Agrointek Volume 19 No 2 Juni 2025: 402-412

p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410

AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian

journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

Karakteristik fisikokimia tepung lima varietas lokal gembili dan potensinya dalam pengembangan mi bebas gluten

Markus Jambormias[1], Didah Nur Faridah[1,2] *, Tjahja Muhandri[1,2], Febby Jeanry Polnaya[3]

[1]*Ilmu dan Teknologi Pangan, IPB University, Bogor, Indonesia*
[2]*Seafast Center, IPB University, Bogor, Indonesia*
[3]*Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia*

Article history
Diterima:
2 Mei 2024
Diperbaiki:
1 Agustus 2024
Disetujui:
28 Agustus 2024

Keyword
Gembili flour;
Physicochemical Characteristics;
Gluten-free noodles;
GT Biplot

ABSTRACT

The development of gluten-free noodles using gembili flour offers an alternative solution to reduce Indonesia's heavy reliance on wheat flour while anticipating various health issues related to gluten consumption. This research aims to identify the physicochemical characteristics of gembili flour from five local varieties and to identify the varieties with the most potential for developing gluten-free noodles. Physicochemical characterization of flour includes measuring proximate, crude fiber, and amylose levels as well as flour pasting profile. The best varieties are identified through a theoretical approach based on the physicochemical properties of flour, especially amylose content, setback (ST), and final viscosity (FV), which are used as selection indicators. Empirical proof was carried out by measuring the cooking loss (CL) of noodles to verify the theoretical approach. The physicochemical properties of flour and CL of gembili noodles are greatly influenced by differences in varieties, except for gelatinization temperature and peak time. The Fufulu, Kapok and Kapok Kayanik varieties have high values and are not significantly different in the three selection indicators. The three varieties exhibited amylose, ST, and FV levels of approximately 23%, 204.5-276.50 cP, and 724.5-1012.5 cP, respectively. GT-Biplot analysis shows that only the Kapok and Kapok Kayanik varieties are the best varieties because they have a strong and positive relative position for the three selection indicator variables and a very negative relative position in contrast to CL compared to the other three local varieties. The Kapok variety was chosen as the best variety because it is superior in terms of nutrition and availability of raw materials compared to the other four varieties. The Kapok variety has amylose content, ST, FV, and CL of 23.19±0.34 %, 276.50±3.54 cP, 1012.5±71.4 cP, and 19.78±0.66 %, respectively.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi
Email : didah_nf@apps.ipb.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v19i2.25571

PENDAHULUAN

Mi merupakan produk pangan yang cukup populer di Asia dan telah dikonsumsi oleh banyak orang di dunia (Raungrusmee et al. 2020). Tercatat total konsumsi mi instan di dunia dari tahun 2018 hingga 2022 terus mengalami peningkatan setiap tahunnya (WINA 2024). Kecenderungan peningkatan yang sama juga terjadi di Indonesia sehingga mengakibatkan meningkatnya kebutuhan tepung terigu di dalam negeri. Pemenuhan kebutuhan tepung terigu dilakukan dengan mengimpor gandum dari negara lain akibat dari kondisi iklim tropis Indonesia yang kurang cocok untuk pembudidayaan gandum subtropis. Tercatat dari tahun 2017-2022, total berat impor gandum Indonesia sekitar 9-10 ribu ton/tahun dengan nilai impor sekitar 2,66-3,77 miliar US$ (BPS 2024). Pada tahun 2022, nilai impor gandum mengalami kenaikan di saat total berat impor nasional justru mengalami penurunan. Ketergantungan impor seperti ini dapat membahayakan ketahanan pangan, kestabilan ekonomi dan politik karena rentan terjadinya gangguan rantai pasok (Trisna et al. 2017).

Selain tingginya permintaan tepung terigu, mi dari tepung olahan gandum memiliki kandungan gluten yang berkaitan dengan beberapa isu kesehatan seperti *celiac disease*, dermatitis herpetiformis, gluten ataksia, alergi gandum, dan sensitivitas gluten *non-celiac* (Taraghikhah et al. 2020). Di samping itu, konsumsi gluten dapat memperburuk gejala autisme pada anak-anak pengidap autis (Izzah et al., 2020). Peningkatan wawasan yang lebih luas mengenai hubungan antara produk bebas gluten dan kesehatan telah menarik banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir untuk pengembangan pangan bebas gluten (Gutowski et al. 2020). Dengan demikian, pengembangan mi dari tepung non terigu merupakan alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingginya permintaan tepung terigu di Indonesia dan sekaligus antisipasi terhadap berbagai isu kesehatan yang berkaitan dengan konsumsi gluten.

Gembili (*Dioscorea esculenta* L.) merupakan salah satu tanaman sumber karbohidrat yang secara umum dapat ditemukan hampir di seluruh wilayah Indonesia (Retnowati et al. 2018). Salah satunya adalah di Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku yang memiliki beberapa varietas lokal gembili, lima di antaranya adalah *Kapok*, *Swern*, *Fufulu*, *Biasa* dan *Kapok Kayanik*. Selama ini masyarakat setempat hanya mengolahnya dengan cara yang sederhana seperti direbus dan dikukus.

Secara umum, umbi gembili masih sangat jarang dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan mi bebas gluten. Beberapa penelitian hanya menggunakan tepung gembili untuk substitusi tepung terigu (Halwan and Nisa 2015; Rahmi et al. 2018; Sari et al. 2015; Winarti et al. 2017) sehingga mi yang dihasilkan masih berkemungkinan besar memiliki kandungan gluten. Diversifikasi bahan baku pembuatan mi, terutama dengan menggunakan varietas lokal, diharapkan dapat mendukung kemandirian pangan daerah sehingga dapat berdampak pada ketahanan pangan, memberi nilai tambah pada varietas lokal dan kemungkinan dapat membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Potensi tepung gembili dalam pengembangan mi bebas gluten bergantung pada kemampuannya untuk membentuk jaringan matriks gel pati melalui proses retrogradasi (Dong et al. 2020). Matriks gel pati yang terbentuk diharapkan dapat menggantikan fungsi dari matriks gluten dalam menyusun mikrostruktur mi. Karakteristik fisikokimia tepung merupakan faktor intrinsik yang sangat menentukan kemampuan pembentukan jaringan matriks gel pati (Mojiono et al. 2016). Perbedaan varietas dapat mempengaruhi karakteristik fisikokimia tepung (Zou et al. 2023) sehingga karakterisasi tepung perlu dilakukan agar dapat mengidentifikasi varietas yang paling berpotensi dalam pengembangan mi bebas gluten. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik fisikokimia tepung gembili dari lima varietas lokal dan identifikasi varietas paling berpotensi untuk pengembangan mi bebas gluten berdasarkan karakteristik fisikokimia tepungnya.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk pembuatan tepung gembili adalah air suling, garam NaCl 98% dan $Na_2O_5S_2$ 99,5% serta lima varietas lokal umbi gembili berumur panen 8 bulan, yaitu *Kapok*, *Kapok Kayanik*, *Swern*, *Fufulu*, dan *Biasa* yang diperoleh langsung dari petani di kebun Desa Arma, Kecamatan Nirunmas, Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku. Bahan yang digunakan dalam pembuatan mi adalah

tepung gembili, garam dapur dan air minum dalam kemasan serta berbagai larutan *buffer* dan pereaksi untuk analisis sifat tepung gembili.

Alat yang digunakan untuk pembuatan tepung gembili adalah timbangan, *cabinet dryer*, *crusher* (Philips, Indonesia), *slicer*, refrigerator, pengayak 80 mesh dan beberapa alat bantu lainnya. Alat yang digunakan dalam pembuatan mi adalah *mixer*, *Fluidized Bed Dryer* (FBD), ekstruder ulir tunggal pemasak-pencetak (Scientific: Lab Tech Engineering Company Ltd) dengan spesifikasi *die* berbentuk elips, diameter pendek 1 mm dan diameter panjang 1,2 mm serta alat bantu lainnya. Instrumen yang digunakan dalam analisis adalah spektrofotometer UV-Vis (Thermo Fisher Scientific model 4001/4, USA), *Rapid Visco Analyzer* (RVA) (Perten model TecMaster, Swedia), *hotplate*, oven kadar air, desikator, neraca analitik dan alat-alat gelas.

Penyiapan tepung gembili

Penyiapan tepung gembili sesuai prosedur Utami et al. (2013). Umbi gembili dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan debu dan kotoran. Setelah itu, dilakukan *blanching* pada umbi menggunakan air panas (80°C) selama 1 menit. Kulit gembili dikupas dan daging umbi diiris dengan ketebalan 1-2 mm. Irisan gembili kemudian direndam dengan larutan NaCl 5% dan $Na_2S_2O_5$ 0,3% selama 2 jam. Setelah perendaman, irisan gembili dicuci dengan air dan dilanjutkan dengan pengeringan lapis tipis menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 55°C selama 5-7 jam. Setiap irisan gembili diatur dengan rapi dan tidak tumpang tindih di atas loyang, kemudian dimasukan ke dalam *cabinet dryer* pada rak bagian atas dan bawahnya. Setiap 2 jam, irisan gembili pada rak bagian atas dan rak bagian bawah ditukar posisinya. Irisan gembili yang sudah kering dan mudah dipatahkan, kemudian diolah menjadi tepung menggunakan *crusher* dan selanjutnya diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Tepung gembili lolos ayakan 80 mesh dikemas dalam plastik klip polipropilen dan disimpan pada suhu 4°C. Masing-masing varietas diulang sebanyak 2 kali sehingga terdapat 10 sampel tepung gembili.

Pembuatan mi gembili

Pengolahan mi berbahan baku tepung gembili dimulai dengan persiapan bahan yang akan digunakan, seperti tepung gembili, air, dan garam. Penambahan jumlah air disesuaikan dengan kadar air tepung sehingga rasio berat air terhadap berat bahan kering tepung sebesar 60%, sedangkan persentase garam yang ditambahkan sebesar 2% dari berat tepung. Semua bahan dicampur ke dalam sebuah wadah, selanjutnya diaduk selama 1 menit menggunakan sendok. Campuran tersebut diaduk kembali menggunakan *mixer* selama 2 menit sampai membentuk adonan. Adonan tersebut dimasukkan ke dalam ekstruder untuk proses ekstrusi dengan kecepatan *screw* 130 rpm dan suhu *barrel* 90°C. Untaian mi yang keluar dari ekstruder pada kondisi *steady state*, selanjutnya didinginkan pada suhu ruang selama 15 menit kemudian dikeringkan dengan FBD pada suhu 50°C selama 2 jam (sampai mudah dipatahkan). Mi kering kemudian dikemas dalam plastik polipropilen dan disimpan pada suhu ruang di dalam wadah tertutup.

Analisis kadar proksimat dan serat kasar

Analisis kadar proksimat dan serat kasar sesuai AOAC (2019). Pengukuran kadar air dan abu menggunakan metode gravimetri, lemak metode Soxhlet, protein metode Kjeldahl dan karbohidrat dihitung *by different* serta kadar serat kasar dengan metode hidrolisis dan gravimetri.

Analisis kadar amilosa

Analisis kadar amilosa sesuai ISO-6647-2:2015. Penetapan kadar amilosa ditentukan dengan metode spektroskopi yang diukur pada panjang gelombang 620 nm. Kadar amilosa diperoleh melalui plot kurva standar amilosa.

Analisis profil gelatinisasi

Profil gelatinisasi pati dianalisis menggunakan *rapid visco analyzer* (RVA). Sampel tepung gembili diukur kadar airnya (% bb) dan data kadar air tersebut dimasukkan ke dalam konfigurasi tes (standar 2) yang terdapat pada perangkat lunak RVA untuk mengetahui bobot sampel dan jumlah air suling yang diperlukan.

Analisis *cooking loss* mi

Analisis *cooking loss* mi sesuai prosedur Smatanová dan Lacko-Bartošová (2014). Mi gembili yang diketahui berat keringnya (Ak) ditimbang seberat ±2 g (A), kemudian direbus dengan 200 ml air mendidih selama 5 menit. Mi ditiriskan dan dikeringkan pada suhu 105°C hingga beratnya konstan (B). Persentase *cooking loss* dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$Cooking\ Loss(\%) = \frac{Ak - B}{A} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis data

Data karakteristik fisikokimia tepung dan mi gembili dianalisis menggunakan analisis ragam rancangan acak lengkap (RAL) 1-faktor dengan dua ulangan. Jika perbedaan varietas memberikan pengaruh yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji Tukey untuk mengidentifikasi perbedaan antar varietas. Baik analisis ragam maupun uji Tukey diuji pada taraf nyata α=0,05. Penentuan varietas terbaik dilakukan dengan seleksi varietas berdasarkan sifat fisikokimia tepung gembili menggunakan analisis multivariat *Genotypes-by-Traits* Biplot (GT Biplot). Grafik GT Biplot dianggap layak dan dapat digunakan jika mampu menjelaskan setidaknya 70% keragaman total data (Jollife 2002). Semua analisis dan pengolahan data dilakukan menggunakan Minitab 20 (Minitab, Inc.).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Kimia Tepung

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan kadar komponen kimia dalam tepung gembili dipengaruhi secara signifikan ($p<0,05$) oleh perbedaan varietas (Tabel 1). Komponen-komponen kimia yang dikandung tepung gembili tidak hanya berkaitan dengan aspek gizi tepungnya saja melainkan juga dengan interaksi molekuler di antara komponen-komponen tersebut yang mempengaruhi mekanisme pembentukan matriks gel pati selama proses gelatinisasi dan retrogradasi.

Di antara semua komponen, amilosa merupakan komponen utama yang menentukan kemampuan tepung untuk membentuk matriks gel pati selama proses retrogradasi (Tian et al. 2023). Kemampuan ini disebabkan amilosa merupakan polimer rantai lurus dengan banyak gugus hidroksil (-OH) sehingga lebih mudah membentuk ikatan hidrogen dengan sesama polimer amilosa atau polimer polihidroksil lainnya (Zhang et al. 2023). Gabungan dari polimer-polimer tersebut akan membentuk struktur dari jaringan matriks gel pati yang diharapkan dapat menggantikan fungsi dari matriks gluten.

Pengembangan mi bebas gluten sangat bergantung pada jumlah dan performa amilosa untuk membentuk jaringan matriks gel pati yang kontinu di seluruh bagian adonan melalui proses retrogradasi (Dong et al. 2020). Jaringan matriks gel pati yang terbentuk di seluruh bagian mi akan membentuk mikrostruktur mi yang kokoh dan kompak sehingga mi yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Sebaliknya, jika jumlah amilosa tidak cukup dan performa reasosiasi ikatan hidrogennya di dalam sistem adonan terganggu oleh komponen lain, maka jaringan matriks gel pati yang kontinu di sepanjang struktur mi tidak dapat terbentuk dan menghasilkan mi dengan kualitas yang buruk. Mi dengan mikrostruktur yang buruk akan menjadi mudah putus dan banyak mengalami *cooking loss* selama proses perebusan.

Kadar amilosa yang ideal untuk pembuatan mi bebas gluten dengan menggunakan ekstruder pencetak adalah 27-29% (bk) (Tam et al., 2004). Adapun jika menggunakan ekstruder pemasak-pencetak dapat menggunakan tepung dengan kadar amilosa yang lebih tinggi lagi, yaitu mencapai 60,29-62,88% (bk) (Kusnandar et al. 2020). Dalam penelitian ini, ekstruder yang digunakan adalah pemasak-pencetak sehingga varietas yang dianggap paling berpotensial untuk pengembangan mi bebas gluten adalah varietas dengan kadar amilosa tertinggi. Terdapat tiga varietas yang memiliki kadar amilosa tertinggi dan tidak berbeda secara signifikan, yaitu varietas *Fufulu*, *Kapok* dan *Kapok Kayanik* (Tabel 1).

Profil gelatinisasi tepung erat kaitannya dengan karakteristik kualitas mi berpati (Zou et al. 2023). Parameter viskositas dari profil gelatinisasi tepung memberikan informasi kuantitatif dari fenomena gelatinisasi suspensi pati sampai pada retrogradasi pasta pati untuk membentuk matriks gel pati. Hasil penelitian Tappiban et al. (2020) menunjukkan bahwa parameter viskositas pati berhubungan dengan kandungan amilosa. Namun, keberadaan komponen-komponen kimia lainnya juga memberikan pengaruh yang tidak dapat diabaikan pada sifat fungsional tepung (Zou et al. 2023). Pengaruh dari komponen-komponen lain dapat berdampak secara positif atau negatif pada mekanisme pembentukan matriks gel pati dan dapat dievaluasi dari profil gelatinisasi tepungnya. Dengan demikian, pengukuran sifat fungsional tepung seperti profil gelatinisasi perlu dilakukan untuk membantu dalam seleksi varietas paling berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan mi bebas gluten.

Tabel 1 Komposisi kimia tepung gembili dari lima varietas lokal Desa Arma, Kecamatan Nirunmas, Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku

Kadar (%)	*Kapok*	*Swern*	*Fufulu*	*Biasa*	*Kapok Kayanik*
Air (bb)	7,01 ± 0,18^{b}	8,40 ± 0,13^{a}	8,12 ± 0,15^{a}	7,95 ± 0,30^{a}	7,99 ± 0,31^{a}
Abu (bk)	3,45 ± 0,07^{c}	3,50 ± 0,34^{bc}	3,87 ± 0,15^{ab}	3,93 ± 0,11^{a}	3,36 ± 0,02^{c}
Lemak (bk)	0,45 ± 0,04^{ab}	0,51 ± 0,05^{a}	0,39 ±,04^{abc}	0,27 ± 0,09^{c}	0,34 ± 0,11^{bc}
Protein (bk)	8,13 ± 0,32^{a}	6,91 ± 0,15^{b}	7,78 ± 0,86^{ab}	7,73 ± 0,08^{ab}	5,93 ± 0,30^{c}
Karbohidrat (bk)	87,97 ± ,39^{c}	89,08 ±0,39^{b}	87,96 ± 0,72^{c}	88,07 ± 0,16^{c}	90,37 ± 0,35^{a}
Serat Kasar (bk)	3,99 ± 1,09^{a}	2,87 ± 0,62^{a}	0,81 ± 0,65^{b}	0,63 ± 0,21^{b}	1,25 ± 0,54^{b}
Amilosa (bk)	23,19 ± ,34^{a}	21,18 ± ,34^{b}	23,61 ± 0,02^{a}	20,25 ± 0,01^{b}	22,98 ± 0,29^{a}

Nilai menunjukkan rata-rata ± standar deviasi (SD). Perbedaan huruf pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Tukey pada α = 0,05 (n=2); bb: basis basah; bk: basis kering.

Tabel 2 Profil gelatinisasi tepung gembili dari lima varietas lokal Desa Arma, Kecamatan Nirunmas, Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku

Varietas	PV (cP)	TV (cP)	BD (cP)	ST (cP)	FV (cP)
Kapok	1312,0 ± 76,4^{a}	740,0 ± 59,4^{a}	572,0 ± 17,0^{a}	272,50 ± 12,02^{a}	1012,5 ± 71,4^{a}
Swern	572,5 ± 62,9^{b}	310,5 ± 48,8^{b}	262,0 ± 14,1^{b}	137,5 ± 17,7^{b}	430,0 ± 41,0^{b}
Fufulu	1058,0 ± 69,3^{a}	520,0 ± 86,3^{ab}	538,0 ± 17,0^{a}	204,5 ± 43,1^{ab}	724,5 ± 129,4^{ab}
Biasa	1225,5 ± 26,6^{a}	641,5 ± 50,2^{a}	584,0 ± 76,4^{a}	227,50 ± 7,78^{a}	869,0 ± 58,0^{a}
Kapok Kayanik	1235,5 ± 26,2^{a}	700,5 ± 31,8^{a}	535,0 ± 5,66^{a}	276,50 ± 3,54^{a}	977,0 ± 28,3^{a}

Nilai menunjukkan rata-rata ± standar deviasi (SD). Perbedaan huruf pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Tukey pada α = 0,05 (n=2). PV: *Peak Visc*osity; BD: *Breakdown Visc*osity TV: *Trough Visc*osity; ST: *Setback Visc*osity; FV: *Final Visc*osity; cP: *centiPoise*.

Profil Gelatinisasi Tepung

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa semua parameter viskositas dari profil gelatinisasi dipengaruhi secara signifikan ($p<0,05$) oleh perbedaan varietas, tetapi tidak pada parameter suhu gelatinisasi dan waktu puncak (Tabel 2). Rata-rata suhu gelatinisasi yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 82,54 ± 1,0ºC, sedangkan rata-rata waktu puncak sebesar 8,03 ± 0,12 menit. Suhu gelatinisasi dan waktu puncak tepung gembili dalam penelitian ini relatif lebih tinggi dari hasil penelitian Pasca et al. (2021) pada tepung singkong alami maupun modifikasinya (HMT dan Fermentasi). Hal ini menandakan bahwa granula pati tepung gembili dalam penelitian ini lebih sulit mengalami gelatinisasi dibandingkan dengan granula pati tepung singkong.

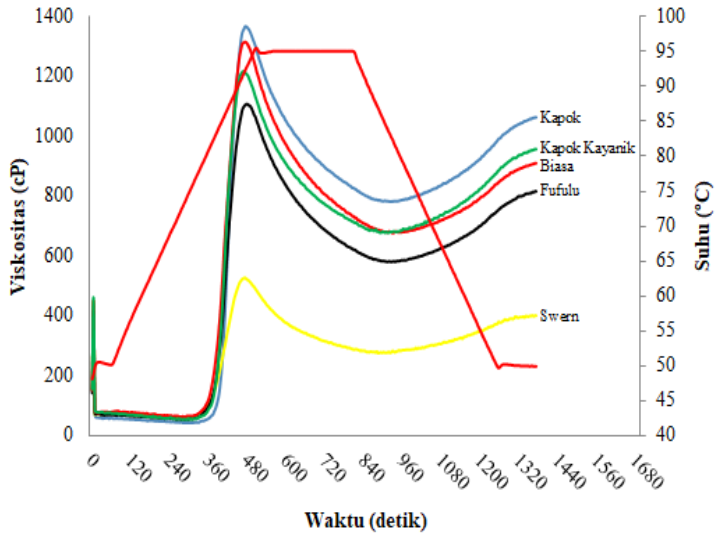
Secara grafikal, profil gelatinisasi varietas *Swern* yang paling berbeda dengan empat varietas lainnya (Gambar 1). Hasil ini sejalan dengan hasil uji Tukey yang dilakukan pada semua parameter viskositas, dimana varietas *Swern* memiliki viskositas paling rendah, meskipun tidak berbeda secara signifikan dengan varietas *Fufulu* pada viskositas TV, ST dan FV (Tabel 2). Di sisi lain, varietas *Fufulu*, *Kapok*, *Biasa* dan *Kapok Kayanik* tidak berbeda secara signifikan pada semua parameter viskositas.

Profil gelatinisasi yang ideal untuk pengembangan mi bebas gluten adalah profil gelatinisasi tipe C (Tam et al. 2004). Profil gelatinisasi tipe ini memiliki pasta dengan ketahanan yang baik terhadap panas dan agitasi, ditandai dengan TV yang tinggi atau BD yang rendah. Selain itu, ketika suhu pastanya diturunkan, maka akan terjadi peningkatan viskositas yang besar dan ditandai dengan nilai ST dan FV yang tinggi. Dong et al. (2020) menyatakan bahwa ST dan FV merupakan dua parameter viskositas yang berkaitan dengan kualitas retrogradasi mi. ST berkaitan erat dengan kecenderungan terjadinya proses retrogradasi (Zhang et al. 2018), sedangkan FV berkaitan dengan kekuatan gel pati yang dihasilkan (Li et al. 2022). Oleh sebab itu, kedua parameter tersebut dapat dijadikan sebagai indikator seleksi dalam

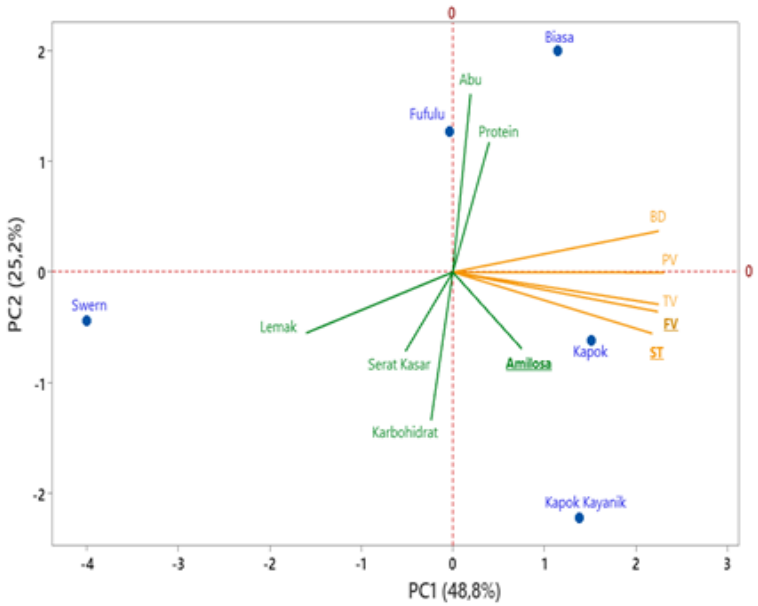
pengembangan mi bebas gluten. Berdasarkan pendekatan teoritis ini, varietas *Fufulu*, *Kapok* dan *Kapok Kayanik* tetap menjadi tiga varietas terbaik karena selain memiliki kadar amilosa yang tinggi, ketiga varietas tersebut juga memiliki nilai viskositas ST dan FV tertinggi dan tidak berbeda secara signifikan satu sama lain.

Penentuan Varietas Terbaik

Interpretasi analisis GT Biplot meliputi peragaan sifat fisikokimia tepung tanpa dan dengan kehadiran sifat *cooking loss* mi gembili (Gambar 2 dan Gambar 4). Peragaan masing-masing grafis ini telah mampu menjelaskan sekitar 74% dan 75,4% total keragaman data, sehingga valid digunakan untuk memeragakan keragaman sifat dan varietas berdasarkan panjang vektor dari titik asal biplot, hubungan atau korelasi antar sifat berdasarkan sudut antar vektor masing-masing sifat, kemiripan antar varietas berdasarkan sudut antar vektor masing-masing varietas, dan karakteristik keunggulan varietas berdasarkan posisi relatifnya terhadap masing-masing sifat (Jambormias et al. 2014; Jollife 2002; Stansluos et al. 2023; Yan and Frégeau-Reid 2018).



Gambar 1 Profil gelatinisasi tepung gembili dari lima varietas lokal desa arma



Gambar 2 Grafik GT Biplot sifat fisikokimia tepung gembili

Kadar amilosa, ST dan FV yang tinggi merupakan sifat fisikokimia tepung yang digunakan untuk penentuan varietas terbaik melalui pendekatan teoritis. Berdasarkan hasil uji Tukey, varietas *Fufulu*, *Kapok* dan *Kapok Kayanik* merupakan varietas terbaik (Tabel 1 dan Tabel 2). Namun, hasil analisis GT Biplot menunjukkan bahwa varietas *Fufulu* ternyata memiliki posisi relatif yang berkebalikan dengan ketiga indikator seleksi. Di lain pihak, varietas *Kapok* dan *Kapok Kayanik* memiliki posisi relatif dengan keunggulan karakteristik yang sesuai dengan ketiga indikator seleksi (Gambar 2). Hal ini menandakan bahwa varietas *Kapok* dan *Kapok Kayanik* dicirikan oleh nilai yang tinggi pada ketiga indikator seleksi, sedangkan varietas *Fufulu* dicirikan dengan nilai yang rendah dari kedua varietas tersebut. Dengan demikian, hanya varietas *Kapok* dan *Kapok Kayanik* yang terpilih dalam seleksi sebagai varietas terbaik dalam pengembangan mi bebas gluten.

Hasil analisis GT Biplot juga menunjukkan bahwa dari semua komponen kimia dalam gembili, amilosa merupakan komponen kimia yang paling berkorelasi positif dengan ST dan FV (Gambar 2). Hasil ini menandakan bahwa amilosa merupakan komponen utama yang menentukan proses retrogradasi pasta dari tepung gembili (Dong et al. 2020; Tappiban et al. 2020; Tian et al. 2023). Di lain pihak, lemak merupakan komponen kimia yang paling berkorelasi negatif dengan ST dan FV (Gambar 2). Hasil ini mengindikasikan bahwa keberadaan lemak gembili mengganggu proses retrogradasi pasta dari tepung gembili. Korelasi negatif antara lemak dengan semua parameter viskositas diduga menjadi salah satu penyebab perbedaan profil gelatinisasi antara varietas *Swern* dan varietas *Biasa*. Kedua varietas tersebut memiliki kadar amilosa yang tidak berbeda secara signifikan, namun memiliki kadar lemak yang berbeda signifikan (Tabel 1, Tabel 2 dan Gambar 1).

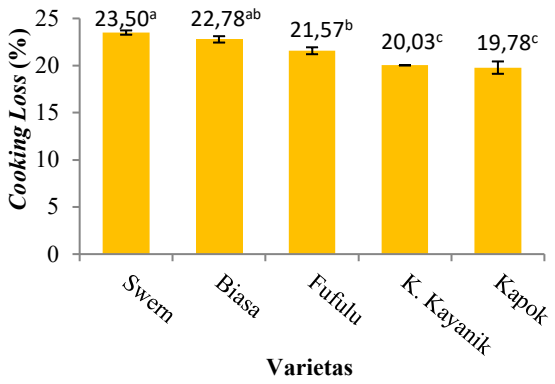
Lemak merupakan komponen yang berkorelasi paling negatif dengan ST dan FV, tetapi komponen ini memiliki kadar yang sangat rendah di dalam tepung gembili sehingga pengukuran komponen lainnya perlu dilakukan untuk memperoleh pandangan yang lebih luas. Salah satunya adalah pengukuran kadar glukomanan, yaitu komponen polisakarida larut air yang umum ditemukan dalam kelompok tanaman *Dioscorea* (Prabowo et al. 2014; Utomo et al. 2019). Komponen glukomanan dapat mempengaruhi proses gelatinisasi dan retrogradasi pati (Schwartz et al. 2014).

Komponen abu, protein, serat kasar dan karbohidrat memiliki korelasi yang cukup rendah terhadap ST dan FV (Gambar 2). Hasil ini mengindikasikan bahwa komponen-komponen tersebut tidak terlalu mempengaruhi proses reasosiasi ikatan hidrogen yang dilakukan oleh amilosa selama proses retrogradasi. Dengan kata lain, komponen abu, protein, serat kasar dan karbohidrat tidak mengganggu pembentukan mikrostruktur mi selama retrogradasi.

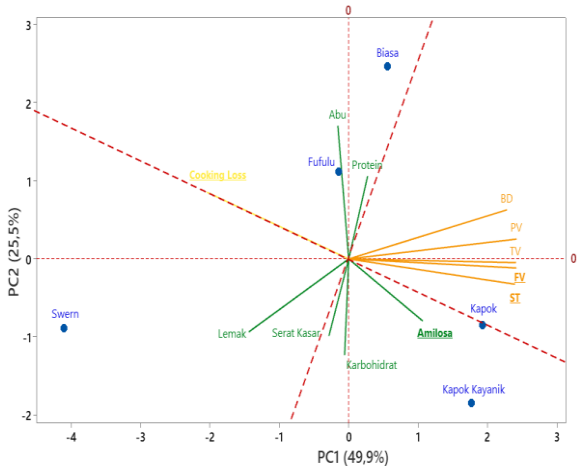
Pembuktian Empiris

Pembuktian empiris juga dilakukan dengan pengukuran *cooking loss* (CL) dari mi gembili dan datanya disajikan beserta dengan uji statistik pada Gambar 3. CL merupakan salah satu parameter penting dalam menilai kualitas pemasakan mi yang jika nilainya semakin rendah, maka semakin baik mi yang dihasilkan (Muhandri 2012). Berdasarkan uji Tukey, hanya varietas *Kapok* dan *Kapok Kayanik* yang memiliki nilai CL terendah dan tidak berbeda signifikan satu sama lain. Hasil ini memverifikasi pendekatan teoritis yang dilakukan dengan analisis GT Biplot sifat fisikokimia tepung yang juga menentukan kedua varietas tersebut sebagai varietas terbaik (Gambar 2).

Lemak dan abu merupakan sifat komponen kimia yang paling berkorelasi positif dengan sifat *cooking loss* mi dibandingkan komponen kimia lainnya karena sudut yang terbentuk antara masing-masing variabel tersebut terhadap *cooking loss* lebih kecil dibandingkan dengan komponen kimia lainnya (Gambar 4). Hasil ini mengindikasikan bahwa kedua komponen ini yang paling banyak hilang selama proses perebusan. Lemak dan abu merupakan komponen pengisi yang mungkin terlepas dari rongga-rongga jaringan matriks gel pati selama perebusan. Komponen abu yang hilang, utamanya merupakan mineral dalam bentuk tidak terikat atau dalam keadaan bebas bermuatan sehingga mudah larut dalam air selama proses perebusan. Lemak tidak larut air tetapi mungkin saja berdifusi keluar dari struktur mi selama proses perebusan sebagai akibat dari perpindahan massa air yang keluar masuk struktur mi dan menyebabkan komponen lemak yang tidak terikat pada jaringan matriks gel pati dapat ikut terbawa keluar dari struktur mi.



Gambar 3 Hasil Pengukuran *Cooking Loss* Mi; Perbedaan huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Tukey pada α = 0,05 (n=2).

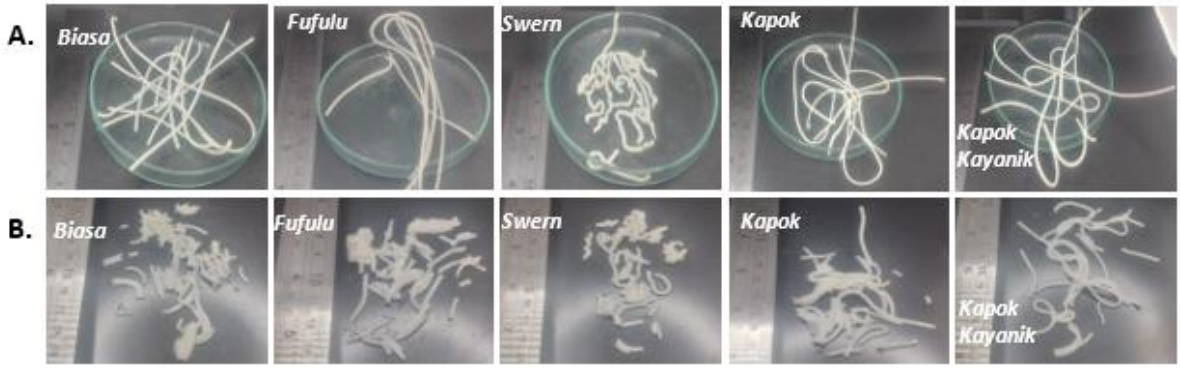


Gambar 4 Grafik GT Biplot dengan Penambahan Sifat *Cooking Loss* Mi Gembili.

Amilosa merupakan komponen yang paling berkorelasi negatif dengan *cooking loss* karena sudut antara vektor variabel ini terhadap *cooking loss* yang paling mendekati 180° (Gambar 4). Hal ini menandakan bahwa komponen amilosa tidak banyak yang hilang selama proses perebusan, justru nilai *cooking loss* mi semakin rendah jika kadar amilosa tepung semakin tinggi. Hal tersebut karena amilosa bukan merupakan komponen pengisi, melainkan komponen pembentuk struktur yang menyusun mikrostruktur mi sehingga jumlahnya yang hilang tidak mungkin lebih banyak daripada komponen-komponen pengisi. Jumlah molekul amilosa yang banyak justru akan meningkatkan kekompakan mikrostruktur mi sehingga menurunkan kemungkinan padatan yang hilang selama proses perebusan. Adapun komponen kimia lainnya seperti serat kasar, protein dan karbohidrat tidak memiliki korelasi yang cukup kuat dengan sifat *cooking loss* mi (Gambar 4). Hasil ini mengindikasikan bahwa komponen-komponen tersebut tidak begitu banyak hilang dalam proses perebusan dan juga tidak terlalu mempengaruhi pembentukan mikrostruktur mi selama retrogradasi.

Analisis GT Biplot juga menunjukkan bahwa hanya varietas *Kapok* dan *Kapok Kayanik* yang memiliki posisi relatif berbanding terbalik dengan *cooking loss* mi (Gambar 4). Hal ini menandakan bahwa hanya dua varietas ini yang dicirikan oleh nilai *cooking loss* mi yang rendah. Adapun varietas *Fufulu*, *Swern* dan *Biasa* memiliki posisi relatif yang tidak berkebalikan dengan *cooking loss* (Gambar 4). Hasil ini menandakan bahwa ketiga varietas ini dicirikan oleh nilai *cooking loss* yang lebih tinggi dari *Kapok* dan *Kapok Kayanik*. Analisis GT Biplot ini memperoleh hasil yang sejalan dengan uji Tukey untuk kelima varietas (Gambar 3).

Berdasarkan pendekatan teoritis sifat fisikokimia tepung dan pembuktian empiris sifat CL mi gembili, maka varietas *Kapok* dan *Kapok Kayanik* terpilih dalam seleksi sebagai varietas terbaik untuk pengembangan mi bebas gluten. Seperti yang telah dibahas, protein dan serat kasar diindikasi sebagai dua komponen yang tidak terlalu mengganggu pembentukan mikrostruktur mi selama proses retrogradasi dan juga tidak hilang selama proses perebusan (Gambar 2 dan Gambar 4). Dengan demikian, varietas *Kapok* memiliki keunggulan dibandingkan empat varietas lainnya dalam aspek gizi karena mengandung protein yang tinggi dan aspek kesehatan karena memiliki kadar serat kasar yang juga tinggi sehingga dapat bermanfaat untuk kesehatan sistem pencernaan manusia (Tabel 1). Di samping itu, varietas ini merupakan varietas yang paling banyak dibudidayakan di tempat asal kelima varietas lokal tersebut. Oleh karena itu, varietas *Kapok* juga memiliki keunggulan dari aspek keberlanjutan dan ketersediaan bahan baku dalam pembuatan mi bebas gluten dibandingkan dengan keempat varietas lainnya.



Gambar 5 Penampakan Mi Gembili Kelima Varietas Sebelum Perebusan (A) dan Setelah Perebusan (B)

Penampakan mi gembili dari kelima varietas lokal dapat dilihat pada Gambar 5. Sebelum perebusan, mi dari varietas *Swern* sudah mengalami patah yang menandakan matriks gel patinya tidak terbentuk dengan baik. Setelah perebusan, mi dari semua varietas mengalami pemutusan yang artinya kualitas tekstur mi dari semua varietas masih kurang baik. Oleh karena itu, optimasi pembuatan mi maupun modifikasi tepung gembili atau penambahan pati lain ke tepung gembili dapat dilakukan untuk memperbaiki kualitas tekstur dan pemasakan mi gembili.

KESIMPULAN

Kelima varietas lokal gembili memiliki karakteristik fisikokimia tepung yang berbeda pada kandungan komposisi kimia dan parameter viskositas, tetapi tidak berbeda pada suhu gelatinisasi dan waktu puncak. Hasil analisis GT Biplot menunjukkan bahwa hanya varietas *Kapok* dan *Kapok Kayanik* merupakan varietas paling berpotensi dalam pengembangan mi bebas gluten. Namun, hanya varietas *Kapok* yang terpilih dalam seleksi sebagai varieras paling berpotensi karena varietas ini lebih unggul dari aspek gizi dan kesehatan serta aspek ketersediaan dan keberlanjutan bahan baku dibandingkan dengan empat varietas lainnya.

Pengujian terhadap komponen kimia lainnya perlu dilakukan agar dapat mengidentifikasi berbagai komponen non-amilosa dan pengaruhnya terhadap pembentukan mikrostruktur mi selama proses retrogradasi pati gembili. Optimasi proses pembuatan, modifikasi tepung gembili maupun penambahan pati dari tanaman lainnya perlu dilakukan untuk memperbaiki sifat mi dari tepung gembili yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Association of Official Analytical Chemists. 2019. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International (21st ed.).

Badan Pusat Statistik. 2024. Impor biji gandum dan meslin menurut negara asal utama, 2018-2023. https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjAxNiMx/impor-biji-gandum-dan-meslin-menurut-negara-asal-utama--2017-2023.html

Dong, R., Niu, Q., Zhang, K., Hu, X. 2020. The effect of retrogradation time and ambient relative humidity on the quality of extruded oat noodles. *Food Sci. Nutr*. 8(6), 2940–2949. https://doi.org/10.1002/fsn3.1596

Gutowski, E. D., Weiten, D., Green, K. H., Rigaux, L. N., Bernstein, C. N., Graff, L. A., Walker, J. R., Duerksen, D. R., Silvester, J. A. 2020. Can individuals with celiac disease identify gluten-free foods correctly? *Clin. Nutr. ESPEN*, 36, 82–90. https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.01.012

Halwan, C. A., Nisa, F. C. 2015. Making of gembili and rice bran noodles (study of proportion wheat flour : gembili and additioning of rice bran). *J. Pangan Dan Agroindustri*, 3(4), 1548–1559.

International Organization for Standardization. 2015. Rice – Determination of amylose content - Part 2: Routine methods.

International Organization for Standardization 2010 (IS0 ISO 6647-2:2015E).

Izzah, A. F., Fatmaningrum, W., Irawan, R. 2020. Perbedaan gejala pada anak autis yang diet bebas gluten dan kasein dengan yang tidak diet di Surabaya. *Amerta Nutr.* 4(1), 36–42. https://doi.org/10.20473/amnt.v4i1.2020.36-42

Jambormias, E., Patty, J. R., Laisina, J. K. J., Tutupary, A., Madubun, E. L., Ririhena, R. E. 2014. Genetic and transgressive segregation analysis of multiple traits in generations F2 of mungbean varieties Mamasa Lere Butnem × Lasafu Lere Butsiw cross. *J. Budid. Pertan.* 10(2), 52–58.

Jollife, I. T. 2002. Principal Components Analysis. In International Encyclopedia of Education (2nd ed.). Springer-Verlag Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01358-0

Kusnandar, F., Mutmainah, M., Muhandri, T. 2020. Optimization of Starch Noodle Processing from Banggai Yam (Dioscorea alata) Starches. *J. Pangan dan Agroindustri* 8(3), 163–174.

Li, B., Xie, B., Liu, J., Chen, X. 2022. A study of starch resources with high-amylose content from five Chinese mutant banana species. *Front. Nutri.* 9, 1–14.

Mojiono, Nurtama, B., Budijanto, S. 2016. Development of gluten-free noodles using extrusion technology. *Pangan* 25(2), 125–136.

Muhandri, T. 2012. Mekanisme proses pembuatan mi berbahan baku jagung. *Bul. Teknol. Pascapanen Pertan.* 8(2), 71–79.

Pasca, B. D., Muhandri, T., Hunaefi, D., Nurtama, B. 2021. Karakteristik fisikokimia tepung singkong dengan beberapa metode modifikasi. J. Mutu Pangan : *Indones. J. Food Qual.* 8(2), 97–104. https://doi.org/10.29244/jmpi.2021.8.2.97

Prabowo, A. Y., Estiasih, T., Purwantiningrum, I. 2014. Gembili (Dioscorea esculenta L.) as food contain bioactive compounds : A review. *J. Pangan dan Agroindustri* 2(3), 129–135.

Rahmi, S., Wahyuni, S., Ansharullah. 2018. Karakterisasi sifat fisik produk mie basah dari tepung opa (Dioscorea esculenta L.) termodifikasi dengan penambahan bubur rumput laut. *J. Sains dan Teknol. Pangan* 3(5), 1682–1690.

Raungrusmee, S., Shrestha, S., Sadiq, M. B., Anal, A. K. 2020. Influence of resistant starch, xanthan gum, inulin and defatted rice bran on the physicochemical, functional and sensory properties of low glycemic gluten-free noodles. *LWT - Food Sci. Technol.* 126, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109279

Retnowati, D. S., Kumoro, A. C., Ratnawati, R. 2018. Phycial, thermal and functional properties of flour derived from ubi gembili (Dioscorea escuenta L.) tubers grown in Indonesia. Potravin. *Slovak J. Food Sci.* 12(1), 539–545.

Sari, D. K., Lestari, R. S. D., Sari, V. D. K., Umbara, M. T. 2015. Pemanfaatan tepung gembili (Dioscorea esculenta) dalam pembuatan mie. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1–5.

Schwartz, J. M., Le Bail, K., Garnier, C., Llamas, G., Queveau, D., Pontoire, B., Srzednicki, G., Le Bail, P. 2014. Available water in konjac glucomannan-starch mixtures. Influence on the gelatinization, retrogradation and complexation properties of two starches. *Food Hydrocoll.* 41, 71–78. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.014

Smatanová, N., Lacko-Bartošová, M. 2014. Noodle quality of winter wheat cultivated in sustainable farming systems. *J. Cent. Eur. Agric.* 15(2), 84–94. https://doi.org/10.5513/JCEA01/15.2.1457

Stansluos, A. A. L., Öztürk, A., Niedbała, G., Türkoğlu, A., Haliloğlu, K., Szulc, P., Omrani, A., Wojciechowski, T., Piekutowska, M. 2023. Genotype–trait (GT) biplot analysis for yield and quality stability in some sweet corn (Zea mays L. saccharata Sturt.) genotypes. *Agronomy,* 13(6), 1–19. https://doi.org/10.3390/agronomy13061538

Tam, L. M., Corke, H., Tan, W. T., Li, J., Collado, L. S. 2004. Production of bihon-type noodles from maize starch differing in amylose content. *Cereal Chem.* 81(4), 475–480.

Tappiban, P., Sraphet, S., Srisawad, N., Wu, P., Han, H., Smith, D. R., Bao, J.,

Triwitayakorn, K. 2020. Food hydrocolloids effects of cassava variety and growth location on starch fine structure and physicochemical properties. *Food Hydrocoll.* 108, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106074

Taraghikhah, N., Ashtari, S., Asri, N., Shahbazkhani, B., Al-Dulaimi, D., Rostami-Nejad, M., Rezaei-Tavirani, M., Razzaghi, M. R., Zali, M. R. 2020. An updated overview of spectrum of gluten-related disorders: Clinical and diagnostic aspects. *BMC Gastroenterol.* 20(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/s12876-020-01390-0

Tian, J., Qin, L., Zeng, X., Ge, P., Fan, J., Zhu, Y. 2023. The role of amylose in gel forming of rice flour. *Foods,* 12(6), 1–11. https://doi.org/10.3390/foods12061210

Trisna, Marimin, Arkeman, Y., Sunarti, T. C. 2017. Model mitigasi gangguan rantai pasok tepung terigu dengan substitusi bahan baku tepung lokal. (Disertasi, Institut Pertnian Bogor)

Utami, R., Widowati, E., Dewati, A. D. A. R. 2013. Kajian penggunaan tepung gembili (Dioscorea esculenta) dalam pembuatan minuman sinbiotik terhadap total bakteri probiotik, karakter mutu, dan karakter sensoris. *J. Teknosains Pangan*, 2(3), 3–8.

Utomo, S., Adnan, A. Z., Lestari, R. S. D., Sari, D. K. 2019. Pengaruh rasio pelarut dan waktu ekstraksi terhadap kadar glukomanan pada ekstraksi umbi gembili (Discorea esculenta L) berbantu gelombang mikro. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, April, 3–4.

Winarti, S., Susiloningsih, E. K. B., Asroh, F. Y. Z. 2017. Karakteristik mi kering dengan subtitusi tepung gembili dan penambahan plastiziser GMS (gliserol mono stearat). *Agrointek: J. Teknologi Ind. Pertan.* 11(2), 53–62. https://doi.org/https://doi.org/10.21107/agrointek.v11i2.3069

World Instant Noodles Association. 2024. Instant noodles demand rangking. https://instantnoodles.org/en/noodles/demand/table/

Yan, W., Frégeau-Reid, J. 2018. Genotype by yield-trait (GYT) biplot: A novel approach for genotype selection based on multiple traits. *Sci. Rep.* 8(1), 1–10. https://doi.org/10.1038/s41598-018-26688-8

Zhang, B., Bai, B., Pan, Y., Li, X.-M., Cheng, J.-S., Chen, H.-Q. 2018. Effects of pectin with different molecular weight on gelatinization behavior, textural properties, retrogradation and in vitro digestibility of corn starch. *Food Chem.* 264, 58–63. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.011

Zhang, C., Xue, W., Li, T., Wang, L. 2023. Understanding the relationship between the molecular structure and physicochemical properties of soft rice starch. *Food* 12(19), 1–16. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12193611

Zou, J., Li, Y., Wang, F., Su, X., Li, Q. 2023. Relationship between structure and functional properties of starch from different cassava (Manihot esculenta Crantz) and yam (Dioscorea opposita Thunb) cultivars used for food and industrial processing. *LWT - Food Sci*. Technol. 173, 114–261. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114261