandingkan dengan tepung kacang tunggak kontrol. Menurut hasil penelitian

Saputro *et al.*, (2015), kadar air dalam tepung kecambah cenderung lebih kecil daripada tepung kacang yang belum mengalami perkecambahan. Ini disebabkan oleh air dapat masuk ke dalam biji dan mengakibatkan pembengkakan biji. Pembengkakan ini membuat struktur dalam biji menjadi lebih longgar, jadi ketika biji dikeringkan, air yang ada di dalam biji lebih mudah berpindah, yang pada akhirnya menghasilkan kadar air lebih rendah. Menurut pernyataan Islaku *et al.*, (2017) kadar air paling rendah diperoleh dengan proses penyangraian yaitu sebesar 4,95%, proses penyangraian memiliki efek penghilangan air dari biji kacang tunggak karena ada air yang menguap selama proses penyangraian. Akibatnya, kadar air dalam kacang tunggak yang telah disangrai menjadi rendah. Proses ini merupakan salah satu faktor yang berkontribusi pada pengurangan kadar air dalam biji kacang tunggak yang telah mengalami penyangraian (Moniharapon *et al.*, 2017).

Pada sisi lain karena interaksi antara kedua proses ini, walaupun selisihnya kecil. Proses perkecambahan dapat meningkatkan porositas atau struktur berongga dalam tepung kacang tunggak, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kemampuan tepung untuk menyerap air yang diuapkan selama proses penyangraian. Ini menghasilkan tingkat kadar air yang lebih tinggi dalam

produk akhir, karena air terperangkap dalam struktur berongga tersebut. Nilai kadar air yang diperoleh sudah sesuai dengan SNI tepung yaitu memiliki kadar air maksimal 14,5%.

Kadar Abu

Berdasarkan data pada Tabel 3, Semua perlakuan pendahuluan yang telah diberikan ternyata memiliki dampak yang signifikan pada peningkatan kadar abu dalam tepung kacang tunggak. Kadar abu pada bahan mencerminkan proporsi mineral yang ada pada bahan tersebut. Oleh karena itu, kadar abu yang semakin tinggi menunjukkan semakin tinggi pula kemungkinan terdapat kandungan mineral dalam produk tersebut (Elvira, Wisaniyasa, *et al.*, 2019) Perkecambahan dapat meningkatkan aktivitas enzim fitase. Hal ini mengakibatkan hidrolisis ikatan antara protein dan mineral oleh enzim, sehingga jumlah mineral lebih meningkat (Dewi *et al.*, 2018). Proses penyangraian juga meningkatkan kadar abu dikarenakan selama penyangraian, suhu tinggi dapat menyebabkan penguraian zat organik dalam biji atau kacang. Proses ini menghasilkan pelepasan mineral (abu) yang terkandung dalam zat-zat organik tersebut. Mineral ini dapat mencakup unsur-unsur seperti kalium, magnesium, fosfor, dan lainnya. Selain kandungan mineralnya yang tinggi, sisa kulit ari juga dapat berdampak

pada banyaknya abu pada tepung kacang tunggak (Palungan *et al.*, 2018)

Perlakuan kombinasi menghasilkan kadar abu yang lebih rendah dari perlakuan penyangraian, hal ini disebabkan karena setelah terjadinya proses hidrolisis ikatan antara protein-enzim mineral menjadi bebas oleh aktivitas enzim fitase yang tidak maksimal karena adanya pemanasan pada saat proses penyangraian dengan suhu tinggi dalam penelitian ini yaitu pada suhu 140°C. Sebagaimana disampaikan oleh (Kusumaningrum *et al.*, 2019) bahwa enzim akan mengalami denaturasi pada suhu yang berlebihan, yang mengakibatkan perubahan struktur protein dan memperlambat reaksi yang dikatalisis oleh enzim.

Kadar Lemak

Perlakuan perkecambahan menurunkan kadar lemak tepung kacang tunggak, selama proses perkecambahan, terjadi aktivitas dari enzim lipolitik yang bertanggung jawab untuk pemecahan lemak. Oleh karena itu, perkecambahan dapat menyebabkan penurunan kadar lemak dalam kacang tunggak. Menurut (Sun *et al.*, 2017) selama proses perkecambahan, sebagian dari lemak dalam biji kacang dapat mengalami konversi menjadi bentuk lain yang dibutuhkan dalam proses perkecambahan, seperti gliserol dan energi. Perlakuan penyangraian meningkatkan kadar lemak karena proses *roasting* dapat meningkatkan

asam lemak trans (Mardiana *et al.*, 2021). Selama proses penyangraian, asam lemak tak jenuh dapat mengalami isomerisasi, yaitu perubahan struktur bentuk ganda ikat di antara atom-atom karbon dalam rantai asam lemak. Selama penyangraian kadar air dalam biji berkurang karena penguapan, yang dapat mengakibatkan peningkatan kadar lemak relatif terhadap berat biji kacang yang kering. Oleh karena itu, penyangraian cenderung meningkatkan kadar lemak dalam biji kacang (Wahyuni *et al.*, 2020). Jika salah satu komponen proksimat dalam suatu bahan makanan mengalami penurunan, komponen proksimat lainnya akan mengalami peningkatan untuk mencapai kesetimbangan (Nurmala *et al.*, 2014). Kadar lemak kembali menurun dengan perlakuan kombinasi, hal ini disebabkan karena proses perkecambahan dan penyangraian memiliki efek saling bertentangan, efek perkecambahan lebih dominan menurunkan kadar lemak daripada efek dari proses penyangraian.

Kadar Protein

Tepung kecambah ini memiliki kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan tepung kacang tunggak (tanpa perkecambahan). Selama perkecambahan, terdapat hidrolisis yang menguraikan protein menjadi asam amino. Pembentukan asam amino ini menyebabkan kadar protein yang dihitung berdasarkan total nitrogen (N) dalam bahan menjadi bertambah (Wisaniyasa

& Suter, 2016). Perlakuan penyangraian menambah kadar protein yang signifikan dibandingkan dengan perkecambahan ($p < 0,05$), peningkatan kadar protein dimungkinkan disebabkan oleh pemecahan protein kasar menjadi asam amino selama proses penyangraian (Olanipekun *et al.*, 2015). Telah dilaporkan sebelumnya bahwa ketika bahan makanan disangrai, aktivitas enzim proteolitik meningkat. Semakin tinggi nilai protein yang diperoleh sampel yang disangrai karena peningkatan aktivitas enzim proteolitik selama proses perkecambahan menyebabkan penguraian protein menjadi asam amino sederhana dan peptida bebas (Mbah *et al.*, 2012).

Perlakuan kombinasi, menghasilkan kadar protein tertinggi. Hal ini diduga karena proses perkecambahan memicu pemecahan protein menjadi asam amino, dan selama penyangraian juga terjadi aktivitas enzim proteolitik yang menghidrolisis protein menjadi asam amino. Akibatnya, menghasilkan asam amino yang berpengaruh pada peningkatan kadar protein yang dihitung berdasarkan total nitrogen (N) dalam bahan, yang merupakan hasil dari pemecahan protein menjadi komponen yang lebih sederhana.

Kadar Karbohidrat

Dari hasil analisis diperoleh bahwa terdapat pengurangan kadar karbohidrat (*by difference*) pada kacang tunggak selama

perkecambahan dari 54,88% menjadi 52,99%. Pengurangan ini dapat terjadi akibat proses perkecambahan pada kacang tunggak melibatkan pemecahan karbohidrat oleh enzim hidrolitik. Hasil dari pemecahan karbohidrat ini kemudian digunakan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan selama perkecambahan biji kacang tunggak. Ini selaras dengan yang disampaikan oleh Padmashree *et al.*, (2019) yang menemukan bahwa penurunan kadar karbohidrat tersebut disebabkan oleh aktivitas enzim α -amilase berperan dalam perombakan karbohidrat kompleks yang terdapat dalam kotiledon biji selama proses perkecambahan. Enzim ini mengurai karbohidrat kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana, seperti glukosa dan fruktosa, yang dapat digunakan oleh biji untuk pertumbuhan dan perkembangan selama perkecambahan.

Perlakuan penyangraian semakin menurunkan kandungan karbohidrat dari tepung kacang tunggak. Penurunan kandungan karbohidrat ini disebabkan oleh adanya reaksi Maillard pada saat penyangraian yang menyebabkan degradasi karbohidrat menjadi senyawa lain seperti aldehida, asam karboksilat, dan furan (Syukri *et al.*, 2023) Kandungan karbohidrat paling rendah diperoleh dari hasil kombinasi perlakuan yaitu sebesar 43,32%. Kandungan paling rendah ini dikarenakan terjadi proses pemecahan karbohidrat oleh enzim hidrolitik,

yang hasil pemecahannya dimanfaatkan pada proses perkecambahan serta adanya reaksi Maillard pada saat penyangraian yang menyebabkan degradasi karbohidrat menjadi senyawa lain seperti aldehida, asam karboksilat, dan furan.

Analisis Potensi Antioksidan Tepung Kacang Tunggak

Hasil analisis potensi antioksidan tepung kacang tunggak dengan berbagai variasi perlakuan pre-treatment disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis potensi antioksidan tepung kacang tunggak

Perlakuan	Total Fenol (mgEAG/100 g)	Aktivitas Antioksidan (%RSA)
Kontrol	3,06 ^a	20,76 ^a
Perkecambahan	3,90 ^b	31,29 ^b
Penyangraian	3,99 ^b	41,49 ^c
Kombinasi (Perkecambahan dan Penyangraian)	4,64 ^d	47,00 ^d

Huruf superscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95%

Total Fenol

Perkecambahan mampu meningkatkan total fenol dari 3,06 menjadi 3,90 mg EAG/100 gr. Ini dikarenakan selama perkecambahan terdapat proses biosintesis senyawa fenolik. Menurut Naikoo *et al.*,

(2019). Fenol memiliki sifat antioksidan dan dapat berperan dalam melindungi tanaman dari berbagai stres lingkungan seperti radiasi sinar ultraviolet, paparan logam berat, kondisi kering, suhu rendah dan kekurangan nutrisi. Perlakuan penyangraian tidak signifikan meningkatkan kadar total fenol dibandingkan dengan perkecambahan ($p < 0.05$), karena pada dasarnya suhu dan durasi pemanasan yang tinggi dapat meningkatkan kandungan total fenol dalam tanaman atau bahan tumbuhan (Wazir *et al.*, 2011) akan tetapi pada penelitian ini kandungan total fenol tidak berbeda nyata dengan perkecambahan dikarenakan selama penyangraian pada suhu 140°C selama 40 menit, fenol mengalami kerusakan, sebagaimana dipaparkan oleh senyawa fenol memiliki rentang suhu optimum 0°C-90°C (Putri *et al.*, 2014).

Perlakuan kombinasi meningkatkan total fenol dengan rentang yang tidak terlalu jauh dengan perkecambahan dan penyangraian ($p < 0.05$). Panas yang digunakan dalam proses penyangraian dalam penelitian ini dapat menghancurkan atau mengubah beberapa senyawa fenol, mengurangi kandungan total fenol dalam biji yang telah disangrai.

Aktivitas Antioksidan

Semua perlakuan pendahuluan yang diberikan secara signifikan menaikkan aktivitas antioksidan, semakin tinggi

konsentrasi total fenol dalam bahan, semakin kuat kemampuan antioksidan yang dimiliki bahan tersebut untuk melawan kerusakan sel akibat paparan radikal bebas (Yasser *et al.*, 2020). Peningkatan aktivitas antioksidan seiring dengan kadar komponen fenolik selama perkecambahan. Ini dimungkinkan terjadi karena zat fenol mengandung gugus hidroksil dalam struktur kimianya, yang dapat berfungsi sebagai penangkal radikal bebas (Uchegbu & Ishiwu, 2016). Zat fenolik menyumbangkan protonnya, radikal bebas dapat menjadi radikal stabil (Tursiman *et al.*, 2012). Penyangraian meningkatkan aktivitas antioksidan yang signifikan lebih tinggi ($p < 0.05$) dibandingkan dengan perlakuan perkecambahan. Ini disebabkan selama proses penyangraian terbentuk produk antara yang stabil dan/atau senyawa non-fenolik yang berasal dari proses pirolisis, reaksi Maillard dan/atau karamelisasi karbohidrat (Kim *et al.*, 2011)

Perlakuan kombinasi perkecambahan dan penyangraian dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dalam tepung kacang yang signifikan ($p < 0.05$) hingga 47,00 %RSA disebabkan karena selama proses perkecambahan, biji kacang mengalami perubahan metabolik yang melibatkan aktivitas enzim tertentu. Ini dapat menghasilkan peningkatan dalam senyawa antioksidan seperti fenolat dan flavonoid. Senyawa ini memiliki kemampuan untuk

menangkap radikal bebas dan melindungi sel dari kerusakan oksidatif (Asih, Kadek Warditiani, & Wiarsana, 2022) ditambah dengan proses penyangraian juga dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dalam biji kacang. Meskipun panas tinggi dalam proses penyangraian dapat menghancurkan sebagian senyawa antioksidan, seperti beberapa vitamin, tetapi pada saat yang sama, penyangraian dapat meningkatkan aktivitas senyawa antioksidan tertentu, seperti melanoidin. Melanoidin adalah senyawa yang dapat memiliki sifat antioksidan yang kuat. Melanoidin, yang memiliki kemampuan untuk menangkap radikal bebas, terbentuk selama pemanggangan melalui reaksi Maillard antara protein dan polifenol serta pemecahan polifenol. (Wijanarti *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Tepung kacang tunggak dapat dihasilkan melalui beberapa perlakuan pendahuluan, seperti perkecambahan, penyangraian maupun kombinasinya. Penggunaan perlakuan kombinasi perkecambahan yang dilanjutkan dengan penyangraian secara signifikan dapat menurunkan kandungan asam fitat, tannin, warna dan meningkatkan rendemen serta densitas kamba tepung kacang tunggak yang dihasilkan. Perlakuan kombinasi

perkecambahan dan penyangraian memiliki kadar air yang sedikit lebih tinggi daripada kacang tunggak yang diberikan perlakuan penyangraian saja. Selain itu, perlakuan pendahuluan dengan kombinasi dapat menghasilkan kadar protein tertinggi mencapai 46,88%, total fenol dan aktivitas antioksidan tertinggi 47,00%RSA. Perlakuan pendahuluan dengan metode kombinasi perkecambahan dan penyangraian merupakan metode yang terbaik untuk menghasilkan tepung kacang tunggak. Aromanya yang khas dan warnanya yang coklat kegelapan, menjadikan tepung ini memiliki potensi untuk diaplikasikan pada produk yang dipanggang seperti sebagai substitusi bahan pada pembuatan roti tawar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kemdikbud Ristek Republik Indonesia melalui hibah Penelitian Dosen Pemula tahun pendanaan 2023.

DAFTAR PUSTAKA

Ai, N. S., & Ballor, M. (2010). Peranan Air dalam Perkecambahan Biji. *Jurnal Ilmiah Sains*, 10(2), 190–195.

AOAC. (2005). *Official methods of analysis of the Association of Analytical*

Chemist. Association of Official Analytical Chemist, Inc.

Ariviani, S., Sholihin, N. H., & Nastiti, G. P. (2021). Pengembangan Tepung Kecambah Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata*) Sebagai Sereal Fungsional Kaya Serat Pangan dan Berpotensi Antioksidan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 14(2), 84. <https://doi.org/10.20961/jthp.v14i2.53422>

Asih, D. J., Kadek Warditiani, N., & Wiarsana, I. G. S. (2022). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Amla (*Phyllanthus emblica* / *Embllica officinalis*). *Humantech*, 1, 674–687.

Cai, R., Hettiarachchy, N. S., & Jalaluddin, M. (2003). High-Performance Liquid Chromatography Determination of Phenolic Constituents in 17 Varieties of Cowpeas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(6), 1623–1627. <https://doi.org/10.1021/jf020867b>

Dewi, I. G. A. A. S. P., Ekawati, I. G. A., & Pratiwi, I. D. P. K. (2018). Pengaruh Lama Perkecambahan Millet (*Panicum milliaceum*) Terhadap Karakteristik Flakes. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 7(4), 175. <https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i04.p04>

- Elvira, N., Wisaniyasa, N. W., & Hapsari, N. M. I. (2019). Studi Sifat Kimia, Fungsional, dan Daya Cerna Protein Tepung Kecambah Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Media Ilmiah Teknologi Pangan (Scientific Journal of Food Technology)*, 6(1), 43–53.
- Guvitha, D. R., & Suhartiningsih. (2019). Pengaruh Substitusi Puree Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* L.Walp) dan Jumlah Air Terhadap Sifat Organoleptik French Baguette (Roti Perancis). *Tata Boga*, 8(1), 191–201.
- Islaku, D., Djarkasi, G. S. S., & Oessoe, Y. Y. E. (2017). Pengaruh substitusi tepung tapioka dan tepung sukun (*Artocarpus communis*) terhadap sifat sensoris dan kimia biskuit. *Cocos*, 1(7), 1–11.
- Ismayanti, M., & Harijono. (2015). Formulasi MPASI Berbasis Tepung Kecambah Kacang Tunggak dan Tepung Jagun dengan Metode Linear Programming. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(3), 996–1005.
- Kim, H. G., Kim, G. W., Oh, H., Yoo, S. Y., Kim, Y. O., & Oh, M. S. (2011). Influence of roasting on the antioxidant activity of small black soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Lwt*, 44(4), 992–998.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.011>
- Kusumaningrum, A., Wayan Gunam, I. B., & Mahaputra Wijaya, I. M. (2019). Optimasi Suhu dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Endoglukanase Menggunakan Response Surface Methodology (RSM) . *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 243.
<https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i02.p08>
- Lastari, A. N., Anandito, R. B. K., & Siswanti, S. (2016). Pengaruh konsentrasi Natrium Metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) Dan Lama Perendaman Terhadap Karakteristik Tepung Kecambah Kedelai. *Jurnal Teknosains Pangan*, 5(2), 1–8.
- Lestari, P. A., Yusasrini, N. L. A., & Wiadnyani, A. A. I. S. (2019). Pengaruh Perbandingan Terigu dan Tepung Kacang Tunggak Terhadap Karakteristik Crackers. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 8(4), 457–464.
- Mardiana, R., Shidiq, S. S., Widiastuti, E., & Hariyadi, T. (2021). Pengaruh Suhu Roasting Terhadap Perubahan Kadar Lemak, Kadar Asam Total, dan Morfologi Mikrostruktural Kopi Robusta. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar* , 4(5), 151–156.
- Mardjan, S. S., Heri Purwanto, E., & Yoga Pratama, G. (2022). Pengaruh Suhu

- Awal Dan Derajat Penyangraian Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Citarasa Kopi Arabika Solok. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 10(2), 108–122. <https://doi.org/10.19028/jtep.010.2.108-122>
- Marsono, Y. , R. S. , dan N. Z. (2005). *Antioksidan Dalam Kacang-Kacangan: Aktivitas dan Potensi Serta Kemampuannya Menginduksi Pertahanan Antioksidan Pada Model Hewan Percobaan*.
- Mbah, B. O., Eme, P. E., & Ogbusu, O. F. (2012). Effect of cooking methods (boiling and roasting) on nutrients and anti-nutrients content of Moringa oleifera seeds. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(3), 211–215. <https://doi.org/10.3923/pjn.2012.211.215>
- Mesfin, N., Belay, A., & Amare, E. (2021). Effect of germination, roasting, and variety on physicochemical, techno-functional, and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein isolate powder. *Heliyon*, 7(9), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08081>
- Moniharapon, E., Nendissa, S. J., & Laiyan, D. (2017). Karakterisasi Sifat Kimia Tepung Kacang Lawa Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) Dengan Beberapa Perlakuan Pendahuluan . *AGRITEKNO, Jurnal Teknologi Pertanian*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2017.6.1.21>
- Naikoo, M. I., Dar, M. I., Raghieb, F., Jaleel, H., Ahmad, B., Raina, A., Khan, F. A., & Naushin, F. (2019). Role and regulation of plants phenolics in abiotic stress tolerance: An overview. *Plant Signaling Molecules: Role and Regulation under Stressful Environments*, 157–168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816451-8.00009-5>
- Narsih, Agato, & Sesario, R. (2018). Penurunan Senyawa Antinutrisi Pada Biji Jagung Dengan Berbagai Metoda. *Jurnal Teknologi Pangan*, 9(1), 45–50. <https://doi.org/10.35891/tp.v9i1.944>
- Nurmala, I., Rachmawan, O., & Suryaningsih, L. (2014). Pengaruh Metode Pemasakan Terhadap Komposisi Kimia Daging Itik Jantan Hasil Budidaya Secara Intensif. *Journal of Animal Science*, 3(2), 1–10.
- Ojha, P., Adhikari, R., Karki, R., Mishra, A., Subedi, U., & Karki, T. B. (2018). Malting and fermentation effects on antinutritional components and functional characteristics of sorghum flour. *Food Science and Nutrition*, 6(1),

- 47–53.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.525>
- Olanipekun, O. T., C, O. E., A, O. O., & G, O. O. (2015). Effect of boiling and roasting on the nutrient composition of kidney beans seed flour. *Sky Journal of Food Science*, 4(2), 24–029.
- Padmashree, A., Negi, N., Handu, S., Khan, M. A., Semwal, A. D., & Sharma, G. K. (2019). Effect of germination on nutritional, antinutritional and rheological characteristics of chenopodium quinoa. *Defence Life Science Journal*, 4(1), 55–60.
<https://doi.org/10.14429/dlsj.4.12202>
- Palungan, M. B., Rapa, C. I., & Salu, S. (2018). Process of Coffee Processing of Arabic Powder and Physical Changes Due To Adjustment Temperature. *Prosiding SNTTM XVII*, 271–274.
- Pamungkas, M. T., Masrukan, M., & SAR, K. (2021). Pengaruh Suhu Dan Lama Penyangraian (Roasting) Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Pada Seduhan Kopi Arabika (*Coffea Arabica* L.) Dari Kabupaten Gayo, Provinsi Aceh. *Agrotech : Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 3(2), 1–10.
<https://doi.org/10.37631/agrotech.v3i2.278>
- Pangastuti, H. A., Affandi, D. R., & Ishartani, D. (2013). Karakterisasi Sifat Fisik dan Kimia Tepung Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan Beberapa Perlakuan Pendahuluan. *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(1), 20–29.
- Purnamayanti, Ni. P. A., Ida, B. P., & Gede, A. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian Terhadap Karakteristik Fisik dan Mutu Sensori Kopi Arabika (*Coffea arabica* L). *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 5(2), 39–48.
- Puspitasari, D., Rejeki, F. S., Wedowati, E. R., Koesriwulandari, & Kadir, A. (2020). Kualitas Biskuit MP-ASI Dari Tepung Komposit Kimpul-Kacang Tunggak dan Tepung Sagu Selama Penyimpanan. *Journal of Research and Technology*, 6(1), 70–80.
- Putri, A., Wisaniyasa, N. W., & Suparthana, I. P. (2021). Pengaruh Lama Perkecambahan Terhadap Total Fenol, Flavonoid, Dan Aktivitas Antioksidan Tepung Kecambah Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 10(1), 36.
<https://doi.org/10.24843/itepa.2021.v10.i01.p04>
- Putri, D. desmiyeni, Nurmagustina, D. E., & Chandra, Agung, A. (2014). Kandungan total fenol dan aktivitas antibakteri kelopak buah rosela merah dan ungu sebagai kandidat feed

- additive alami pada broiler. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 14(3), 174–180.
- Safitri, F. M., Ningsih, D. R., Ismail, E., & Waluyo, W. (2016). Pengembangan getuk kacang tolo sebagai makanan selingan alternatif kaya serat. *Jurnal Gizi Dan Dietetik Indonesia (Indonesian Journal of Nutrition and Dietetics)*, 4(2), 71. [https://doi.org/10.21927/ijnd.2016.4\(2\).71-80](https://doi.org/10.21927/ijnd.2016.4(2).71-80)
- Salami, K. O., Karim, O. R., Belewu, M. A., & Olapade, G. M. (2020). Effect of pre-treatment methods on the physicochemical and anti-nutritional properties of Bambara groundnut yoghurt. *Ceylon Journal of Science*, 49(4), 423. <https://doi.org/10.4038/cjs.v49i4.7822>
- Saputro, D. H., Andriani, M., & Siswanti. (2015). Karakteristik Sifat Fisik Dan Kimia Formulasi Tepung Kecambah Kacang-Kacangan Sebagai Bahan Minuman. *Jurnal Teknosains Pangan*, 4(1), 11.
- Setiarto, R. H. B., & Widhyastuti, N. (2016). Penurunan Kadar Tanin dan Asam Fitat Pada Tepung Sorgum Melalui Fermentasi *Rhizopus oligosporus*, *Lactobacillus plantarum* dan *Saccharomyces cerevisiae* . *Berita Biologi*, 15(2), 149–157.
- Sun, J., Wang, P., Zhou, T., Rong, J., Jia, H., & Liu, Z. (2017). Transcriptome Analysis of the Effects of Shell Removal and Exogenous Gibberellin on Germination of *Zanthoxylum* Seeds. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07424-0>
- Sutanti, A., Luwihana, S., & Kanetro, B. (2013). Pengaruh Perlakuan Pendahuluan dan Konsentrasi Tepung Kacang Tunggak (Cowpea) Terhadap Sifat Fisik dan Tingkat Kesukaan Oyek. *Jurnal AgriSains*, 4(7), 11–22.
- Syukri, D., Sari, F. I. P., & Rini. (2023). Roasting conditions on metabolic profile of black honey arabica coffee (*Coffea arabica*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1182(1), 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1182/1/012048>
- Tamaroh, S., & Sudrajat, A. (2021). Antioxidative Characteristics and Sensory Acceptability of Bread Substituted with Purple Yam (*Dioscorea alata* L.). *International Journal of Food Science*, 2021, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2021/5586316>
- Tursiman, Ardiningsih, P., & Nofiani, R. (2012). TOTAL FENOL FRAKSI ETIL ASETAT DARI BUAH ASAM KANDIS (*Garcinia dioica* Blume).

- Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 1(1), 45–48.
- Uchegbu, N. N., & Ishiwu, C. N. (2016). Germinated Pigeon Pea (*Cajanus cajan*): a novel diet for lowering oxidative stress and hyperglycemia. *Food Science and Nutrition*, 4(5), 772–777. <https://doi.org/10.1002/fsn3.343>
- Utami Dewi, N., Wrasati, L., & Anom Yuarini, D. (2016). Pengaruh Suhu Dan Lama Penyangraian Dengan Oven Drier Terhadap Karakteristik Teh Beras Merah Jatiluwih. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 4(2), 1–12.
- Wahyuni, N. L. E., Rispiandi, R., & Hariyadi, T. (2020). Effect of bean maturity and roasting temperature on chemical content of robusta coffee. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/2/022019>
- Wijanarti, S., Rahmatika, A. M., & Hardiyanti, R. (2019). Pengaruh Lama Penyangraian Manual Terhadap Karakteristik Kakao Bubuk. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 2(2), 212. <https://doi.org/10.22146/jntt.42758>
- Wisaniyasa, N. W., & Suter, I. K. (2016). Kajian Sifat Fungsional Dan Kimia Tepung Kecambah Kacang Merah (L .) Study Of Functional And Chemical Properties Of Red Bean (L.) sprouts flour. *Media Ilmiah Teknologi Pangan*, 3(1), 26–34.
- Yasser, M., Rafi, M., Wahyuni, W. T., Widiyanti, S. E., & Asfar, A. M. I. A. (2020). Total phenolic content and antioxidant activities of buni fruit (*Antidesma bunius* L.) in moncongloe maros district extracted using ultrasound-assisted extraction. *Rasayan Journal of Chemistry*, 13(1), 684–689. <https://doi.org/10.31788/RJC.2020.1315584>