



Pengaruh Periode Penyemprotan dan Waktu Germinasi terhadap Karakteristik Tepung Beras Cokelat Germinasi

[Effect of Spraying Period and Germination Time on the Characteristics of Germinated Brown Rice Flour]

Prasongko¹⁾, Faleh Setia Budi^{2,3)*}, dan Didah Nur Faridah^{2,3)}

¹⁾ Program Studi Magister Teknologi Pangan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor, Indonesia

²⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

³⁾ South-East Asia Food & Agricultural Science and Technology (SEAFST) Center, IPB University, Bogor, Indonesia

Received July 1st 2024 / Revised February 7th 2025 / Accepted February 19th 2025

ABSTRACT

Substituting wheat flour with rice flour in brownies premix formulations presents has remained a great task as the flour has a higher setback viscosity (SV) which accelerates staling. To resolve this problem, germination process was needed to modify brown rice. This research aimed to investigate the effect of spraying period and germination time on the characteristics of germinated brown rice (GBR) flour, to determine the optimal germination conditions that yield SV values closest to those of wheat flour. Besides, correlation between SV of GBR flour and others was observed. In germination process, brown rice was subjected to spraying intervals of 15 and 20 min and germination times of 18, 24, and 30 h. Furthermore, the germinated brown rice was drained, dried, and milled into flour. While low protein wheat flour was used as control, ungerminated brown rice flour was also included for comparison. As a result, the treatment of spraying period of 20 min and germination for 24 h produced GBR flour with SV (1024 cP), closely resembling the control (972 cP). In addition, the GBR flour had peak viscosity (PV) 1520 cP, trough viscosity (TV) 375 cP, breakdown viscosity (BV) 1144 cP, final viscosity (FV) 1400 cP, peak time 8.8 min, pasting temperature 84.3 °C, germination percentage 93.2%, dextrose equivalent (DE) 2.627%, water adsorption index (WAI) 7.609, water solubility index (WSI) 14.237%, and swelling power (SP) 8.872. Moreover, SV was positively correlated with WAI and SP, but negatively correlated with germination percentage, DE, and WSI. The strongest correlation was observed between SV and WSI ($r = -0.906$).

Keywords: brownies premix, germinated brown rice flour, setback viscosity, staling

ABSTRAK

Substitusi tepung terigu dengan tepung beras pada formulasi *premix brownies* memiliki tantangan karena tepung beras memiliki *setback viscosity* (SV) yang lebih tinggi dan mempercepat *staling*. Untuk mengatasi masalah tersebut, proses germinasi dibutuhkan untuk modifikasi beras cokelat. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh periode penyemprotan dan waktu germinasi terhadap karakteristik tepung GBR dan menentukan kondisi germinasi yang optimal yang menghasilkan nilai SV tepung beras cokelat paling mendekati tepung terigu. Selain itu, korelasi antara SV tepung GBR dengan parameter analisis tepung GBR yang lain juga diamati. Pada proses germinasi, beras cokelat diberikan perlakuan periode penyemprotan setiap 15 dan 20 menit dan waktu germinasi selama 18, 24, dan 30 jam. Selanjutnya beras cokelat germinasi ditiriskan, dikeringkan, dan digiling menjadi tepung. Tepung terigu rendah protein digunakan sebagai kontrol serta tepung beras cokelat tanpa germinasi disertakan sebagai pembanding. Hasilnya, perlakuan periode penyemprotan 20 menit dan waktu germinasi 24 jam menghasilkan tepung GBR dengan karakteristik SV (1024 cP) mendekati kontrol (972 cP). Selain itu, tepung GBR tersebut memiliki PV 1520 cP, TV 375 cP, BV 1144 cP, FV 1400 cP, *peak time* 8,8 menit, *pasting temperature* 84,3 °C, persentase germinasi 93,2%, nilai DE 2,627%, WAI 7,609, WSI 14,237%, dan SP 8,872. Selanjutnya, SV berkorelasi positif dengan WAI dan SP, namun berkorelasi negatif dengan persentase germinasi, nilai DE, dan WSI. Korelasi terkuat didapatkan pada korelasi antara SV dan WSI ($r = -0,906$).

Kata kunci: *premix brownies*, setback viscosity, staling, tepung beras cokelat germinasi

*Penulis Korespondensi: E-mail: falehbu@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Impor biji gandum di Indonesia mencapai 10.586 ton pada tahun 2023 (BPS, 2024). Indonesia bukan negara penghasil tepung terigu namun mengalami ketergantungan terhadap tepung terigu. Konsumsi tepung terigu pada tahun 2023 mencapai 2,93 kg/kapita/tahun atau naik 6,75% dari tahun sebelumnya (KP, 2023). Indonesia juga dikenal sebagai negara penghasil beras dengan jumlah terbesar keempat di dunia (Childs dan LeBeau, 2023). Indonesia berpotensi untuk membuat produk *gluten free* berbasis beras sebagai diversifikasi untuk mengurangi ketergantungan terhadap tepung terigu.

Tepung terigu rendah protein sebagai bahan baku *premix brownies* dapat diganti dengan tepung beras. Varietas beras potensial untuk menggantikan tepung terigu rendah protein pada *premix brownies* adalah beras IR64. Beras IR64 termasuk ke dalam salah satu beras yang banyak ditanam di Indonesia yaitu sekitar 12,92% dari total varietas yang ditanam (Rachmat, 2022). Menurut BPS (2022), sekitar 44% petani di Yogyakarta membudidayakan beras varietas IR64. Beras varietas ini memiliki harga yang lebih rendah dibandingkan beras lainnya.

Beras IR64 memiliki kadar amilosa 17,83%, suhu gelatinisasi intermediet (70–74 °C), dan konsistensi gel kategori *soft* dengan *alkali spreading value* >50 mm. Konsistensi gel kategori *soft* membuat beras setelah dimasak akan tetap memiliki tekstur lembut selama pendinginan dibandingkan dengan konsistensi gel *hard* dan *medium* (Myint *et al.*, 2023). Beras IR64 memiliki *peak viscosity* (PV) 3209 cP, *trough viscosity* (TV) 1175 cP, *breakdown viscosity* (BV) 2034 cP, *final viscosity* (FV) 2594 cP, dan *setback viscosity* (SV) 1420 cP (Luo *et al.*, 2015). SV beras IR64 lebih tinggi dibandingkan tepung terigu. Tepung terigu mempunyai SV 1068 cP (Tao *et al.*, 2020). Perlu modifikasi karakteristik tepung beras agar dapat digunakan sebagai substitusi tepung terigu rendah protein.

Germinasi pada beras cokelat berpotensi menurunkan SV karena selama germinasi terjadi proses degradasi pati menjadi molekul yang lebih pendek (Wang *et al.*, 2020; Chao *et al.*, 2021). Pembuatan *germinated brown rice* (GBR) telah diteliti pada beberapa varietas beras yang ada di Indonesia. Penelitian germinasi kultivar lokal beras cokelat varietas Mentik Susu Wangi, beras merah varietas Mawar dan beras hitam varietas Mosa pernah dilakukan (Ekowati dan Purwestri, 2016). Kultivar lokal lain yang juga pernah digerminasi adalah Inpari 17, Inpari 42, Inpari 43, Situ Bagendit, dan IPB3S (Munarko *et al.*, 2022). Belum ada informasi pembuatan GBR menggunakan beras varietas IR64.

Germinasi dipengaruhi oleh varietas beras. Setiap varietas beras memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda. Perbedaan ini menyebabkan

setiap varietas beras memiliki waktu germinasi berbeda. Beras pera memiliki waktu penyerapan air lebih lama sehingga germinasi menjadi lebih lama (Chao *et al.*, 2021). Perbedaan varietas beras juga berpengaruh pada rasio amilosa-amilopektin. Rasio amilosa-amilopektin memengaruhi proses germinasi. Aktivitas hidrolisis oleh enzim amilase lebih tinggi pada beras yang memiliki kadar amilosa lebih tinggi (Kalita *et al.*, 2017).

Beras dapat mengalami germinasi pada kondisi *anoxia* yaitu kondisi dimana lingkungan tidak tersedia oksigen yang cukup untuk germinasi. Germinasi beras pada kondisi *anoxia* memiliki persentase pertumbuhan 10% lebih rendah dibandingkan dengan kondisi adanya oksigen (Chao *et al.*, 2021). Teknik germinasi dengan perendaman penuh menghasilkan derajat perkecambahan lebih sedikit dibandingkan kombinasi perendaman dengan inkubasi paparan udara bebas (Cho dan Lim, 2016). Kecambah beras 70% lebih panjang pada germinasi metode penyemprotan dibandingkan dengan metode perendaman dalam rentang waktu germinasi yang sama. Semakin lama waktu germinasi, maka kecambah akan semakin panjang (Lim *et al.*, 2006).

Metode germinasi semprot dapat dilakukan dengan dengan mesin germinator. Kombinasi pengaturan kecepatan rotasi, periode rotasi, dan kecepatan aliran udara mesin germinator dapat meningkatkan rasio kontak bahan dengan oksigen selama germinasi. Sementara pengaturan periode penyiraman air memengaruhi imbibisi air pada bahan. Proses germinasi mulai aktif ketika kadar air biji tercapai 25% (Chao *et al.*, 2021). Kondisi germinasi optimal terjadi pada kadar air 30%. Kadar air lebih dari 30% akan menyebabkan terjadinya kerusakan struktur beras sehingga menghambat proses germinasi (Zhang *et al.*, 2020).

Beras IR64 memiliki kadar amilosa medium dan tekstur kategori *soft* sehingga lebih cepat berkecambah ketika digerminasi. Beras IR64 termasuk ke dalam kategori beras intoleran terhadap kondisi *anoxia* (Hirano *et al.*, 2023). Metode germinasi teknik semprot berpotensi digunakan untuk memodifikasi karakteristik Beras cokelat IR64. Tepung yang dihasilkan dari penggilingan GBR dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif tepung terigu rendah protein untuk mencegah *staling* pada *brownies*. Teknologi pengembangan tepung GBR varietas IR64 dengan metode germinasi semprot sangat mungkin dilakukan. Belum ada informasi mengenai pembuatan tepung GBR menggunakan varietas IR64 dengan metode germinasi semprot. Selain itu, karakteristik tepung GBR beras varietas IR64 yang dibuat menggunakan metode germinasi semprot juga belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh periode penyemprotan dan waktu germinasi terhadap karakteristik tepung GBR, menentukan periode penyemprotan dan waktu

germinasi yang karakteristik SV tepungnya menyamai kontrol, mengkarakterisasi produk tepung GBR yang dihasilkan, dan mendapatkan korelasi antara SV tepung GBR dengan parameter analisis tepung GBR yang lain.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada pembuatan tepung GBR adalah beras cokelat organik varietas IR64, air, dan tepung terigu rendah protein sebagai kontrol. Beras cokelat organik didapatkan dari kelompok tani Mandiri di Wonosari, Jawa Tengah. Air yang digunakan adalah air tanah yang diolah sehingga memiliki kualitas seperti standar mutu air minum.

Pembuatan tepung GBR

Tepung GBR IR64 dibuat melalui proses germinasi pada beras dan dilanjutkan dengan penepungan sehingga dihasilkan tepung GBR. Germinasi pada penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian Lim *et al.* (2006) dengan modifikasi pada periode penyemprotan dan waktu germinasinya. Beras cokelat disortasi dengan cara diayak menggunakan *screening vibrator* (Lao Soung Machinery Co. Ltd., Taiwan), untuk memisahkan butir rusak dengan butir utuh. Butir beras utuh ditimbang sebanyak 2 kg untuk setiap perlakuan. Beras dicuci menggunakan *seed washer* (Mu Pi Machinery Co. Ltd., RRC), untuk memisahkan butir rusak dan juga sisa sekam yang masih terikut. Beras direndam dengan air suhu 30 °C atau setara suhu udara *ambient* selama 3 jam. Beras digerminasi menggunakan mesin germinator (*Rotary Drum 850 ISS*, Rota-Tech, Taiwan) pada 2 level pengaturan periode penyemprotan (Gambar 1). Germinasi dilakukan menggunakan 2 level pengaturan periode penyemprotan yaitu setiap 15 dan 20 menit. Setiap periode penyemprotan, dilakukan germinasi selama 18, 24, dan 30 jam. Selain perlakuan tersebut, disiapkan pula beras cokelat tanpa perlakuan germinasi. Percobaan diulang sebanyak 3 kali. Setelah germinasi selesai, beras akan menjadi GBR dan dihitung persentase germinasinya. GBR kemudian ditiriskan menggunakan mesin *centrifuge*, (Mu Pi Machinery Co. Ltd., RRC) selama 5 menit dan dikeringkan menggunakan mesin pengering (*Multipurpose Dryer*, Joongang Precision, Korea) pada suhu 60 °C agar tercapai kadar air maksimal 14%. Setelah itu, GBR didinginkan pada suhu ruang (± 27 °C) dengan RH di bawah 65%. GBR kering digiling menggunakan *hammer mill* (WF 320, Pulverizer, RRC) dan diayak dengan kehalusan 80 mesh. Tepung hasil perlakuan dilakukan karakterisasi dengan parameter analisis yaitu sifat-sifat *pasting*, nilai *dextrose equivalent* (DE), *water adsorption index* (WAI), *water solubility index*

(WSI), dan *swelling power* (SP). Tepung terigu rendah protein digunakan sebagai kontrol. Korelasi antar parameter analisis tepung juga dilakukan.

Analisis persentase germinasi

Perhitungan dilakukan berdasarkan persentase perbandingan jumlah beras yang tergerminasi dengan beras yang belum tergerminasi (Chao *et al.*, 2021) dengan modifikasi. Disiapkan 200 biji beras (± 50 g) kemudian dibungkus dengan kantong teh berbahan nilon ukuran 6,5×8 cm dengan ukuran lubang 100 mesh. Sampel beras disertakan dalam proses perendaman dan germinasi. Beras yang sudah tergerminasi memiliki kriteria panjang kecambah >0,5 mm. Sampel beras tergerminasi dipisahkan dan dihitung untuk menentukan persentase beras yang sudah tergerminasi. Analisis dilakukan secara *quadruplo*.

Analisis sifat-sifat *pasting*

Analisis sifat-sifat *pasting* menggunakan *rapid visco analyzer* (TecMaster 2061904, TMA, Australia) (Nova *et al.*, 2015) untuk mendapatkan data *peak viscosity*, *trough viscosity*, *breakdown viscosity*, *final viscosity*, *setback viscosity*, *peak time*, dan *pasting temperature*.

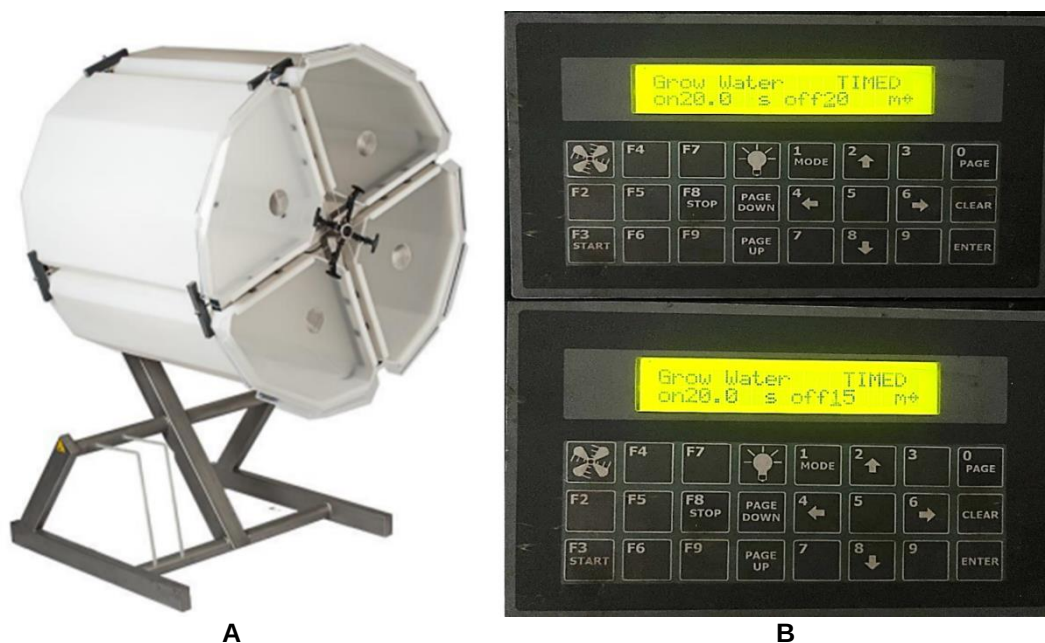
Analisis nilai *dextrose equivalent* (DE)

Tepung GBR dilakukan analisis nilai DE dengan metode titrimetri termodifikasi (Rachma *et al.*, 2018). Larutan glukosa 0,25% yang dibuat dari glukosa anhidrat (Merck 108337, Jerman) digunakan sebagai larutan standar. Larutan sampel tepung dari setiap perlakuan dibuat dengan konsentrasi 2,5% dan ditambahkan larutan glukosa 0,25% dengan perbandingan 95:5 digunakan sebagai titran. Analit dibuat dengan 50 mL akuades, 16,6 mL larutan glukosa konsentrasi 2,5%, 5 mL larutan Fehling A (Merck 1.02788.0750, Jerman), 5 mL larutan Fehling B yang dibuat dari NaOH (Merck 1.06498.1000, Jerman) dan NaKC₄H₄O₆·4H₂O (Merck 1.08087.1000, Jerman). Reagen-reagen yang digunakan adalah *pro analysis grade*. Volume titran (mL) diperoleh dengan melakukan titrasi analit dengan titran sampai warna biru indikator *methylene blue* hilang. *Fehling Factor* (mL) didapatkan dari titrasi larutan Fehling (5 mL Fehling A, 5 mL Fehling B, dan 50 mL akuades) dengan titran larutan glukosa 0,25% sampai warna biru indikator *methylene blue* hilang. Nilai DE dapat dihitung dengan Persamaan 1.

Nilai DE (%) =

$$\frac{\text{Fehling Factor (mL)} - 16,6 \text{ (mL)} - (5\% \times \text{volume titran (mL)})}{95\% \times \text{volume titran (mL)}}$$

$$\times \frac{\text{konsentrasi glukosa}}{\text{konsentrasi sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 1. Mesin germinator (Rotary Drum 850 ISS, Rota-Tech, Taiwan) (A) dan tampilan pengaturannya (B)
Figure 1. Germinator machine (Rotary Drum 850 ISS, Rota-Tech, Taiwan) (A) and its display setting (B)

Analisis water adsorption index (WAI), water solubility index (WSI), swelling power (SP)

Persiapan larutan sampel analisis WAI, WSI, dan SP mengacu dari penelitian Rachma *et al.* (2018). Suspensi sampel tepung GBR 1% dipanaskan pada suhu 90 °C selama 15 menit hingga terbentuk pasta gel. Pasta gel tersebut didinginkan dan diseparasi dengan *centrifuge* (Hettich Zentrifugen D-7200Tuttlingen, Jerman) pada kecepatan 6000 rpm selama 30 menit. Kemudian sedimen dipisahkan dari *supernatant*. WAI dihitung berdasarkan bobot sedimen dibandingkan bobot sampel tepung sesuai dengan rumus pada Persamaan 2. WSI dihitung berdasarkan bobot hasil pemanasan *supernatant* dibagi dengan total sampel tepung dikali 100 sesuai dengan rumus pada Persamaan 3. SP dihitung berdasarkan perbandingan sedimen dengan sampel tepung setelah sampel tepung dikurangi padatan terlarut sesuai dengan rumus pada Persamaan 4.

$$WAI = \frac{\text{bobot sedimen (g)}}{\text{bobot sampel tepung (g)}} \dots\dots\dots (2)$$

$$WSI = \frac{\text{bobot supernatant kering (g)}}{\text{bobot sampel tepung (g)}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$SP = \frac{\text{bobot sedimen (g)}}{(\text{bobot sampel tepung} - \text{bobot supernatant kering (g)})} \dots\dots\dots (4)$$

Korelasi parameter tepung GBR

Korelasi antar parameter analisis tepung dilakukan dengan uji Spearman. Setiap parameter analisis tepung dibandingkan dengan *setback viscosity* (SV).

Analisis data

Analisis data pengaruh perlakuan terhadap respon persentase germinasi, nilai *DE*, *pasting properties*, WSI, WAI, dan SP dilakukan menggunakan *software SPSS 23* tahun 2015. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan 2 faktor yaitu periode penyemprotan dan waktu germinasi. Analisis sidik ragam (*analysis of variance*, ANOVA) digunakan untuk menganalisis pengaruh perlakuan sampel. Apabila berpengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut *Duncan multiple range test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses germinasi beras cokelat

Pembuatan tepung GBR varietas IR64 meliputi germinasi, penirisan, pengeringan, dan penggilingan. Proses germinasi menggunakan kombinasi perlakuan periode penyemprotan dan waktu germinasi. Pengamatan respon persentase germinasi pada beras cokelat dilakukan setelah proses germinasi selesai. Persentase germinasi menunjukkan banyaknya beras yang sudah berkecambah setelah germinasi. Semakin banyak beras yang sudah berkecambah, semakin efektif perlakuan germinasi yang diterapkan. Waktu germinasi berpengaruh positif terha-

dap persentase germinasi, tetapi periode penyemprotan dan interaksi kedua faktor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase germinasi (Tabel 1). Peningkatan waktu germinasi dari 18 menjadi 24 jam tidak meningkatkan persentase germinasi secara signifikan. Namun waktu germinasi 30 jam menghasilkan persentase germinasi $93,6 \pm 1,6$ – $93,9 \pm 1,1\%$, yang merupakan persentase germinasi paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Sesuai dengan penelitian Singh *et al.* (2018) bahwa semakin lama waktu germinasi, maka persentase biji yang mengalami germinasi akan semakin tinggi. Hasil persentase beras yang sudah tergerminasi pada waktu germinasi 18 jam lebih tinggi dibandingkan penelitian Chao *et al.* (2021). Hal ini karena metode penyemprotan dengan mesin germinator memiliki aerasi yang lebih baik dibandingkan dengan perendaman. Metode penyemprotan yang dilakukan dengan mesin germinator memungkinkan beras cokelat mendapatkan pasokan oksigen dan air yang cukup selama germinasi. Aerasi selama germinasi meningkatkan persentase beras tergerminasi (Zhang *et al.*, 2020).

Tabel 1. Hasil perlakuan germinasi beras IR64 terhadap persentase germinasi

Table 1. Results of IR64 rice germination treatment on germination percentage

Periode Penyemprotan (menit) (Spraying Period (min))	Waktu Germinasi (jam) (Germination Time (h))	Persentase Germinasi (%) (Germination Percentage (%))
Tanpa germinasi (ungerminated)		0.00 ± 0.0^c
15	18	90.0 ± 1.2^b
	24	89.8 ± 0.5^b
	30	93.6 ± 1.6^a
20	18	89.8 ± 1.1^b
	24	93.2 ± 1.5^b
	30	93.9 ± 1.1^a

Keterangan: Angka dengan notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($p < 0,05$)

Note: The same letter means no significant difference based on DMRT ($p < 0.05$)

Periode penyemprotan setiap 20 menit menghasilkan persentase germinasi yang lebih tinggi dibandingkan penyemprotan setiap 15 menit. Perendaman selama 3 jam memasok air yang dibutuhkan oleh beras cokelat untuk memulai germinasi. Penyemprotan memberikan pasokan air yang dibutuhkan oleh beras selama germinasi. Setiap beras memiliki tingkat kebutuhan air yang berbeda untuk mencapai kecepatan germinasi yang maksimal. Periode penyemprotan setiap 20 menit sesuai untuk diterapkan pada pembuatan GBR dengan beras varietas IR64. Metode penyemprotan pada pembuatan GBR dilakukan pada penelitian

Chungcharoen *et al.* (2022) yang membutuhkan waktu germinasi selama 26 jam untuk mencapai germinasi 90%. Pada penelitian ini dihasilkan waktu germinasi 18 jam dengan persentase germinasi tercapai 90%. Hal ini disebabkan pada penelitian ini digunakan beras IR64 dengan kadar amilosa 17,83% dimana kadar amilosa beras yang digunakan lebih rendah dibandingkan dengan beras Shupanburi 1 yang memiliki kadar amilosa 35,73% (Onmankhong *et al.*, 2020). Beras dengan kadar amilosa lebih tinggi, memiliki tekstur yang keras sehingga lebih penyerapan air lebih lama (Chao *et al.*, 2021). Struktur amilosa lebih rapat dibandingkan dengan amilopektin sehingga air akan lebih sulit terimbibisi pada setiap molekul pati. Penyerapan air yang lebih lama akan membuat waktu germinasi yang diperlukan menjadi lebih panjang. Akar kecambah beras akan semakin panjang (Gambar 2) setelah mengalami germinasi (Munarko *et al.*, 2021).

Sifat-sifat *pasting* tepung beras cokelat germinasi

Analisis sifat-sifat *pasting* bertujuan untuk mengamati karakteristik gelatinisasi pati pada tepung germinasi beras cokelat yang dihasilkan. Germinasi mengubah komposisi kimia tepung dan juga karakteristik fisiknya sehingga berpengaruh nyata terhadap sifat-sifat *pasting* (Tabel 2). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi periode penyemprotan dan waktu germinasi mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap parameter-parameter *pasting* tepung GBR. Oleh karena itu, analisis pengaruh periode penyemprotan dan waktu germinasi terhadap sifat-sifat *pasting* harus dilakukan secara bersamaan (kombinasi). Perlakuan periode penyemprotan dan waktu germinasi menurunkan PV, TV, BV, FV, SV, *peak time* dan *pasting temperature* dibandingkan tepung beras tanpa germinasi. Hal ini sesuai dengan penelitian Wunthunyarat *et al.* (2020) dan Munarko *et al.* (2022). Dibandingkan dengan germinasi perendaman berbagai varietas beras pada penelitian Munarko *et al.* (2022), penelitian ini mendapatkan penurunan PV dan FV yang lebih tinggi pada varietas beras dengan kadar amilosa yang cenderung sama dan waktu germinasi 24 jam. Ini menunjukkan bahwa perlakuan germinasi dengan metode penyemprotan menghasilkan tingkat hidrolisis pati yang lebih tinggi dibandingkan dengan perendaman. Hidrolisis pati selama germinasi beras menghasilkan ukuran molekul dekstrin yang lebih kecil. Hal ini menyebabkan tepung beras cokelat germinasi mengikat lebih sedikit air saat gelatinisasi sehingga PV menurun. Penurunan TV mengindikasikan germinasi menyebabkan penurunan viskositas tepung sebelum didinginkan. Penurunan BV mengindikasikan germinasi menyebabkan penurunan viskositas tepung GBR dari PV ke TV selama pemanasan pada suhu 95 °C lebih rendah dibanding tepung beras yang tidak mengalami germinasi.



Keterangan: S15G18= periode penyemprotan setiap 15 menit dengan waktu germinasi 18 jam (A), S15G24= periode penyemprotan setiap 15 menit dengan waktu germinasi 24 jam (B), S15G30= periode penyemprotan setiap 15 menit dengan waktu germinasi 30 jam (C), S20G18= periode penyemprotan setiap 20 menit dengan waktu germinasi 18 jam (D), S20G24= periode penyemprotan setiap 20 menit dengan waktu germinasi 24 jam (E), S20G30= periode penyemprotan setiap 20 menit dengan waktu germinasi 30 jam (F)

Note: S15G18= spraying period every 15 min with germination time 18 h (A), S15G24= spraying period every 15 min with germination time 24 h (B), S15G30= spraying period every 15 min with germination time 30 h (C), S20G18= spraying period every 20 min with germination time 18 h (D), S20G24= spraying period every 20 min with germination time 24 h (E), S20G30= spraying period every 20 min with germination time 30 h (F)

Gambar 2. Penampakan beras IR64 setelah perlakuan germinasi
Figure 2. Appearance of IR64 rice after germination treatments

Tabel 2. Hasil perlakuan germinasi beras IR64 terhadap sifat-sifat *pasting* tepung GBR yang dianalisis dengan RVA

Table 2. Result of IR64 rice germination treatment on pasting properties of GBR flour analyzed by RVA

Periode Penyemprotan (menit) (Spraying Period (min))	Waktu Germinasi (jam) (Germination Time (h))	Peak Viscosity (PV) (cP)	Trough Viscosity (TV) (cP)	Breakdown Viscosity (BV) (cP)	Final Viscosity (FV) (cP)	Setback Viscosity (SV) (cP)	Peak Time (min)	Pasting Temperature (°C)
0	0	2388±14 ^a	879±15 ^a	1509±17 ^a	2911±26 ^a	2032±11 ^a	9.1±0.03 ^b	87.6±0.20 ^a
15	18	1964±67 ^b	646±27 ^b	1317±41 ^b	2165±167 ^b	1519±140 ^b	9.2±0.00 ^a	87.0±0.02 ^b
20	18	1557±40 ^c	445±12 ^c	1112±28 ^c	1778±13 ^{cd}	1333±1 ^c	8.9±0.03 ^{cd}	85.8±0.16 ^c
15	24	1538±21 ^c	424±8 ^{cd}	1114±14 ^c	1614±30 ^d	1190±36 ^d	8.9±0.00 ^c	84.8±0.16 ^d
20	24	1520±13 ^c	375±8 ^d	1144±5 ^c	1400±12 ^e	1024±14 ^e	8.8±0.03 ^d	84.3±0.52 ^{de}
15	30	1195±34 ^d	213±13 ^e	982±23 ^d	832±27 ^g	619±15 ^g	8.5±0.00 ^f	82.3±0.37 ^f
20	30	1020±178 ^e	212±54 ^e	808±125 ^e	1017±174 ^f	805±120 ^f	8.6±0.08 ^e	84.5±0.35 ^d
Kontrol (Control)		1541±16 ^c	840±10 ^a	701±9 ^f	1812±16 ^c	972±6 ^e	8.6±0.03 ^e	83.8±0.38 ^e

Keterangan: Angka dengan notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($p < 0,05$)

Note: The same letter means no significant difference based on DMRT ($p < 0.05$)

Penurunan FV menunjukkan bahwa germinasi mengakibatkan penurunan viskositas tepung GBR ketika didinginkan. Penurunan FV disertai dengan penurunan SV. SV menunjukkan tingkat kemampuan matriks gel tepung untuk merapat kembali ketika

pendinginan. Komponen tepung yang terhidrolisis menjadi molekul yang lebih kecil (dekstrin) selama germinasi menyebabkan molekul-molekul tersebut tidak mudah untuk merapat dan membentuk ikatan sekunder ketika mengalami pendinginan (retrogra-

dasi). Penurunan SV pada tepung mengindikasikan karakteristik molekul tepung tidak mudah merapat pada saat pendinginan sehingga air yang berada didalam matriks gel dapat bertahan lebih lama. Penurunan *peak time* dan *pasting temperature* disebabkan oleh peningkatan molekul yang lebih sederhana hasil dekomposisi tepung akibat germinasi. Molekul-molekul tersebut memerlukan suhu gelatinisasi yang lebih rendah dibandingkan pati, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai gelatinisasi menjadi lebih singkat.

SV menjadi parameter penting yang menentukan tingkat retrogradasi pada produk kue selama penyimpanan. Semakin rendah SV, maka potensi retrogradasi pada kue selama penyimpanan semakin rendah (Liu *et al.*, 2018). Penambahan tepung GBR pada pembuatan kue dapat menurunkan kekerasan kue selama penyimpanan (Yun *et al.*, 2015). Substitusi terigu rendah protein pada pembuatan *brownies* penting untuk memperhatikan nilai SV tepung pengantinya. Selain itu, PV dari suatu tepung juga perlu diperhatikan. Aplikasi tepung dengan PV yang terlalu rendah akibat hidrolisis enzim menyebabkan melemahnya struktur kue setelah dipanggang sehingga membuat kue *collapse* saat pendinginan (Olaerts *et al.*, 2018). Perlakuan periode penyemprotan 20 menit dan waktu germinasi 24 jam menghasilkan tepung GBR dengan nilai SV (1024 cP) dan PV (1520 cP), tidak berbeda nyata dengan nilai SV dan PV kontrol (tepung terigu rendah protein) (972±6 dan 1541±16 cP). Oleh karena itu, tepung GBR yang dihasilkan dengan perlakuan periode penyemprotan 20 menit dan waktu germinasi 24 jam merupakan tepung GBR yang terbaik. Substitusi tepung terigu rendah protein pada bahan baku *brownies* dengan tepung GBR perlakuan periode penyemprotan 20 menit dan waktu germinasi 24 jam diharapkan tidak menyebabkan *brownies* mengalami *collapse* selama pendinginan dan dapat menghambat *staling* selama penyimpanan *brownies*.

Nilai DE

Analisis nilai DE bertujuan untuk mengukur tingkat hidrolisis tepung akibat pengaruh aktivitas enzim selama beras mengalami germinasi. Selama germinasi, aktivitas enzim α -amilase dan β -amilase meningkat (Kalita *et al.*, 2017; Wunthunyarat *et al.*, 2020). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi perlakuan periode penyemprotan dengan waktu germinasi berpengaruh terhadap nilai DE (Tabel 3). Interaksi perlakuan periode penyemprotan 20 menit dan waktu germinasi 30 jam menghasilkan tepung GBR dengan nilai DE paling tinggi (3,26±0,05%), sedangkan tepung beras tanpa perlakuan germinasi dan tepung terigu rendah protein (kontrol) masing-masing memiliki nilai DE 1,09±0,01% dan 1,08±0,00%. Interaksi perlakuan germinasi meningkatkan nilai DE dibandingkan dengan kontrol dan

tepung beras tanpa germinasi (Tabel 3). Nilai DE menunjukkan derajat hidrolisis pati pada tepung beras. Enzim amilase membantu menyediakan energi dalam bentuk glukosa untuk tanaman dengan menghidrolisis pati pada endosperma beras selama germinasi, sehingga menurunkan kadar amilosa dan amilopektin namun meningkatkan gula pereduksi (Kalita *et al.*, 2017; Rachma *et al.*, 2018). Hidrolisis komponen pati menghasilkan gula pereduksi yang terbaca sebagai nilai DE.

Tabel 3. Hasil perlakuan germinasi beras IR64 terhadap nilai DE tepung GBR

Table 3. Results of IR64 rice germination treatments on DE value of GBR flour

Periode Penyemprotan (menit) (Spraying Period (min))	Waktu Germinasi (jam) (Germination Time (h))	Nilai Dextrose Equivalent (DE) (%) (Dextrose Equivalent Value (%))
Tanpa germinasi (ungerminated)		1.09±0.01 ^g
15	18	1.30±0.01 ^f
	24	2.38±0.03 ^d
	30	2.54±0.01 ^c
20	18	1.46±0.01 ^e
	24	2.63±0.04 ^b
	30	3.26±0.05 ^a
Kontrol (Control)		1.08±0.00 ^g

Keterangan: Angka dengan notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($p < 0,05$). Nilai DE diukur dengan menggunakan metode titrimetri dengan larutan glukosa sebagai standar (Rachma *et al.*, 2018). Nilai DE disajikan dalam rata-rata±standar deviasi

Note: The same letter means no significant difference based on DMRT ($p < 0,05$). DE value was measured by titration method and glucose solution as standard (Rachma *et al.*, 2018). DE value was displayed in mean±standard of deviation

Berdasarkan Tabel 3, semakin lama germinasi maka nilai DE semakin tinggi. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Ojewumi *et al.* (2018) bahwa waktu germinasi meningkatkan gula pereduksi. Nilai DE tepung GBR dengan penyemprotan setiap 20 menit lebih tinggi dibandingkan penyemprotan setiap 15 menit pada waktulam germinasi yang sama. Enzim tersebut secara alami dihasilkan oleh beras cokelat selama germinasi. Enzim amilase membutuhkan air untuk hidrolisis pati. Selama germinasi terjadi penurunan kadar air pada beras (Ojewumi *et al.*, 2018). Kecukupan air selama germinasi disuplai dengan penyemprotan. Germinasi akan terhambat apabila kebutuhan air tidak tercukupi, namun pasokan air yang berlebih justru menyebabkan kerusakan struktural pada beras (Zhang *et al.*, 2020). Kerusakan struktur biji menghambat aktivitas germinasi sehingga nilai DE yang dihasilkan lebih kecil. Selain itu, penyemprotan air berlebih pada beras IR64 juga

akan menghambat proses respirasi selama germinasi karena varietas ini intoleran terhadap kondisi *anoxia*. Terhambatnya respirasi selama germinasi dapat menurunkan laju hidrolisis komponen pati pada beras. Periode penyemprotan setiap 20 menit efektif digunakan pada germinasi beras IR64 dalam meningkatkan nilai *DE*. Perlakuan periode penyemprotan 20 menit dan waktu germinasi 24 jam menghasilkan tepung *GBR* dengan nilai *DE* $2,63 \pm 0,04\%$.

Komposisi kimia pada beras berubah akibat germinasi sehingga dapat memengaruhi karakteristik fisiknya. Peningkatan nilai *DE* akibat germinasi juga disertai dengan degradasi molekul pati yang berdampak pada penurunan viskositas tepung beras *GBR* (termasuk menurunnya nilai *PV* dan *SV*). Peningkatan perlakuan periode penyemprotan 20 menit dan waktu germinasi 30 jam meningkatkan nilai *DE* $3,26 \pm 0,05\%$ dari tepung *GBR*. Namun nilai *PV* dan *SV* tepung *GBR* perlakuan tersebut juga ikut menurun menjadi 1020 ± 178 dan 805 ± 120 cP, sehingga menjadi lebih rendah dibandingkan dengan nilai *PV* dan *SV* tepung terigu rendah protein (1541 ± 16 dan 972 ± 6 cP) yang merupakan kontrol. Gula pereduksi yang terbaca sebagai nilai *DE* memiliki sifat mengikat molekul air sehingga sulit dikristalkan. *Staling* pada *brownies* terjadi karena *brownies* kehilangan kadar air dan terjadi retrogradasi. Penambahan tepung *GBR* yang mengandung gula pereduksi akan mengikat komponen air sehingga menghambat *staling* pada *brownies* selama penyimpanan.

WAI, WSI, dan SP

Analisis *WAI*, *WSI*, dan *SP* bertujuan untuk mengetahui karakteristik gel pati ketika pati diaplikasikan pada suatu produk. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa periode penyemprotan dan waktu germinasi berpengaruh nyata terhadap *WAI* dan *SP* tepung *GBR*, tetapi interaksi perlakuan kedua faktor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *WAI* dan *SP* (Tabel 4 kolom 3 dan 5). Sedangkan pada respon *WSI* tepung *GBR*, interaksi perlakuan periode penyemprotan dan waktu germinasi memberikan pengaruh yang nyata (Tabel 4 kolom 4). Peningkatan periode penyemprotan dari 0 menjadi 20 menit menurunkan *WAI* tepung *GBR*. Begitu juga peningkatan waktu germinasi dari 0 sampai 30 jam menyebabkan terjadinya penurunan nilai *WAI* tepung *GBR*. *WAI* tertinggi didapatkan pada tepung beras tanpa germinasi ($9,20 \pm 0,15$ g/g) dan *WAI* terendah ($7,33 \pm 0,08$ g/g) diperoleh pada perlakuan periode penyemprotan 20 menit dan waktu germinasi 30 jam. Hidrolisis pati akibat aktivitas enzim selama germinasi menyebabkan perubahan karakteristik gel tepung. Pati diuraikan menjadi komponen yang lebih sederhana seperti gula pereduksi, maltosa, maltotriosa, serta komponen dekstrin

dengan molekul yang lebih kecil selama germinasi (De Schepper *et al.*, 2021).

Pati memiliki tingkat penyerapan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan dekstrin maupun molekul hasil hidrolisis pati lainnya (Yunianta *et al.*, 2015). Semakin banyak komponen pati yang terhidrolisis akibat germinasi, maka kemampuan mengikat air dari tepung *GBR* akan semakin rendah. Semakin lama waktu germinasi, *WAI* pada tepung *GBR* semakin menurun. *WAI* terendah dihasilkan dari perlakuan waktu germinasi 30 jam. Semakin lama waktu germinasi menyebabkan hidrolisis pati semakin tinggi. Penyemprotan setiap 20 menit menghasilkan *WAI* yang lebih rendah dibandingkan penyemprotan setiap 15 menit menandakan aktivitas germinasi penyemprotan setiap 20 menit lebih tinggi dibandingkan penyemprotan setiap 15 menit.

Penurunan *WAI* disertai dengan penurunan *SP*, yang mana pati akan kehilangan kemampuan untuk menyerap air dan mengembang pada saat gelatinisasi. *SP* tepung tertinggi didapatkan pada tepung tanpa germinasi ($10,50 \pm 0,16$ g/g). Hasil penelitian yang didapatkan sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa germinasi menaikkan *WSI*, dan menurunkan *SP* (Cornejo dan Rosell, 2015; Karwasra *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2019). Semakin lama waktu germinasi, *SP* pada tepung *GBR* semakin turun. *SP* terendah dihasilkan dari perlakuan waktu germinasi 30 jam. Semakin lama waktu germinasi menyebabkan hidrolisis pati semakin tinggi. Penyemprotan setiap 20 menit menghasilkan *SP* yang lebih rendah dibandingkan penyemprotan setiap 15 menit menandakan aktivitas germinasi penyemprotan setiap 20 menit lebih tinggi dibandingkan penyemprotan setiap 15 menit. Penurunan *WAI* dan *SP* disertai dengan kenaikan *WSI*. Tepung tanpa germinasi memiliki *WSI* ($12,38 \pm 0,14\%$) yang lebih rendah dibandingkan tepung *GBR*. Hidrolisis akibat aktivitas enzim amilase selama germinasi menyebabkan dekomposisi pati. Komponen hasil hidrolisis pati berupa gula pereduksi, maltosa, maltotriosa dan dekstrin memiliki kelarutan yang lebih baik dibandingkan pati sehingga *WSI* tepung *GBR* meningkat.

Perubahan *WAI*, *WSI*, dan *SP* pada tepung beras akibat germinasi juga disertai dengan perubahan viskositas. Perubahan viskositas menyebabkan sifat-sifat *pasting* pada tepung berubah. Penurunan *WAI* dan *SP* serta peningkatan *WSI* pada tepung germinasi (Tabel 4) juga disertai dengan penurunan viskositas tepung dimana *SV* dan *PV* juga menurun (Tabel 2). Hal ini dapat berpengaruh pada pembuatan *brownies* yang dibuat dari substitusi tepung *GBR*. Penggunaan tepung dengan *WAI* dan *SP* yang rendah akan menyebabkan *brownies collapse* ketika proses pendinginan. Semakin rendah *SP* menyebabkan tingkat pengembangan volume kue semakin kecil (Ma *et al.*, 2021).

Tabel 4. Hasil perlakuan germinasi beras IR64 terhadap WAI, WSI dan SP tepung GBR
 Table 4. Result of IR64 rice germination on WAI, WSI, and SP of GBR flour

Periode Penyemprotan (menit) (Spraying Period (min))	Waktu Germinasi (jam) (Germination Time (h))	Water Adsorption Index (WAI) (g/g)	Water Solubility Index (WSI) (%)	Swelling Power (SP) (g/g)
Tanpa germinasi (<i>ungerminated</i>)		9.20±0.15 ^{Bb}	12.38±0.14 ^g	10.50±0.16 ^{Bb}
15	18	8.48±0.04 ^{Ce}	12.79±0.05 ^f	9.72±0.05 ^{Ce}
	24	8.02±0.02 ^{Cd}	13.30±0.04 ^d	9.25±0.02 ^{Cd}
	30	7.53±0.03 ^{Cc}	14.52±0.03 ^b	8.81±0.04 ^{Cc}
20	18	8.12±0.04 ^{De}	13.13±0.04 ^e	9.35±0.05 ^{De}
	24	7.61±0.06 ^{Dd}	14.24±0.04 ^c	8.87±0.07 ^{Dd}
	30	7.33±0.08 ^{Dc}	14.93±0.25 ^a	8.62±0.06 ^{Dc}
Kontrol (<i>Control</i>)		11.90±0.10 ^{Aa}	14.95±0.15 ^a	13.99±0.14 ^{Aa}

Keterangan: Untuk WAI dan SP, angka dengan notasi huruf kapital yang sama tidak berbeda nyata untuk faktor periode penyemprotan dan huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata untuk faktor waktu germinasi berdasarkan uji lanjut DMRT ($p < 0.05$). Untuk WSI, angka dengan notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($p < 0.05$). WAI dihitung berdasarkan perbandingan bobot sedimen terhadap bobot sampel tepung. WSI dihitung berdasarkan perbandingan bobot hasil pemanasan *supernatant* terhadap bobot sampel tepung dikali 100. SP dihitung berdasarkan perbandingan bobot sedimen terhadap bobot sampel tepung setelah dikurangi bobot padatan terlarut. Nilai WAI, WSI, dan SP disajikan dalam rata-rata±standar deviasi

Note: For WAI and SP, the same uppercase means no significant difference for the spraying period and the same lowercase mean no significant difference for the germination time based on DMRT ($p < 0.05$). For WSI, the same letter means no significant difference based on DMRT ($p < 0.05$). WAI was calculated based on comparison of sediment weight to sample weight. WSI was calculated based on comparison of dried *supernatant* weight to sample weight multiplied by 100. SP was calculated based on comparison of sediment weight to sample weight without total dissolved solid. Value of WAI, WSI, and SP were displayed in mean±standard of deviation

Kontrol diketahui memiliki WSI, WAI dan SP lebih tinggi dibandingkan tepung GBR. WAI dan SP pada kontrol lebih tinggi daripada tepung GBR karena kontrol adalah tepung dalam kondisi tanpa modifikasi hidrolisis. WAI dan SP kontrol juga lebih tinggi dibandingkan tepung tanpa germinasi karena kontrol memiliki kandungan glutenin dan gliadin yang dapat mengembang ketika menyerap air. WSI pada kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan tepung GBR dan tepung tanpa germinasi karena kontrol memiliki protein glutenin dan gliadin yang bersifat mudah larut dalam air. Dari semua perlakuan germinasi, tidak ada perlakuan yang menghasilkan WAI, WSI, dan SP yang mendekati kontrol. WAI dan SP yang lebih rendah pada tepung beras dan tepung GBR diharapkan tidak mengurangi kualitas *brownies* secara signifikan dari segi volume karena *brownies* tidak memerlukan tingkat pengembangan yang tinggi seperti pada pembuatan *pound cake* dan *sponge cake*. Selain itu, kenaikan WSI menandakan kenaikan jumlah komponen hasil dekomposisi pati, sehingga penggunaan tepung GBR pada pembuatan *brownies* diharapkan dapat menghambat *staling* selama penyimpanan.

Korelasi parameter tepung GBR

Pengujian korelasi antar parameter analisis pada pembuatan tepung GBR IR64 bertujuan untuk mengetahui hubungan antar parameter analisis. Selain itu, pengujian korelasi pada penelitian ini juga bertujuan untuk mendapatkan parameter analisis alternatif sebagai acuan dalam menentukan SV tepung GBR. Germinasi mengubah sifat-sifat *pasting*

yang diikuti dengan perubahan persentase germinasi, nilai DE, WAI, WSI, dan SP. Berdasarkan hasil uji korelasi antar parameter analisis tepung (Tabel 5), semua parameter analisis berkorelasi dengan parameter SV karena memiliki signifikansi < 0.05 (*two tailed*). Parameter persentase germinasi memiliki korelasi yang kuat dengan SV ($r = 0.51-0.75$), sementara parameter nilai DE, WAI, WSI, dan SP memiliki korelasi yang sangat kuat ($r = 0.76-0.99$). Koefisien korelasi positif pada parameter WAI dan SP berarti bahwa kedua parameter tersebut searah dengan parameter SV. Ini artinya semakin tinggi WAI dan SP pada tepung GBR, maka semakin tinggi pula SV dari tepung tersebut. Nilai korelasi ($r = 0.922$) antara WAI dengan SV menunjukkan SV dipengaruhi oleh 92% WAI dan 8% dipengaruhi faktor lainnya. Nilai korelasi ($r = 0.913$) antara SP dengan SV menunjukkan SV dipengaruhi oleh 91% SP dan 9% dipengaruhi faktor lainnya.

Germinasi menyebabkan dekomposisi pati menjadi molekul yang lebih kecil dengan kemampuan mengikat air saat gelatinisasi menjadi lebih rendah. Penurunan kemampuan mengikat air pada saat gelatinisasi menurunkan WAI dan SP yang juga akan menurunkan SV. Koefisien korelasi negatif pada parameter persentase germinasi dan nilai DE, berarti bahwa kedua parameter tersebut berbanding terbalik dengan parameter SV. Semakin besar persentase germinasi beras, nilai DE, dan WSI, maka semakin kecil nilai SV. Nilai korelasi ($r = -0.730$) antara persentase germinasi dengan SV menunjukkan SV dipengaruhi oleh 73% persentase germinasi dan 27% dipengaruhi faktor lainnya.

Tabel 5. Korelasi Spearman antar parameter analisis tepung GBR

Table 5. Spearman correlation between GBR flour analysis parameters

Variabel X (Variable X)	Variabel Y (Variable Y)	Sig.	Koefisien Korelasi Spearman's ρ (r) (Spearman's Correlation Coefficient)	Korelasi (Correlation)
Setback	Persentase germinasi (Germination percentage)	0.001	-0.730	Sangat kuat (Very strong)
Setback	Nilai Dextrose Equivalent (DE) (Dextrose Equivalent Value)	0.000	-0.825	Sangat kuat (Very strong)
Setback	Water Adsorption Index (WAI)	0.000	0.922	Sangat kuat (Very strong)
Setback	Water Solubility Index (WSI)	0.000	-0.922	Sangat kuat (Very strong)
Setback	Swelling Power (SP)	0.000	0.913	Sangat kuat (Very strong)

Nilai korelasi ($r = -0,825$) antara nilai DE dengan SV menunjukkan SV dipengaruhi oleh 82% nilai DE dan 18% dipengaruhi faktor lainnya. Nilai korelasi ($r = -0,922$) antara SP dengan WSI menunjukkan SV dipengaruhi oleh 92% WSI dan 8% dipengaruhi faktor lainnya. Germinasi pada beras cokelat akan meningkatkan persentase germinasi. Peningkatan persentase germinasi menandakan beras mengalami proses germinasi sehingga menyebabkan perubahan karakteristik kimia berupa peningkatan nilai DE dan karakteristik fisik berupa peningkatan WSI. Peningkatan persentase germinasi, nilai DE, dan WSI, menyebabkan penurunan SV. Parameter WAI dan WSI dapat dijadikan parameter alternatif untuk mengetahui SV pada tepung GBR IR64.

KESIMPULAN

Kombinasi perlakuan periode penyemprotan dan waktu germinasi pada beras IR64 berpengaruh pada proses pembuatan tepung GBR. Semakin lama waktu germinasi, persentase germinasi pada GBR IR64 semakin meningkat. Perlakuan germinasi mengubah sifat-sifat *pasting* tepung GBR terutama menurunkan *setback viscosity*. Penurunan *setback viscosity* berkorelasi sangat kuat dengan penurunan *water adsorption index*, *swelling power*, dan berkorelasi sangat kuat pula dengan peningkatan *water solubility index* dan nilai *dextrose equivalent*. Korelasi *setback viscosity* dengan *water adsorption index* ($r = 0,922$) dan *water solubility index* ($r = -0,922$) memiliki nilai paling kuat sehingga kedua parameter tersebut dapat dijadikan sebagai parameter alternatif untuk mengamati perubahan *setback viscosity* tepung GBR. Perlakuan periode penyemprotan setiap 20 menit dan waktu germinasi selama 24 jam menghasilkan *setback viscosity* (1024 ± 14 cP) yang menyamai tepung terigu rendah protein. Tepung GBR yang dihasilkan dapat mencegah *staling brownies* selama penyimpanan ketika digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan *premix brownies*.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2024). Impor Biji Gandum dan Meslin Menurut Negara Asal Utama. Jakarta Pusat (ID). Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjAxNiMx/imp-or-biji-gandum-dan-meslin-menurut-negara-asal-utama--2017-2023.html> [12 Juni 24].
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2022). Perkembangan Harga Gabah Produsen Mei 2022. Jakarta Pusat (ID). Badan Pusat Statistik. <https://yogyakarta.bps.go.id/pressrelease/2022/06/02/1224/perkembangan-harga-produsen-gabah-mei-2022.html> [23 Mei 2023].
- Chao, S., Mitchell, J., & Fukai, S. (2021). Factors determining genotypic variation in the speed of rice germination. *Agronomy*, 11(8), 1614. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081614>
- Childs, N., & LeBeau, B. (2023). *Rice Outlook: May 2023* (Issue May). <https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/106554/rcs-23d.pdf?v=2560.5> [08 Juni 2023].
- Cho, D. H., & Lim, S. T. (2016). Germinated brown rice and its bio-functional compounds. *Food Chemistry*, 196, 259–271. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.025>
- Chungcharoen, T., Sansiribhanb, S., Munsin, R., Thuwapanichayanan, R., Palamanit, A., Sukkeaw, P., & Phetpan, K. (2022). Influence of germinated brown rice production by water spraying method on its qualities. *Current Applied Science and Technology*, 23(3), 1–11. <https://doi.org/10.55003/cast.2022.03.23.007>
- Cornejo, F., & Rosell, C. M. (2015). Influence of germination time of brown rice in relation to flour and gluten free bread quality. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6591–6598. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1720-8>
- De Schepper, C. F., Michiels, P., Buvé, C., Van Loey, A. M., & Courtin, C. M. (2021). Starch hydrolysis during mashing: A study of the activity and

- thermal inactivation kinetics of barley malt α -amylase and β -amylase. *Carbohydrate Polymers*, 255, 117494. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117494>
- Ekowati, N. Y., & Purwestri, Y. A. (2016). Analisis kandungan gamma aminobutyric acid (GABA), fenol total dan aktivitas antioksidan "beras kecambah" kultivar lokal (*Oryza sativa* L.) di Yogyakarta. *Agicola*, 6(2), 117–127.
- Hirano, H., Watanabe, T., Fukuda, M., & Takeshi Fukao. (2023). The impact of carbohydrate management on coleoptile elongation in anaerobically germinating seeds of rice (*Oryza sativa* L.) under light and dark cycles. *Plants*, 12(7), 1565–1565. <https://doi.org/10.3390/plants12071565>
- Kalita, D., Sarma, B., & Srivastava, B. (2017). Influence of germination conditions on malting potential of low and normal amylose paddy and changes in enzymatic activity and physicochemical properties. *Food Chemistry*, 220, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.193>
- Karwasra, B. L., Gill, B. S., Kaur, M., & Kaur, H. (2018). Influence of germination period on physicochemical, pasting and antioxidant properties of Indian wheat cultivars. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 68–77. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9617-z>
- [KP] Kementerian Pertanian. (2023). Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2023. Jakarta (ID), Kementrian Pertanian. Tersedia pada <https://satudata.pertanian.go.id>. [12 Juni 24].
- Lim, K. T., Chung, J. H., Hong, J. H., Kim, J. H., Lee, E. T., & Im, A. L. (2006). Effect of air-phase germination with anion radiation and water-spraying on germination ratio, sprout growth, and GABA contents of germinated brown rice. *Agricultural and Biosystems Engineering*, 7(1), 42–47.
- Liu, Y., Xu, M., Wu, H., Jing, L., Gong, B., Gou, M., Zhao, K., & Li, W. (2018). The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12), 5142–5152. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3460-z>
- Luo, J., Jobling, S. A., Millar, A., Morell, M. K., & Li, Z. (2015). Allelic effects on starch structure and properties of six starch biosynthetic genes in a rice recombinant inbred line population. *Rice*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12284-015-0046-5>
- Ma, Y., Sang, S., Xu, D., Jin, Y., Chen, Y., & Xu, X. (2021). The contribution of superheated steam treatment of wheat flour to the cake quality. *LWT*, 141, 110958. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110958>
- Munarko, H., Sitanggang, A. B., Kusnandar, F., & Budijanto, S. (2021). Effect of different soaking and germination methods on bioactive compounds of germinated brown rice. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(9), 4540–4548. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15194>
- Munarko, H., Sitanggang, A. B., Kusnandar, F., & Budijanto, S. (2022). Germination of five Indonesian brown rice: evaluation of antioxidant, bioactive compounds, fatty acids and pasting properties. *Food Science and Technology*, 42, e19721. <https://doi.org/10.1590/fst.19721>
- Myint, M. M., Nwet, A., Soe, Y., Thandar, S., Lin, T. T., Aung, W., & Lynn, T. M. (2023). Evaluation of physicochemical characteristics and genetic diversity of widely consumed rice varieties in Kyaukse area, Myanmar. *Plant Science Today*, 10(2), 415–425. <https://doi.org/10.14719/pst.2264>
- Nova, M., Kusnandar, F., Syamsir, E., Studi, P., Profesional, M., Pangan, T., Sarjana, S. P., & Pertanian, F. T. (2015). Karakteristik tekstur brownies yang dipanggang dengan microwave dengan penambahan pati termodifikasi. *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality*, 2(2), 87–95.
- Ojewumi, M. E., Adeeyo, O. A., Akingbade, O. M., Babatunde, E. D., Ayoola, A. A., Awolu, O. O., Emmanuel, O. O., & Oladele, J. O. (2018). Evaluation of glucose syrup produced from cassava hydrolyzed with malted grains (rice, sorghum & maize). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(8), 1000–1011. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9\(8\).1000-11](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9(8).1000-11)
- Olaerts, H., Vandekerckhove, L., & Courtin, C. M. (2018). A closer look at the bread making process and the quality of bread as a function of the degree of preharvest sprouting of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Cereal Science*, 80, 188–197. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.03.004>
- Onmankhong, J., Jongyingcharoen, J. S., & Sirisomboon, P. (2020). The influence of processing parameters of parboiled rice on its physiochemical and texture properties. *Journal of Texture Studies*, 52(2), 219–227. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12576>
- Rachma, Y. A., Anggraeni, D. Y., Surja, L. L., Susanti, S., & Pratama, Y. (2018). Karakteristik fisik dan kimia tepung malt gabah beras merah dan malt

- beras merah dengan perlakuan malting pada lama germinasi yang berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(3), 104–110. <https://doi.org/10.17728/jatp.2707>
- Rachmat. (2022). Pergantian Varietas, Solusi Cerdas Tingkatkan Produksi Beras. Jakarta (ID). Kementrian Pertanian. <https://tanamanpangan.pertanian.go.id/detil-konten/iptek/34> 23 mei 2023. [23 Mei 2023].
- Sharma, S., Singh, A., & Singh, B. (2019). Effect on germination time and temperature on techno-functional properties and protein solubility of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 11(3), 305–312. <https://doi.org/10.3920/QAS2018.1357>
- Singh, A., Sharma, S., Singh, B., Sharma, S., & Singh, B. (2018). Germination behaviour, physico-nutritional properties, and diastase activity of brown rice influenced by germination time and temperature. *Acta Alimentaria*, 47(1), 70–79. <https://doi.org/10.1556/066.2018.47.1.9>
- Tao, H., Lu, F., Zhu, X., Xu, G., Xie, H., Xu, X., & Wang, H. (2020). Removing surface proteins promote the retrogradation of wheat starch. *Food Hydrocolloids*, 113, 106437. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106437>
- Wang, H., Xiao, N., Ding, J., Zhang, Y., Liu, X., & Zhang, H. (2020). Effect of germination temperature on hierarchical structures of starch from brown rice and their relation to pasting properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 147, 965–972. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.063>
- Wunthunyarat, W., Seo, H. S., & Wang, Y. J. (2020). Effects of germination conditions on enzyme activities and starch hydrolysis of long-grain brown rice in relation to flour properties and bread qualities. *Journal of Food Science*, 85(2), 349–357. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15008>
- Yun, H.-R., Kim, J. M., & Shin, M. (2015). Quality and Storage characteristics of gluten-free rice pound cakes with different ratios of germinated brown rice flour. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 31(6), 781–790. <https://doi.org/10.9724/kfcs.2015.31.6.781>
- Yunianta, Hidayat, N., Nisa, F. C., Mubarak, A. Z., & Wulan, S. N. (2015). Variations in dextrose equivalent and dynamic rheology of dextrin obtained by enzymatic hydrolysis of edible canna starch. *International Journal of Food Properties*, 18(12), 2726–2734. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1012724>
- Zhang, Q., Liu, N., Wang, S. S., & Pan, L. Q. (2020). Effects of germination and aeration treatment following segmented moisture conditioning on the γ -aminobutyric acid accumulation in germinated brown rice. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 13(5), 234–240. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20201305.5538>