

## Optimasi Proses Heat Moisture Treatment Menggunakan Response Surface Methodology dan Evaluasi Karakteristik Fisikokimia serta Potensi Prebiotik Tepung Biji Teratai (*Nymphaea pubescens*) sebagai Pangan Fungsional

Farikha Maharani<sup>1\*</sup>, Laeli Kurniasari<sup>1</sup>, Indah Hartati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim  
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

\*Email: [farikhamaharani@unwahas.ac.id](mailto:farikhamaharani@unwahas.ac.id)

### Abstrak

Pangan fungsional merupakan salah satu jenis pangan yang memiliki kelebihan dibandingkan dengan pangan biasa, karena pangan fungsional memiliki manfaat bagi kesehatan. Salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai pangan fungsional adalah biji teratai. Biji teratai yang diproses menjadi tepung mengandung oligosakarida yang bersifat prebiotik yang baik untuk pencernaan. Penggunaan secara langsung tepung biji teratai tidak dapat dilakukan secara maksimal sehingga perlu dilakukan modifikasi pati. Modifikasi pati yang paling aman bagi bahan pangan adalah modifikasi secara fisik yaitu dengan metode HMT. Metode HMT yang sudah dilakukan hanya menggunakan satu variabel dalam satu waktu dan tidak ada perubahan pada variabel lainnya sehingga nilai optimasinya masih kurang, oleh karena itu perlu dilakukan optimasi menggunakan aplikasi Response Surface Methodology (RSM). Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan metode modifikasi HMT yang ada menjadi lebih meningkat dengan membuat optimasi rancangan proses percobaan menggunakan aplikasi RSM. Penelitian ini menggunakan tiga variabel yaitu kadar air, suhu dan waktu pemanasan dengan mengambil level atas untuk kadar air 30% dan level bawah 25%. Suhu pemanasan yang diambil untuk level atas 95°C dan level bawah 85°C dan waktu pemanasan yang diambil untuk level atas 270 menit dan level bawah 210 menit. Hasil penelitian diketahui bahwa suhu merupakan variabel yang berpengaruh secara signifikan, sedangkan variable waktu dan kadar air tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai swelling power. Kadar air pati termodifikasi yaitu pada range 4,470 – 4,680%, sedangkan kadar abu sebesar 0,773 – 1,099%. Hasil analisis potensi prebiotik menunjukkan pertumbuhan bakteri pada penambahan 4% tepung sebanyak  $1,5 \times 10^4$  cfu.

**Kata kunci:** pangan fungsional, tepung biji teratai, modifikasi HMT, RSM, Swelling power

### 1. PENDAHULUAN

Pangan fungsional pertama kali dikenalkan oleh Negara Jepang pada tahun 1984 dengan nama FOSHU (*Food for specified health used*), kemudian berkembang ke seluruh dunia termasuk di Indonesia. Pangan fungsional sebenarnya bukan hanya sekedar bahan makanan yang tercerna dalam system pencernaan, tetapi juga dapat digunakan sebagai salah satu media untuk pencegahan dan pengobatan beberapa penyakit. Hal ini karena dalam pangan fungsional terdapat beberapa komponen bioaktif yang memberikan dampak positif bagi kesehatan. Beberapa komponen bioaktif dalam bahan pangan yang dapat dikategorikan sebagai pangan fungsional diantaranya vitamin, mineral, gula alcohol, asam lemak tak jenuh, peptide dan protein tertentu, asam amino, serat pangan, Prebiotic, Probiotik, Kolin, Lesitin, Inositol, Karnitin, Skualen, Isoflavon, Polifenol, Fitosterol dan Fitostanol (Essa *et al.*, 2023).

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki beraneka ragam tanaman yang mengandung komponen bioaktif sehingga potensi Indonesia dalam pengembangan pangan fungsional sangatlah tinggi. Salah satu tanaman yang memiliki komponen bioaktif adalah tanaman teratai. Tanaman Teratai adalah tanaman air yang banyak tumbuh di daerah perairan seperti rawa dan sungai yang berair tenang dan tidak dalam. Bagian dari tanaman teratai yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan pangan adalah umbi dan bijinya.

Biji teratai sudah lama dikenal oleh masyarakat sebagai bahan pangan dan obat untuk mencegah diare. Hal ini karena biji teratai mengandung alkaloid yang memiliki sifat sebagai antibakteri dan juga mengandung oligosakarida yang juga memiliki kemampuan untuk mencegah diare (Yuspihana Fitriani, Made Astawan, Soewarno T. Soekarto Komang G. Wiryawan, 2012). Oligosakarida adalah

karbohidrat yang memiliki dua sampai sepuluh rantai monosakarida yang membentuk ikatan glikosidik dan tidak dapat tercerna oleh enzim pencernaan manusia serta memberikan manfaat bagi kesehatan manusia. Oligosakarida memiliki rantai manosa dapat menghalangi pelekatan mikroba patogen seperti *E. Coli*, *Helicobacter Pylori* dan *Salmonella Typhimurium* pada dinding usus sehingga bersifat sebagai prebiotik (Ibrahim, 2018).

Tepung biji teratai alami memiliki kekurangan yaitu tidak tahan terhadap perlakuan panas dan mekanis serta viskositas yang tinggi sehingga diperlukan modifikasi terlebih dahulu. Modifikasi ini dilakukan untuk mengubah karakteristik tepung biji teratai. Proses modifikasi bisa dilakukan dengan tiga metode yaitu secara fisik, kimia dan biologi. Diantara ketiga metode tersebut yang cenderung memiliki keamanan sebagai bahan pangan adalah dengan metode fisik. Salah satu metode fisik yang dapat digunakan adalah *Heat Moisture Treatment* (HMT) (Syafutri *et al.*, 2021; Chandak *et al.*, 2022).

*Heat moisture treatment* (HMT) adalah metode modifikasi secara fisik dengan perlakuan panas diatas suhu gelatinisasi (80°C - 130°C) dan kadar air kurang dari 35% dengan lama pemanasan selama 15 menit – 16 jam. Proses ini melibatkan pengaturan kadar air, suhu dan lama waktu pemanasan. Selama proses pemanasan terjadi perubahan ikatan yang ada dalam granula pati, degradasi molekul amilopektin, peningkatan interaksi antar molekul dalam granula pati dan perubahan interaksi antara daerah amorphous serta kristalit (Anggreini, Choiriyah and Athennia, 2021; Adam, Bait and Antuli, 2022).

Penelitian modifikasi dengan HMT sudah banyak dilakukan tetapi masih terbatas pada optimasi yang hanya mempertimbangkan satu variabel dalam satu waktu dan mengabaikan faktor yang lain untuk tidak berubah sehingga hasil yang didapatkan masih jauh dari harapan. Metode terbaru untuk membuat rancangan percobaan dengan optimasi yang jauh lebih baik adalah dengan menggunakan aplikasi RSM dalam menyusun rancangan proses yang dilakukan selama penelitian berlangsung.

Aplikasi RSM merupakan salah satu aplikasi yang dapat digunakan untuk optimalisasi variabel penelitian. Optimasi dengan RSM memungkinkan interaksi dua atau lebih variabel serta merupakan alat matematika dan statistic yang efektif untuk peningkatan dan

mengoptimalkan factor independen yang mempengaruhi respon. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil optimasi modifikasi tepung biji teratai dengan metode HMT berbantu aplikasi RSM untuk hasil penelitian yang optimal (Belwal *et al.*, 2016; Xu *et al.*, 2019, 2022; Zhang *et al.*, 2020).

**2. METODOLOGI**

Pada penelitian ini menggunakan metode experimental dengan dua tahapan antara lain tahap pertama membuat rancangan percobaan dengan menggunakan metode matematis dan statistic yaitu *Response surface methodology* (RSM) dengan aplikasi Minitab untuk ketiga variabel berubah yang akan diteliti yaitu variabel kadar air yang digunakan (kadar aquadest), suhu pemanasan dan waktu pemanasan pada saat dilakukan modifikasi. Tahap kedua hasil pengolahan data dari RSM digunakan untuk melakukan modifikasi tepung biji teratai melalui metode *Heat Moisture Treatment* (HMT). Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan tiga variabel yaitu kadar air, suhu dan waktu pemanasan dengan mengambil level atas untuk kadar air 30% dan level bawah 25%. Suhu pemanasan yang diambil untuk level atas 95°C dan level bawah 85°C dan waktu pemanasan yang diambil untuk level atas 270 menit dan level bawah 210 menit.

**Tabel 1. Rancangan Percobaan dengan RSM**

Run	Suhu (C)	Waktu (menit)	Kadar Air (%)
1	85	210	25
2	95	210	25
3	85	270	25
4	95	270	25
5	85	210	30
6	95	210	30
7	85	270	30
8	95	270	30
9	81,591	240	27,5
10	98,409	240	27,5
11	90	189,546	27,5
12	90	290,454	27,5
13	90	240	23,296
14	90	240	31,704
15	90	240	27,5
16	90	240	27,5
17	90	240	27,5
18	90	240	27,5
19	90	240	27,5
20	90	240	27,5

## 2.1 Pembuatan Tepung biji teratai

Biji teratai disortasi, lalu dicuci dan ditiriskan, kemudian dikeringkan dalam Tray Dryer dengan suhu 50°C selama 1 jam. Biji teratai setelah kering dihaluskan menggunakan penyerbuk elektrik, lalu diayak menggunakan ayakan 80 mesh sehingga diperoleh tepung biji Teratai (Syafutri *et al.*, 2021).

## 2.2 Modifikasi HMT dengan RSM

Tepung biji teratai yang sudah diketahui kadar airnya dimasukkan kedalam beaker glass kemudian ditambahkan aquadest sesuai dengan kadar air HMT yang sudah ditentukan pada data RSM. Jumlah aquadest yang ditambahkan berdasarkan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$A = W_2 - W_1$$

Keterangan:

A = Jumlah Aquadest (ml)

$W_1$  = Bobot tepung kondisi awal (gram)

$W_2$  = Bobot tepung setelah perlakuan (gram)

Berat tepung setelah perlakuan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$W_2 = \frac{[(100\% - KA_t) \times W_t]}{[100\% - KA_{HMT}]}$$

Keterangan:

$W_2$  = Bobot tepung (gram)

$KA_t$  = Kadar air tepung (%)

$W_t$  = Bobot tepung setelah perlakuan (gram)

$KA_{HMT}$  = Kadar air HMT yg diinginkan (%)

Tepung biji teratai dimasukkan ke dalam cawan porselin, lalu dikeringkan dalam oven sesuai suhu dan waktu yang ditentukan pada tabel 1. Setelah proses modifikasi selesai, tepung hasil modifikasi dihaluskan dengan penyerbuk elektrik dan diayak dengan ukuran 80 mesh. Tepung biji teratai modifikasi dikemas dalam plastic Polypropylene dan di segel (Picauly, Damamain and Polnaya, 2017; Syafutri, Pratama and Malahayati, 2017).

## 2.3 Analisa Swelling Power

Tepung biji teratai termodifikasi HMT sebanyak 100 mg dimasukkan ke dalam tabung reaksi tertutup, lalu ditambahkan 10 ml akuades dan di-vortex selama 10 detik. Selanjutnya dilakukan inkubasi dalam water bath pada suhu 85°C selama 30 menit sambil sesekali diaduk. Kemudian didinginkan di dalam air es sampai mencapai suhu ruang. Larutan disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 menit. Cairan supernatant lalu dipindahkan ke dalam

cawan yang telah diketahui berat kosongnya dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C sampai diperoleh berat konstan ( $W_T$ ). Endapan sisa dalam tabung ditimbang beratnya ( $W_S$ ) (Senanayake *et al.*, 2013).

$$\text{Swelling power} = \frac{W_S}{[0,1 \times (100\% - WSI)]}$$

## 2.4 Analisa Potensi Prebiotik

Tepung termodifikasi sebanyak 4% dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi media MRS Broth, kemudian ditambahkan bakteri probiotik dan di inkubasi pada suhu 37°C selama 1 hari. Setelah di Inkubasi, media MRS Broth yang berisi tepung termodifikasi dan bakteri probiotik di encerkan dengan larutan Ringer's secara berseri. Hasil pengenceran kemudian di teteskan ke dalam petri yang berisi media MRS Agar. Lalu di Inkubasi selama 1 hari. Hasil inkubasi dihitung jumlah koloninya (Wardhani *et al.*, 2017).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses modifikasi dapat mengubah struktur dan mempengaruhi ikatan hidrogen molekul secara terkontrol. Modifikasi biasanya dilakukan untuk memperbaiki karakteristik fisiko-kimia tepung agar sesuai. Perubahan ditingkat molekuler hanya mengubah sedikit bentuk granula, sehingga asal tepung termodifikasi masih dapat dikenali secara makroskopik (Syamsir *et al.*, 2012). Modifikasi HMT dapat meningkatkan ketahanan terhadap panas, perlakuan mekanis dan pH asam melalui peningkatan suhu gelatinisasi. Pada modifikasi ini, kadar air terbatas (<35%) yang dipanaskan pada suhu diatas suhu transisi gelas tetapi masih dibawah suhu gelatinisasi pada periode waktu tertentu. Faktor yang berpengaruh dalam proses ini adalah suhu, kadar air, pH dan lama waktu modifikasi (Putra, Wisaniyasa and Wiadnyani, 2016). Pada penelitian ini menggunakan ketiga variabel tersebut yang dihubungkan dengan aplikasi RSM dengan harapan akan mendapatkan variabel yang paling berpengaruh.

### 3.1 Model Response Surface Methods

Berdasarkan hasil rancangan dengan RSM dari tiga variabel yaitu suhu, waktu pemanasan dan kadar air diperoleh 20 satuan percobaan. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran optimasi pada proses modifikasi tepung menggunakan RSM. Nilai koefisien determinasi nilai  $R^2 = 0,5562$

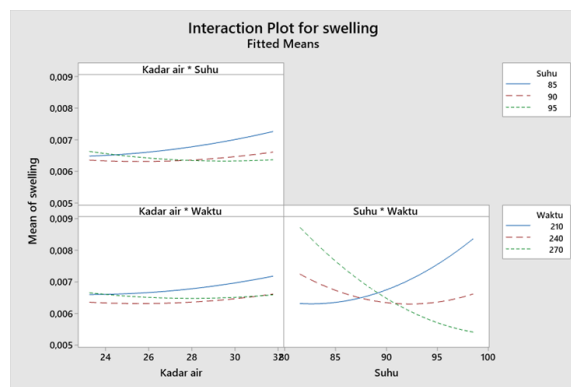
untuk nilai swelling power. Pengaruh range variabel suhu (85 - 95°C), waktu pemanasan (210 – 270 menit) dan kadar air (25 – 30%) terhadap nilai swelling power terlihat di tabel 2.

**Tabel 2. Hasil analisa Swelling Power**

Run	Suhu (C)	Waktu (menit)	Kadar Air (%)	Swelling power
1	85	270	25	0,007924
2	90	240	23,29	0,006319
3	85	210	25	0,005890
4	81,59	240	27,5	0,007040
5	95	270	30	0,005800
6	95	270	25	0,005344
7	85	210	30	0,007338
8	98,41	240	27,5	0,006736
9	90	240	27,5	0,006310
10	85	270	30	0,007381
11	90	240	27,5	0,006649
12	95	210	25	0,008065
13	95	210	30	0,007286
14	90	189,55	27,5	0,006987
15	90	240	27,5	0,004545
16	90	240	27,5	0,006547
17	90	240	27,5	0,007123
18	90	290,45	27,5	0,007172
19	90	240	27,5	0,006863
20	90	240	31,71	0,006586

Hasil eksperimen pada tabel 2 diatas dapat dibuat persamaan optimasi sebagai berikut:  
 Swelling power = -0,053 + 0,00101 kadar air + 0,00009 Suhu + 0,000357 Waktu + 0,000008 Kadar air\*Kadar air + 0,000008 Suhu\*Suhu + 0,000000 Waktu\*Waktu - 0,000012 Kadar air\*Suhu - 0,000001 Kadar air\*Waktu - 0,000005 Suhu\*Waktu

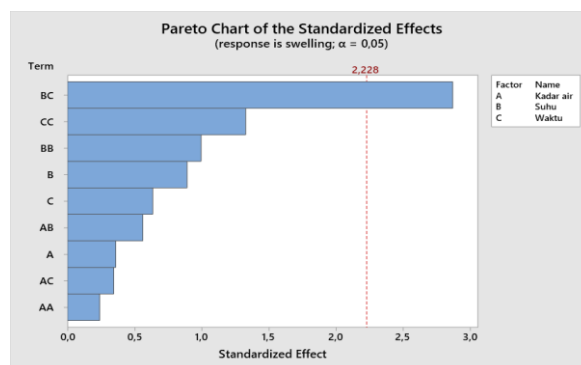
Dengan memasukkan nilai variabel optimum ke dalam persamaan optimasi, maka pengaruh ketiga variabel terhadap nilai swelling power dapat terlihat pada gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1. Pengaruh Suhu, kadar air dan waktu pemanasan terhadap nilai swelling power modifikasi pati tepung biji teratai**

Gambar 1 menunjukkan bahwa suhu dan waktu berpengaruh paling besar terhadap swelling power tepung biji teratai termodifikasi HMT, hal ini berkaitan dengan adanya perubahan molekul amilosa dan amilopektin selama proses hidrotermal. Suhu dan waktu yang meningkat dapat memperkuat interaksi antar rantai pati melalui pembentukan ikatan hidrogen yang lebih stabil sehingga struktur granula menjadi lebih kompak dan kemampuan penyerapan air berkurang.

Kondisi ini menyebabkan kecenderungan terjadi penurunan swelling power terutama pada kombinasi suhu tinggi dan waktu perlakuan yang lama. Fenomena ini telah dilaporkan pada berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa HMT meningkatkan keteraturan struktur kristalin, suhu gelatinisasi, serta stabilitas granula pati, namun pada saat yang sama membatasi pengembangan granula selama hidrasi (Lee and Chung, 2022; Fang, Liu and Gao, 2023). Perkiraan kesesuaian persamaan model untuk nilai swelling power dilihat dari bagan Pareto seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.



### Gambar 2. Grafik Pareto optimasi variabel dengan respon swelling power

Gambar 2 menunjukkan factor yang paling berpengaruh terhadap nilai swelling power tepung biji Teratai yaitu terjadi interaksi antara suhu dan waktu (BC). Hal ini memperlihatkan bahwa perubahan swelling power lebih di pengaruhi oleh kombinasi suhu dan waktu proses dibandingkan dengan pengaruh pada masing – masing factor secara individual. Faktor kuadratik suhu (CC) dan kuadratik waktu (BB) memberikan kontribusi yang cukup besar dengan adanya hubungan non-linier serta kemungkinan kondisi optimum selama proses modifikasi. Faktor linear kadar air (A), suhu (B) dan waktu (C) memiliki pengaruh yang relative kecil (Kumoro *et al.*, 2019). Interaksi suhu dan waktu pada proses HMT mengakibatkan terjadinya perubahan struktur molekul pati yang akan mempengaruhi sifat fungsionalnya (Solaesa *et al.*, 2021).

### 3.2 Kadar Air tepung biji teratai termodifikasi

Berdasarkan hasil analisa kadar air diperoleh nilai kadar air tepung biji teratai adalah pada range 4,470 – 4,680% sehingga bisa dikatakan jika nilai kadar air tepung biji teratai rendah. Bahan pangan kering menjadi awet karena kadar airnya berkurang sampai menjadi batas tertentu, jika kadar air berlebih maka akan mengakibatkan pertumbuhan kapang, bakteri dan khamir sehingga akan terjadi kerusakan pada bahan pangan (Amboinicus and Saragih, 2014). Kandungan air dalam bahan pangan mempengaruhi daya tahan terhadap serangan mikroba yang dapat digunakan untuk pertumbuhannya (Fikriyah and Nasution, 2021).

Nilai kadar air tepung kurang dari 10% cukup aman untuk mencegah pertumbuhan jamur sehingga bisa dipastikan jika pati biji teratai termodifikasi akan memiliki umur simpan yang lebih lama karena pertumbuhan mikroba dan aktifitas enzim yang dapat merusak mutu tepung tersebut dapat terhambat. Kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaannya semakin besar dengan meningkatnya suhu dan semakin lama waktu pemanasannya (Lisa, Lutfi and Susilo, 2015).

### 3.3 Kadar Abu Tepung biji teratai termodifikasi

Hasil analisa kadar abu pada tepung biji teratai termodifikasi memperlihatkan hasil pada range

0,773 – 1,099%, dimana hasil ini menunjukkan bahwa kandungan mineral pada tepung relatif rendah. Adanya perbedaan nilai kadar abu antar perlakuan disebabkan oleh pengaruh suhu, waktu dan kadar air selama proses HMT yang mengakibatkan terjadinya perubahan struktur granula serta redistribusi komponen non-pati. Pada umumnya metode HMT adalah modifikasi fisik yang tidak ada penambahan mineral baru ke dalam pati sehingga perubahan kadar abu cenderung kecil. Kondisi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa perlakuan HMT dapat menyebabkan perubahan kadar abu akibat pengaruh pemanasan dan kadar air selama proses modifikasi, tetapi tidak akan mengubah komposisi mineral secara signifikan (Fang, Liu and Gao, 2023).

### 3.4 Analisa Potensi Prebiotik

Hasil analisis prebiotik dari tepung biji teratai termodifikasi menunjukkan bahwa media yang sudah diberikan tepung biji teratai termodifikasi sebanyak 4% memperlihatkan adanya pertumbuhan mikroba yang cukup banyak. yaitu sebanyak  $1,5 \times 10^4$ . Jumlah ini termasuk banyak untuk menunjukkan bahwa tepung biji teratai termodifikasi memiliki potensi sebagai prebiotik bagi bakteri baik (bakteri probiotik). Bahan – bahan alam yang mengandung prebiotik memiliki potensi untuk meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas dari bakteri probiotik. Bakteri probiotik dalam pertumbuhannya mengkonsumsi bahan prebiotik untuk mendukung metabolismenya dan melepaskan asam lemak rantai pendek diantaranya asam asetat, asam propionat, asam butirat dan asam laktat (Zhao and Geng, 2016; Wardhani *et al.*, 2017).

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari modifikasi tepung biji teratai secara HMT dengan aplikasi RSM dapat disimpulkan bahwa variabel yang paling berpengaruh adalah variabel suhu, sedangkan variabel waktu dan kadar air hanya memberikan pengaruh yang tidak signifikan pada swelling power. Analisa kadar air yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai kadar air sangat rendah berada pada range 4,470 – 4,680, sehingga aman dari pertumbuhan mikroba serta dapat memiliki waktu simpan yang lebih lama. Hasil analisis kadar abu pada range 0,773 – 1,099% menunjukkan nilai kadar abu yang relatif rendah, karena mineral dalam

tepung rendah. Hasil analisis potensi prebiotik menunjukkan penambahan 4% tepung biji teratai termodifikasi dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri sebanyak  $1,5 \times 10^4$  cfu, sehingga dapat dikatakan jika tepung biji teratai termodifikasi memiliki potensi sebagai prebiotik.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, teknologi dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) yang telah memberikan pendanaan pada penelitian ini yang melalui skema Penelitian Dosen Pemula tahun anggaran 2023.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam, I., Bait, Y. and Antuli, Z. (2022) "Pengaruh Variasi Konsentrasi Pati Beras Ketan Hitam Termodifikasi Hmt Terhadap Karakteristik Kimia Dan Organoleptik Edible Coating Sosis Analog," *Jambura Journal of Food Technology*, 4(1), pp. 89–99. Available at: <https://doi.org/10.37905/jjft.v4i1.14914>.
- Amboinicus, C. and Saragih, R. (2014) "Uji kesukaan panelis pada teh daun torbangun (" 1(1), pp. 46–52.
- Anggreini, R.A., Choiriyah, N.A. and Athennia, A. (2021) "Modification of Sorghum bicolor (L) Moench Starch: Review of HMT (Heat Moisture Treatment), Autoclaving Cooling, and Annealing Methods," *International Journal of Advance Tropical Food (IJATF)*, 3(2), pp. 2715–5889.
- Belwal, T. *et al.* (2016) "Optimization extraction conditions for improving phenolic content and antioxidant activity in Berberis asiatica fruits using response surface methodology (RSM)," *Food Chemistry*, 207, pp. 115–124. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.081>.
- Chandak, A. *et al.* (2022) "Effect of Single and Dual Modifications on Properties of Lotus Rhizome Starch Modified by Microwave and  $\gamma$ -Irradiation: A Comparative Study," *Foods*, 11(19). Available at: <https://doi.org/10.3390/foods11192969>.
- Essa, M.M. *et al.* (2023) "Functional foods and their impact on health," *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), pp. 820–834. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05193-3>.
- Fang, G., Liu, K. and Gao, Q. (2023) "Effects of Heat-Moisture Treatment on the Digestibility and Physicochemical Properties of Waxy and Normal Potato Starches," *Foods*, 12(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12010068>.
- Fikriyah, Y.U. and Nasution, R.S. (2021) "Analisis Kadar Air Dan Kadar Abu Pada Teh Hitam," 3(2), pp. 50–54.
- Ibrahim, O.O. (2018) "Functional Oligosaccharide: Chemicals Structure, Manufacturing, Health Benefits, Applications and Regulations," pp. 65–76.
- Kumoro, A.C. *et al.* (2019) "Effect of Temperature and Reaction Time on the Swelling Power and Solubility of Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst ) Tuber Starch during Heat Moisture Treatment Process," *Journal of Physics: Conference Series*, 1295(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1295/1/012062>.
- Lee, C.S. and Chung, H.J. (2022) "Enhancing Resistant Starch Content of High Amylose Rice Starch through Heat–Moisture Treatment for Industrial Application," *Molecules*, 27(19). Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules27196375>.
- Lisa, M., Lutfi, M. and Susilo, B. (2015) "Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap mutu tepung jamur tiram putih (*Plaeotus ostreatus*)," *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(3), pp. 270–279. Available at: <https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/293>.
- Picauly, P., Damamain, E. and Polnaya, F.J. (2017) "Karakteristik Fisiko-Kimia Dan Fungsional Pati Sagu Ihur Termodifikasi Dengan Heat Moisture Treatment," *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 28(1), pp. 70–77. Available at: <https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.70>.
- Putra, I.N.K., Wisaniyasa, N.W. and Wiadnyani, A.A.I.S. (2016) "Optimisasi Suhu Pemanasan dan Kadar Air pada Produksi Pati Talas Kimpul Termodifikasi dengan Teknik Heat Moisture Treatment (HMT) (Optimization of Heating Temperature and Moisture Content on the Production of Modified Cocoyam Starch Using Heat Moisture Tr," *Jurnal Agritech*, 36(03), p. 302. Available at: <https://doi.org/10.22146/agritech.16602>.
- Senanayake, S. *et al.* (2013) " Effect of Heat Moisture Treatment Conditions on Swelling Power and Water Soluble Index of Different Cultivars of Sweet Potato ( *Ipomea batatas* (L). Lam) Starch ," *ISRN Agronomy*, 2013, pp. 1–4. Available at:

<https://doi.org/10.1155/2013/502457>.

Solaesa, Á.G. *et al.* (2021) “Dry-heat treatment vs. heat-moisture treatment assisted by microwave radiation: Techno-functional and rheological modifications of rice flour,” *Lwt*, 141, pp. 1–19. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110851>.

Syafutri, M.I. *et al.* (2021) “Heat Moisture Treatment,” pp. 175–186.

Syafutri, M.I., Pratama, F. and Malahayati, N. (2017) “Profiles of Modified Sago Starch by Heat Moisture Treatment and Autoclaving-Cooling (Similarity),” *International Journal of Science and Research*, 6(6), pp. 2111–2114. Available at: <https://doi.org/10.21275/ART20174774>.

Syamsir, E. *et al.* (2012) “Pengaruh Proses Heat-Moisture Treatment (Hmt) Terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati [Effect of Heat-Moisture Treatment (HMT) Process on Physicochemical Characteristics of Starch],” *J. Teknol. dan Industri Pangan*, 23(1), pp. 100–106. Available at: [www.lsbu.ac.uk](http://www.lsbu.ac.uk).

Wardhani, D.H. *et al.* (2017) “Kinetic study of solid fermentation of *Amorphophallus oncophyllus* flour using *Aspergillus niger* And Its Prebiotic potential,” *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 9(2), pp. 43–56.

Xu, F. *et al.* (2019) “Optimization of spiral continuous flow-through pulse light sterilization for *Escherichia coli* in red grape juice by response surface methodology,” *Food Control*, 105(May), pp. 8–12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.023>.

Xu, J. *et al.* (2022) “Optimised preparation and characterisation of lotus root starch oxidised with sodium hypochlorite (NaOCl) using response surface methodology,” *Czech Journal of Food Sciences*, 40(1), pp. 61–68. Available at: <https://doi.org/10.17221/22/2021-CJFS>.

Yuspohana Fitriana, Made Astawan, Soewarno T. Soekarto Komang G. Wiryawan, T.W. (2012) “Potensi Biji Dan Ekstrak Biji Teratai (*Nymphaea pubescens* Willd) Sebagai Pencegah Diare Pada Tikus Percobaan Yang Diintervensi *E.coli* Enteropatogenik,” *Agritech*, 32(03), pp. 308–317.

Zhang, K. *et al.* (2020) “Study of the protein, antioxidant activity, and starch during in vitro simulated digestion of green wheat and wheat cooked flours,” *International Journal of Food Properties*, 23(1), pp. 722–735. Available at:

<https://doi.org/10.1080/10942912.2020.175423>

4.

Zhao, X.H. and Geng, Q. (2016) “Acid production and conversion of konjac glucomannan during in vitro colonic fermentation affected by exogenous microorganisms and tea polyphenols,” *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 67(3), pp. 274–282. Available at: <https://doi.org/10.3109/09637486.2016.1150437>.