

## Karakter Fisik Pati Sukun Sebagai Pengental pada Saus Tomat dan Pembentuk Gel pada Cendol

Bovi Wira Harsanto<sup>1\*</sup>, Novian Wely Asmoro<sup>1</sup>, Retno Widyastuti<sup>1</sup>  
Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Universitas Veteran Bangun Nusantara<sup>1</sup>  
Jalan Letjend Sujono Humardani No. 1 Jombor Kec. Bendosari Kabupaten Sukoharjo  
\*email penulis : boviwuraharsanto@gmail.com

### ABSTRAK

Buah sukun mengandung pati yang tinggi sehingga dapat diolah menjadi pati sukun. Produk pati diketahui dapat berperan sebagai agen pengental dan pembentuk gel. Pada bidang pangan, sifat pengental dapat diterapkan pada pembuatan saus tomat dan sifat pembentuk gel dapat diterapkan pada pembuatan cendol. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi penambahan pati sukun terhadap produk saus tomat dan cendol. Penelitian diawali dengan pengamatan sifat pasta dari pati sukun, seperti sifat pasta, uji warna, dan swelling power. Selanjutnya, pembuatan saus tomat dilakukan menggunakan prinsip pemasakan setelah pencampuran bubur tomat, bumbu, pati sukun, gula, dan garam. Sementara itu, pembuatan cendol dilakukan menggunakan prinsip pemasakan dan pendinginan di atas air es setelah pencampuran tepung beras, pati sukun, pewarna pandan, dan garam. Saus tomat dan cendol berbasis pati sukun diamati melalui kenampakan fisik produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pati sukun memiliki nilai L sebesar 95,16 (warna putih cerah) dan swelling power sebesar 14,99 g/g. Sementara itu, viskositas puncak dan viskositas setback dari pati sukun berturut-turut sebesar 4795 cP dan 1731 cP, yang tergolong tinggi sehingga berpotensi untuk dijadikan pengental dan pembentuk gel pada produk pangan. Pada penerapannya, pati sukun dengan konsentrasi 1,3, dan 5% mampu mengentalkan saus tomat. Selain itu, pati sukun yang dicampur dengan tepung beras mampu membentuk gel yang kokoh pada cendol. Penelitian ini menjadi informasi yang bermanfaat dalam pengaplikasian pati sukun pada produk pangan, seperti saus tomat dan cendol, serta menjadi area riset yang menjanjikan untuk dieksplorasi.

**Kunci Utama:** Cendol; pati sukun; pembentuk gel; pengental; saus tomat

### ABSTRACT

*Breadfruit contains high starch so it can be processed into breadfruit starch. Starch products are known to act as thickening and gelling agents. In the food field, thickening properties can be applied to making tomato sauce, and gelling properties can be applied to making cendol. This research aimed to evaluate the addition of breadfruit starch to tomato sauce and cendol products. The research began with observing the paste properties of breadfruit starch, such as paste properties, color test, and swelling power. Next, tomato sauce is made using the cooking principle after mixing tomato pulp, spices, breadfruit starch, sugar, and salt. Meanwhile, cendol is made using the principle of cooking and cooling over ice water after mixing rice flour, breadfruit starch, pandan coloring, and salt. Tomato sauce and cendol based on breadfruit starch were observed through the product's physical appearance. The research showed that breadfruit starch had an L value of 95.16 (bright white color) and a swelling power of 14.99 g/g. Meanwhile, breadfruit starch's peak viscosity and setback viscosity are 4795 cP and 1731 cP, respectively, relatively high. Hence, it can be used as a thickener and geller in food products. In its application, breadfruit starch with 1, 3, and 5% concentrations can thicken tomato sauce. Also, breadfruit starch mixed with rice flour can form a strong gel on cendol. This research provides useful information on applying breadfruit starch in food products, such as tomato sauce and cendol, and is a promising research area to explore.*

**Keywords :** *Breadfruit starch; cendol; gelling agent; thickener; tomato sauce*

## 1. PENDAHULUAN

Buah sukun adalah buah yang sangat umum di Indonesia. Orang-orang biasanya hanya makan buah sukun sebagai makanan ringan [1]. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tambah dari produk olahan buah sukun masih perlu ditingkatkan. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai tambah adalah dengan mengolahnya menjadi pati sukun. Buah sukun berpotensi sebagai sumber pati. Menurut Zuhra et al. [2], buah sukun merupakan salah satu sumber penghasil pati. Daging buah sukun mengandung lebih dari 50% pati [3]. Buah sukun juga merupakan salah satu sumber pati yang belum banyak digunakan [4] sehingga penelitian tentang pati sukun penting untuk dilakukan.

Pati memiliki sifat yang bermanfaat saat diaplikasikan ke produk pangan, seperti pengental dan pembentuk gel. Hal tersebut disebabkan oleh interaksi yang terjadi antara amilosa dan amilopektin yang terkandung dalam pati selama proses pengolahan pangan [5]. Secara teknis, sifat pengental pati muncul setelah pati tergelatinisasi saat air panas dipanaskan. Menurut Ai & Jane [6], gelatinisasi pati menyebabkan adanya transformasi dari struktur semi-kristalin menjadi struktur amorf sehingga amilosa-amilopektin berinteraksi dengan air panas dan menimbulkan peningkatan viskositas atau kekentalan. Sementara itu, sifat pembentuk gel dari pati muncul setelah pati teretrogradasi akibat pendinginan. Proses pendinginan pada pati menyebabkan amilosa-amilopektin bergabung kembali membentuk jaringan yang kokoh sehingga air yang berada di dalam jaringan tersebut menjadi terperangkap, yang nantinya terbentuk gel [6].

Karena produk saus tomat memiliki kekentalan yang tinggi, sifat pengental pada pati dapat digunakan untuk membuat saus tomat. Sementara itu, sifat pembentuk gel pada pati sukun dapat digunakan untuk membuat cendol yang bersifat gel. Beberapa studi terkait pembuatan saus tomat berbasis pati telah dilakukan. Sjarif & Apriani [7] menyimpulkan bahwa pati tapioka dapat digunakan dalam pembuatan saus tomat yang mutunya telah memenuhi SNI saus tomat. Pati ubi kelapa kuning sebanyak 2% dapat berperan sebagai pengental pada saus tomat dengan mutu penyimpanan selama 7 hari tanpa mengalami kerusakan [8]. Sementara itu, penelitian tentang cendol berbasis pati juga pernah dilakukan sebelumnya. Harmayani et al. [9] menemukan bahwa cendol berbasis pati ganyong memiliki tingkat kesukaan yang tidak berbeda nyata dengan cendol berbasis tepung beras. Pati tapioka juga pernah digunakan sebagai bahan substitusi tepung beras dalam pembuatan cendol, yang hasilnya menunjukkan bahwa substitusi tepung beras sebanyak 25% oleh pati tapioka dapat menghasilkan sifat organoleptik yang baik pada produk cendol [10].

Tidak banyak penelitian telah dilakukan tentang manfaat pati sukun sebagai pengental pada saus tomat dan pembentuk gel pada cendol. Hal ini ditunjukkan oleh fakta bahwa masih sedikit informasi tentang penggunaan pati sukun dalam pembuatan kedua produk tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mengkaji penambahan pati sukun pada saus tomat dan cendol agar mendapatkan informasi pembuktian konsep pengental dan pembentuk gel dari pati sukun. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi penambahan pati sukun pada produk saus tomat dan cendol.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati yang diekstraksi dari buah sukun, buah tomat, bumbu, gula, garam, tepung beras, es batu, dan air.

## 2.2 Preparasi sampel

Penelitian ini menggunakan pati sukun yang telah diekstraksi melalui metode penggilingan basah. Pati sukun yang diekstraksi mengandung 11,98% air, 1,76% protein, dan 84,79% [11]. Penelitian ini diawali dengan karakterisasi pati sukun yang meliputi analisis warna, sifat pasta, swelling power. Selanjutnya, pati sukun tersebut diaplikasikan pada pembuatan saus tomat dan cendol.

## 2.3 Uji warna

Pati sukun diamati warnanya melalui sistem CIE L a b menggunakan chromameter (Konica Minolta, Japan). Awalnya, bubuk pati ditempatkan pada wadah kaca. Lalu, head dari chromameter ditempelkan pada bubuk dan dilakukan peneraan warna. Pada layar digital chromameter, nilai yang muncul adalah nilai L (menggambarkan tingkat kecerahan atau warna putih/hitam), nilai a (menggambarkan warna merah yang berkisar antara 0 sampai +60 dan warna hijau yang berkisar antara 0 sampai -60), dan nilai b (menggambarkan warna kuning yang berkisar antara 0 sampai +60 dan warna biru yang berkisar antara 0 sampai -60).

## 2.4 Uji sifat pasta

Pati sukun diamati sifat pastanya menggunakan Rapid Visco Analyzer (RVA) (Perten Instruments, USA). Awalnya, pati sukun (3,5 gram) ditambahkan akuades (25 gram), yang selanjutnya diaduk dengan kecepatan 960 rpm selama 20 detik. kemudian diturunkan hingga 160 rpm setelah detik ke-60. Suhu awal RVA adalah 50°C, kemudian dinaikkan suhunya menjadi 95°C. Setelah itu, suhu 95°C ditahan selama 5 menit, yang selanjutnya diturunkan kembali menjadi 50°C. Lalu, suhu 50°C ditahan selama 2 menit. Parameter yang diamati diantaranya adalah viskositas puncak dan viskositas setback.

## 2.5 Uji swelling power

Swelling power dari pati sukun diamati menggunakan metode dari Crosbie [12]. Awalnya, 100 mg pati sukun ditambahkan 10 mL akuades, yang selanjutnya dipanaskan dalam waterbath pada suhu 90°C selama 30 menit. Setelah itu, campuran disentrifugasi pada 2200 g selama 15 menit. Lalu, supernatant diambil dan dikeringkan dalam oven bersuhu 110°C semalaman. Setelah dioven, pendinginan dilakukan dalam desikator dan ditimbang, yang dihitung sebagai berat sampel. Sedimen basah yang ada di tabung sentrifuge juga ditimbang, yang kemudian dilakukan perhitungan swelling power sebagai berikut:

$$\text{Swelling power (g/g)} = \frac{\text{berat sedimen basah (g)}}{\text{berat sampel (g)}} \times 100\%$$

## 2.6 Pembuatan saus tomat

Pada pembuatan saus tomat, pati sukun (1;3;5%) dicampur dengan bubur tomat beserta gula, garam, ekstrak bumbu (terdiri dari bubuk bawang putih, bubuk lada, bubuk pala, bubuk cengkeh, bubuk kayu manis), yang dilanjutkan dengan pemasakan pada suhu 85°C selama 15 menit hingga terbentuk saus tomat. Saus tomat diamati berdasarkan kenampakan fisik.

## 2.7 Pembuatan cendol

Pada pembuatan cendol, pati sukun dan tepung beras dengan rasio 1:1 dicampurkan dengan air kapur sirih, yang dilanjutkan dengan pengadukan dalam air mendidih. Setelah itu, cendol dicetak dengan 2 cara, yaitu cetakan kecil dan cetakan besar. Selanjutnya, cendol diletakkan di atas air es. Cendol diamati berdasarkan kenampakan fisik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Uji warna

Penelitian ini menemukan bahwa pati sukun memiliki warna putih yang cerah. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai L yang tinggi, yaitu 95,16 (Tabel 1). Hasil tersebut lebih tinggi dari yang didapatkan oleh Setiani et al. [13], yaitu nilai L sebesar 80,49. Perbedaan tersebut mungkin disebabkan adanya perbedaan jenis buah sukun atau metode ekstraksi pati sukun.

**Tabel 1. Karakter warna dari pati sukun**

	Nilai L	Nilai a	Nilai b
Pati sukun	95,16 ± 0,23	-3,89 ± 0,01	7,39 ± 0,11

Sementara itu, nilai a dan nilai b dari pati sukun terbilang kecil sehingga tidak berdampak nyata terhadap warna dari pati sukun. Berdasarkan Tabel 1, nilai a dan b dari pati sukun masing-masing adalah -3,89 dan 7,39, yang mengindikasikan bahwa pati sukun sedikit memiliki warna kuning dan hijau. Adanya kontribusi warna tersebut mungkin dikaitkan dengan warna daging buah sukun yang mengandung warna kuning dan hijau. Peneliti lain mendapatkan pati sukun dengan nilai a dan b masing-masing sebesar 2,29 dan -12,7 yang cenderung merah kebiruan [13]. Perbedaan geografis dari tanaman sukun dan jenis buah sukun diduga menjadi penyebab perbedaan hasil tersebut.

#### 3.2 Uji sifat pasta

Sifat pasta pada pati penting untuk diamati karena berkaitan dengan pola perilaku pati yang akan diaplikasikan pada produk pangan. Kishore et al. [14] menjelaskan bahwa sifat pasta pati menentukan transformasi pati dalam pengaplikasian pemanasan dan pendinginan saat pengolahan produk pangan sehingga nantinya dapat mengevaluasi kemampuan pati sebagai pengental dan pembentuk gel. Salah satu instrumen dalam mengamati sifat pasta pati adalah Rapid Visco Analyzer (RVA), yang menggunakan prinsip fluktuasi suhu dalam menentukan viskositas dari tiap parameter. RVA sering digunakan dalam menguji sifat pasta pati karena cepat dan hanya membutuhkan sedikit sampel [15].

Pada penelitian ini, parameter yang dipelajari adalah viskositas puncak dan viskositas setback. Viskositas puncak merupakan titik viskositas saat granula pati mengalami pengembangan (swelling) secara maksimum sesaat sebelum tergelatinisasi. Nilai dari viskositas puncak dapat memberikan gambaran tentang kemampuan pengental dari suatu pati [16]. Sementara itu, viskositas setback dapat didefinisikan sebagai titik viskositas saat terjadi reasosiasi dari amilosa dan amilopektin pada suhu rendah. Nilai dari viskositas setback dapat memberikan gambaran tentang kemampuan pembentuk gel dari pati [17], [18].

Berdasarkan Tabel 2, pati sukun memiliki viskositas puncak sebesar 4795 cP. Hasil tersebut tergolong lebih tinggi dibanding pati dari sumber lain, seperti pati jagung (4166 cP) [19], pati singkong (1505 cP) [20], pati gandum (3433 cP) [21]. Namun, viskositas puncak dari pati sukun masih lebih rendah dibandingkan pati kentang yang sebesar 7535 cP [19]. Nilai viskositas puncak diduga dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin yang berbeda-beda tiap pati. Rasio amilosa-amilopektin berkaitan dengan interaksi granula dengan air saat pemanasan, yang dapat menyebabkan swelling dari granula pati.

**Tabel 2. Sifat pasta dari pati sukun**

	Viskositas puncak (cP)	Viskositas setback (cP)
Pati sukun	4795	1731

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa pati sukun memiliki viskositas *setback* sebesar 1731 cP. Peneliti lain menemukan bahwa pati bengkuang dan pati kentang masing-masing memiliki viskositas *setback* sebesar 1190,7 cP dan 1243,5 cP [22]. Temuan tersebut mengindikasikan tingginya viskositas *setback* yang dimiliki oleh pati sukun dibandingkan pati dari sumber lain. Viskositas *setback* yang tinggi menunjukkan tingginya kecenderungan retrogradasi dari pati sehingga pembentukan gel menjadi lebih kuat [14].

### 3.3 Uji swelling power

Pati yang dicampur dengan air dalam kondisi suhu tinggi akan mengalami pembekakan granula atau biasa disebut dengan swelling. Kemampuan pembengkakan dari pati saat dipanaskan dengan air digambarkan sebagai swelling power. Menurut Wang et al. [23], swelling power menggambarkan interaksi antara molekul air dengan area semikristalin dari granula pati. Semakin tinggi interaksinya, maka semakin tinggi swelling power dari pati.

Pada penelitian ini, pati sukun memiliki swelling power sebesar 14,99 g/g, yang berarti 1 gram pati sukun mampu membengkak sebanyak 14,99 kalinya menjadi 14,99 gram setelah bereaksi dengan air dalam kondisi suhu tinggi. Hasil tersebut terbilang tinggi dibanding temuan dari peneliti lain, yaitu swelling power dari pati tapioka sebesar 0,162 g/g [24] dan pati sagu fosfat sebesar 8,67 g/g [25]. Tingginya swelling power mungkin berkaitan dengan cepatnya pembengkakan granula pati mencapai viskositas puncak sehingga gelatinisasi lebih cepat dan suhu gelatinisasi lebih rendah.

### 3.4 Uji kenampakan fisik

Pati sukun berpotensi sebagai pengental pada saus tomat. Hal tersebut ditunjukkan dengan tingginya viskositas puncak dan swelling power dari pati sukun yang didapatkan pada penelitian ini. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pati sukun dapat digunakan sebagai bahan pengental pada saus tomat, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Pati sukun dengan konsentrasi 1, 3, 5 % memiliki kemampuan yang tidak berbeda signifikan dalam mengentalkan saus tomat. Dari segi warna, perbedaan konsentrasi pati sukun juga tidak terlihat berbeda karena semua saus tomat memiliki warna merah muda (Gambar 1).



**Gambar 1. Kenampakan fisik dari saus tomat yang ditambahkan pati sukun sebanyak 1% , 3%, dan 5%**

Pati sukun juga mampu digunakan sebagai pembentuk gel pada pembuatan cendol, yang ditunjukkan dengan tingginya viskositas *setback*. Penelitian ini menggunakan campuran tepung beras dan pati sukun dengan komposisi yang sama (50%:50%) karena tepung beras berperan sebagai pemberi tekstur pada cendol. Cendol komersial juga biasanya dibuat dari 100% tepung beras. Berdasarkan Gambar 2, cendol yang ditambahkan pati sukun tampak memiliki gel yang kokoh. Namun, cendol dengan cetakan kecil tampak kurang kokoh

dan berair dibandingkan cendol yang dicetak dengan cetakan besar. Temuan ini mengindikasikan bahwa cendol sebaiknya dicetak dengan cetakan besar sebelum dilakukan pengamatan. Warna dari semua cendol tampak berwarna hijau yang dipengaruhi oleh adanya tambahan pewarna makanan.



**Gambar 2. Kenampakan fisik dari cendol yang ditambahkan pati sukun dan tepung beras dengan perbandingan 50% : 50% yang dicetak dengan cetakan kecil (kiri) dan cetakan besar (kanan)**

#### 4. SIMPULAN

Pati dapat diekstraksi dari buah sukun melalui metode penggilingan basah. Pati sukun memiliki karakter berupa warna putih cerah dan swelling powernya tinggi. Pati sukun memiliki viskositas puncak yang tinggi dan mampu diterapkan sebagai pengental pada saus tomat. Pati sukun juga memiliki viskositas setback yang tinggi sehingga mampu digunakan sebagai pembentuk gel pada cendol. Saus tomat dan cendol berbasis pati sukun memiliki kenampakan fisik yang normal selayaknya produk komersial. Informasi dari penelitian ini dapat menjadi bekal dasar dalam pemanfaatan pati sukun sebagai pengental dan pembentuk gel pada produk pangan.

#### 5. Acknowledgment

Penelitian ini didanai melalui skema hibah Penelitian Kompetitif Klaster (PKK) dari internal Universitas Veteran Bangun Nusantara. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih atas pendanaan yang telah diberikan oleh pihak LPPM Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Pitojo, *Budidaya Sukun*. Yogyakarta: Kanisius, 1992.
- [2] C. F. Zuhra, S. Gea, M. Ginting, Marpongahtun, and S. Lenny, "Acetylation of breadfruit starch by Using Acetic Anhydride," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Dec. 2018, pp. 1–8. doi: 10.1088/1742-6596/1116/4/042047.
- [3] H. A. Bakare, O. F. Osundahunsi, and M. O. Adegunwa, "Composition and Pasting Properties of Breadfruit (*Artocarpus communis* Forst) from South-West States of Nigeria," *Nigerian Food Journal*, vol. 30, no. 1, pp. 11–17, 2012, doi: 10.1016/s0189-7241(15)30008-4.
- [4] X. Tan, X. Li, L. Chen, F. Xie, L. Li, and J. Huang, "Effect of heat-moisture treatment on multi-scale structures and physicochemical properties of breadfruit starch," *Carbohydr Polym*, vol. 161, pp. 286–294, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.carbpol.2017.01.029.

- [5] S. W. Cui, *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications*. Boca Raton: CRC Press, 2005.
- [6] Y. Ai and J. Jane, "Understanding Starch Structure and Functionality," in *Starch in Food: Structure, Function and Application*, Second edition., M. Sjoo and L. Nilsson, Eds., Cambridge: Woodhead Publishing, 2018, pp. 151–178.
- [7] S. R. Sjarif, D. Shinta, W. Apriani, B. Riset, D. Standardisasi, and I. Manado, "Pengaruh Bahan Pengental Pada Saus Tomat" *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, vol. 8, no. 2, pp. 141–150, 2016.
- [8] U. Ulyarti, L. Lavlinesia, N. Nuzula, and N. Nazarudin, "Sifat Fungsional Pati Ubi Kelapa Kuning (*Dioscorea alata*) dan Pemanfaatannya sebagai Pengental pada Saus Tomat," *agriTECH*, vol. 38, no. 3, p. 235, Mar. 2019, doi: 10.22146/agritech.30965.
- [9] E. Harmayani, A. Murdiati, G. Jurusan, T. Pangan, H. Pertanian, and T. Pertanian, "Characterization of Edible Canna Starch (*Canna edulis*) and Its Application as Ingredient for Cookies and Cendol," *AGRITECH*, vol. 31, no. 4, 2011.
- [10] M. Rahman and H. Mardesci, "Pengaruh Perbandingan Tepung Beras Dan Tepung Tapioka Terhadap Penerimaan Konsumen Pada Cendol," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 4, no. 1, pp. 18–28, 2015.
- [11] B. W. Harsanto, Y. Pranoto, Supriyanto, and I. Kartini, "Breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch-based nanoparticle formation through dropwise mixing nanoprecipitation," *Food Res*, vol. 6, no. 3, pp. 34–41, Jun. 2022, doi: 10.26656/fr.2017.6(3).308.
- [12] G. B. Crosbie, "The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flours," *J Cereal Sci*, vol. 13, no. 2, pp. 145–150, Mar. 1991, doi: 10.1016/S0733-5210(09)80031-3.
- [13] W. Setiani, T. Sudiarti, and L. Rahmidar, "Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan," *Valensi*, vol. 3, no. 2, pp. 100–109, 2013.
- [14] A. Kishore, R. J. Patil, A. Singh, and K. Pati, "Jicama (*Pachyrhizus* spp.) a nonconventional starch: A review on isolation, composition, structure, properties, modifications and its application," *Int J Biol Macromol*, vol. 258, p. 129095, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.129095.
- [15] S. Punia *et al.*, "Oat starch: Physico-chemical, morphological, rheological characteristics and its applications - A review," *Int J Biol Macromol*, vol. 154, pp. 493–498, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.03.083.
- [16] L. C. Oliveira *et al.*, "Extending the functionality of arrowroot starch by thermally assisted high hydrostatic pressure," *J Food Process Preserv*, vol. 45, no. 9, Sep. 2021, doi: 10.1111/jfpp.15756.
- [17] R. Kumar and B. S. Khatkar, "Thermal, pasting and morphological properties of starch granules of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties," *J Food Sci Technol*, vol. 54, no. 8, pp. 2403–2410, Jul. 2017, doi: 10.1007/s13197-017-2681-x.
- [18] A. G. Barroso and N. L. del Mastro, "Physicochemical characterization of irradiated arrowroot starch," *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 158, pp. 194–198, May 2019, doi: 10.1016/j.radphyschem.2019.02.020.
- [19] M. Tarahi, F. Shahidi, and S. Hedayati, "A Novel starch from bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds: a comparison of its physicochemical, structural, thermal, rheological and pasting properties with conventional starches," *Int J Food Sci Technol*, vol. 57, no. 10, pp. 6833–6842, 2022, doi: 10.1111/ijfs.16021.
- [20] F. Zhu, "Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch," *Carbohydr Polym*, vol. 122, pp. 456–480, May 2015, doi: 10.1016/j.carbpol.2014.10.063.

- [21] S. Sandeep, N. Singh, N. Isono, and T. Noda, "Relationship of granule size distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch," *J Agric Food Chem*, vol. 58, no. 2, pp. 1180–1188, Jan. 2010, doi: 10.1021/jf902753f.
- [22] D. Qiao *et al.*, "Multi-scale structure and pasting/digestion features of yam bean tuber starches," *Carbohydr Polym*, vol. 213, pp. 199–207, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.carbpol.2019.02.082.
- [23] N. Wang *et al.*, "Physicochemical, structural, and digestive properties of pea starch obtained via ultrasonic-assisted alkali extraction," *Ultrason Sonochem*, vol. 89, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.ultsonch.2022.106136.
- [24] F. Pratama, I. P. Sari, S. Ridhowati, F. S. Arsyad, and F. Pratama, "A comparison of microwave and ultrasonic treatment on swelling power and water solubility of tapioca," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2020, pp. 1–4. doi: 10.1088/1755-1315/497/1/012015.
- [25] A. Rahim, C. Anggriani, and E. Kurnia, "Karakteristik Fisikokimia Dan Fungsional Pati Sagu Fosfat Pada Berbagai Konsentrasi Rasio Sodium Trimetaphosphate Dengan Sodium Tripolyphosphate," *Jurnal Pengolahan Pangan*, vol. 8, no. 2, pp. 73–81, 2023.