

Optimasi Proses Pengeringan *Vegetable Noodle* Menggunakan *Tray Dryer Infrared*

Indri Yulia^{a,c*}, Evelyn^b, Ida Zarina^b

^aProgram Studi Magister Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

^bProgram Studi Magister Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

^cPT Langkah Hijau Bersama, Kec. Marpoyan Damai, Kota Pekanbaru 28125, Indonesia

ARTICLE HISTORY

Received : 07-07-2025

Accepted : 22-09-2025

Published : 15-11-2025

KEYWORDS

vegetable noodle

tray dryer

infrared

RSM

pakcoy

ABSTRACT

Noodles are one of the most popular processed foods due to their convenience, affordability, and ease of preparation. However, conventional noodles are primarily made from wheat flour, which lacks dietary fiber and micronutrients. Therefore, this study aims to develop a more nutritious vegetable-based noodle by incorporating local ingredients such as sago flour and pakcoy. The objective was to evaluate the effect of flour ratio (wheat:sago), drying temperature, and time on the chemical and microstructural properties of pakcoy-based dried noodles using infrared tray drying. The experimental design applied Response Surface Methodology (RSM) with Central Composite Design (CCD). Responses measured included moisture content, protein content, carbohydrate content, FTIR spectral analysis, and surface morphology via SEM. The optimal condition was achieved at a flour ratio of 85:15, drying temperature of 80°C, and 2 hours duration, resulting in 9.66% moisture, 11.79% protein, and 76.41% carbohydrates. FTIR analysis confirmed the preservation of key functional groups of carbohydrates and proteins, while SEM analysis revealed a more compact and uniform surface structure in noodles containing pakcoy. This study recommends the application of infrared drying technology in vegetable noodle processing to improve nutritional value and structural integrity.

*correspondence author:

Email: indri.yulia7038@grad.unri.ac.id



1. PENDAHULUAN

Vegetable noodle merupakan produk olahan yang digemari karena praktis dan memiliki cita rasa khas, namun umumnya berbahan dasar tepung terigu yang rendah nilai gizi dan memiliki kadar air tinggi, sehingga mempengaruhi umur simpan dan kualitas produk. Ketergantungan pada tepung terigu juga menjadi tantangan dalam mendukung kemandirian pangan nasional. Pengembangan *vegetable noodle* menjadi solusi yang lebih sehat dengan kandungan gizi lebih baik terutama jika seluruh tahapan produksi khususnya proses pengeringan dikendalikan secara tepat (Gulia dkk., 2014).

Menurut Muhandri dkk., (2015) Pengeringan merupakan tahap krusial yang sangat memengaruhi mutu fisik, kimia, dan sensoris produk mi sayur. Teknologi *tray dryer infrared* menjadi alternatif yang lebih efisien dan efektif dibandingkan metode konvensional, karena dapat menjaga kualitas nutrisi dan organoleptik sayuran. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh *tray dryer infrared* terhadap kualitas *vegetable noodle*, serta memastikan kesesuaian dengan standar SNI. Selain itu, formulasi bahan juga diperhatikan karena berpengaruh terhadap tekstur dan nilai gizi akhir. Penggunaan *tray dryer infrared* dinilai mampu mempertahankan kandungan fungsional bahan, sehingga cocok diaplikasikan baik di industri maupun skala rumah tangga.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan *vegetable noodle* sebagai produk pangan yang lebih sehat dan fungsional. Penambahan bahan nabati seperti sayuran terbukti meningkatkan kandungan serat, vitamin, dan antioksidan, namun juga menghadirkan tantangan dalam hal tekstur, warna, dan daya simpan. Beberapa studi menyoroti pentingnya metode pengeringan dalam menjaga kualitas produk. Misalnya, Engelen dkk. (2017) meneliti pengeringan mi sagu dengan ekstrak kunyit, Shere dkk. (2018) mengkaji efek penambahan puree sayuran, dan Supraptiah dkk. (2019) mengevaluasi pengeringan mi dari campuran tepung jagung dan terigu. Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa suhu dan waktu pengeringan sangat berpengaruh terhadap kadar air, warna, tekstur, dan tingkat *cooking loss* dari mi yang dihasilkan.

Namun, hingga kini masih terbatas penelitian yang secara spesifik mengevaluasi pengaruh pengeringan menggunakan *tray dryer* berbasis inframerah terhadap mi sayur berbahan pakcoy dan tepung sagu. Padahal, metode ini memiliki potensi besar dalam mempertahankan kandungan gizi dan struktur fisik produk, terutama mengingat sensitivitas pakcoy terhadap suhu tinggi. Oleh karena itu, diperlukan studi lanjutan untuk meneliti pengaruh variasi suhu dan waktu *tray dryer infrared* terhadap kadar air, protein, karbohidrat, dan kesesuaian mutu dengan standar mi sayur menurut SNI, sebagai dasar pengembangan produk mi berbasis sayuran lokal yang berkualitas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh rasio tepung terigu dan tepung sagu, suhu, serta waktu pengeringan terhadap kadar air, protein, dan karbohidrat dalam *vegetable noodle*. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis karakteristik kimia dan morfologi permukaan mi berbasis pakcoy menggunakan pendekatan FTIR dan SEM, serta menentukan kondisi optimal proses menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM). Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai guna produk olahan sagu dan memberikan kontribusi dalam pengembangan pemanfaatan sagu sebagai bahan pangan lokal yang potensial.

Mi sayur (*vegetable noodle*) merupakan inovasi pangan yang bertujuan meningkatkan kandungan gizi mi konvensional dengan menambahkan sayuran seperti bayam, wortel, atau pakcoy ke dalam adonan. Sayuran tersebut berkontribusi terhadap peningkatan serat, vitamin, dan antioksidan, serta memberi warna alami yang menarik. Selain itu, pengembangan mi sayur juga mendukung diversifikasi pangan, terutama di kalangan anak-anak yang kurang menyukai konsumsi sayur dalam bentuk utuh (Santoso dkk., 2018).

Bahan utama dalam pembuatan mi sayur meliputi tepung terigu, tepung sagu, ekstrak pakcoy, garam, dan air. Tepung terigu berperan sebagai pembentuk struktur gluten, sedangkan tepung sagu sebagai sumber karbohidrat lokal dengan potensi substitusi yang tinggi. Pakcoy dipilih karena kandungan nutrisinya seperti vitamin A, C, kalsium, dan antioksidan yang tinggi. Penggunaan bahan-bahan ini tidak hanya meningkatkan nilai gizi, tetapi juga mendorong pemanfaatan pangan lokal seperti sagu di Provinsi Riau.

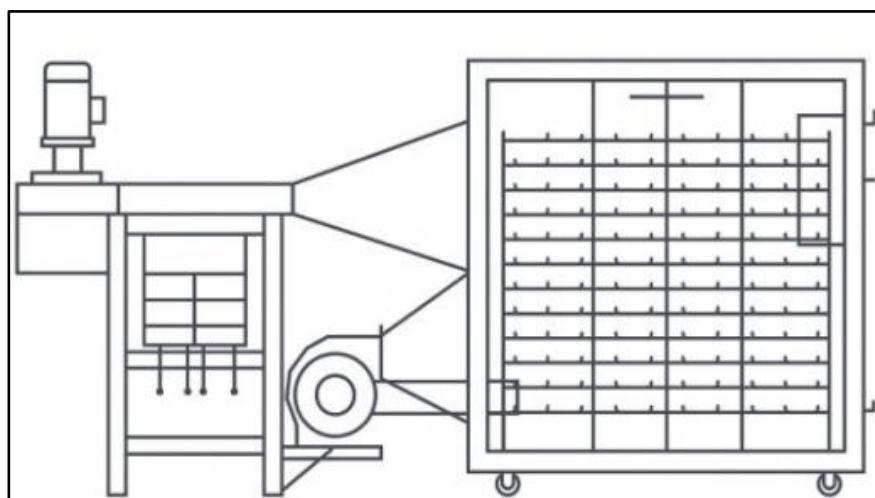
Pengeringan merupakan tahap penting dalam produksi mi sayur karena berpengaruh langsung terhadap kadar air, tekstur, dan umur simpan produk. Metode pengeringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *tray dryer infrared*, yaitu pemanas berbasis radiasi inframerah yang dapat mempercepat proses pengeringan dengan menjaga kualitas nutrisi dan

sensoris produk. Dibanding metode pengeringan konvensional, infrared lebih hemat energi, higienis, dan efektif untuk bahan pangan sensitif seperti sayur.

Tabel 1. Syarat mutu karakteristik mi sayur menurut SNI 8217:2015

No.	Kategori Uji	Satuan	Persyaratan	
			Digoreng	Dikeringkan
Keadaan				
1	Bau	-	Normal	Normal
2	Rasa	-	Normal	Normal
3	Warna	-	Normal	Normal
4	Tekstur	-	Normal	Normal
5	Kadar Air	Fraksi massa, %	Maks. 8	Maks. 13
6	Kadar Protein	Fraksi massa, %	Min. 8	Min. 10
7	Bilangan Asam Minyak	Mg KOH/g	Maks. 2	-
8	Kadar Abu Tidak Larut dalam Asam	Fraksi massa, %	Maks. 0,1	Maks. 0,1

Penggunaan teknologi pengeringan seperti *tray dryer infrared* dikombinasikan dengan analisis lanjut seperti FTIR (untuk gugus fungsi senyawa kimia) dan SEM (untuk melihat morfologi permukaan) memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap mutu produk. Selain itu, pendekatan statistik melalui *Response Surface Methodology* (RSM) dan desain percobaan *Central Composite Design* (CCD) digunakan untuk mengoptimalkan kombinasi variabel seperti rasio tepung, suhu, dan waktu pengeringan demi mendapatkan mi sayur berkualitas tinggi sesuai standar SNI.



Gambar 1. Mesin *Cabinet Dryer* berbasis inframerah Tampak samping 2D (Delta Jaya, 2021).

2. METODE

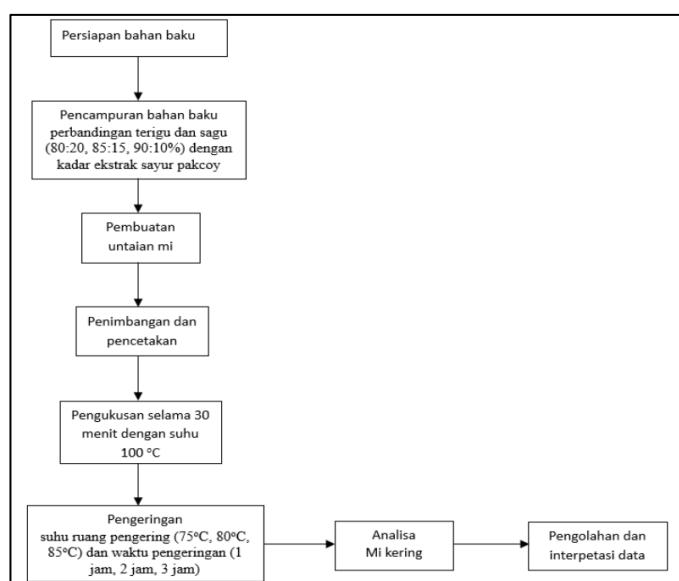
2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa tepung terigu, tepung sagu sebagai bahan pengental, serta ekstrak sayur pakcoy, garam beriodium, dan air. Proses produksi *vegetable noodle* dilakukan dengan bantuan alat seperti mixer adonan (*dough mixer*), *noodle slitter*, *steamer*, dan *tray dryer infrared* merek Delta Jaya (DTD-1300) untuk proses pengeringan. Alat lain yang digunakan mencakup neraca analitik, gelas ukur, sendok, loyang, dan cetakan mi. Desain alat pengering inframerah sistem batch ditampilkan pada Gambar 1. untuk menunjukkan sistem kerja pengeringan berbasis radiasi.

2.2 Prosedur Penelitian

Tahapan proses meliputi: persiapan bahan (penimbangan, pencucian, pemotongan), pencampuran bahan hingga adonan homogen, pembentukan lembaran dan untaian mi, penimbangan dan pencetakan, pengukusan selama 30 menit pada suhu $\geq 100^{\circ}\text{C}$, dan pengeringan dengan suhu 75–85 °C selama 1–3 jam. Setelah mi dikeringkan, dilakukan analisis kadar air, protein, dan karbohidrat. Selain itu, dilakukan analisis lanjutan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia dan SEM untuk mengamati morfologi permukaan produk setelah perlakuan pengeringan. Rincian kondisi operasi pada penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Rancangan percobaan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain *Central Composite Design* (CCD) untuk mengevaluasi pengaruh tiga variabel bebas: rasio tepung terigu:sagu (80:20, 85:15, 90:10), suhu pengeringan (75°C, 80°C, 85°C), dan waktu pengeringan (1–3 jam). Data dianalisis menggunakan perangkat lunak *Design Expert* untuk menghasilkan model matematis dan menentukan kombinasi perlakuan optimal berdasarkan hasil respons kadar air, protein, dan karbohidrat. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil eksperimen aktual terhadap prediksi model untuk memastikan keandalan hasil.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tabel 2. Faktor-faktor percobaan proses pengeringan *vegetable noodle*

Faktor	Nama	Satuan	Variabel Percobaan		Kode	
			Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi

A	Perbandingan komposisi	%	80:20	90:10	-1	1
B	Suhu	°C	75	85	-1	1
C	Waktu	Jam	1	3	-1	1
	pengeringan					

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengamatan Variasi Perlakuan

Penelitian dilakukan dengan 20 kombinasi perlakuan menggunakan variasi rasio tepung terigu : sagu, suhu, dan waktu pengeringan berdasarkan desain CCD dari metode RSM. Data ini mencakup variasi perlakuan terhadap berat bahan, suhu dan waktu pengeringan, serta hasil pengukuran kadar air, protein, dan karbohidrat pada masing-masing kombinasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Variasi Perlakuan Terhadap Karakteristik Mi Sayur

Run	Variabel Percobaan			Karakteristik Pengeringan Mi		
	Rasio Terigu : Sagu (%)	Suhu (°C)	Waktu (jam)	Kadar Air (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Karbohidrat (%)
1	80:20	85	1	9,44	11,00	73,3
2	85:15	80	3,6	8,48	11,21	72,4
3	93,4:6,6	80	2	8,37	12,30	68,2
4	90:10	85	3	9,27	12,05	68,9
5	80:20	75	3	9,15	12,22	73,8
6	85:15	80	0,3	12,08	12,32	72,3
7	76,5:23,5	80	2	10,43	11,07	74,8
8	85:15	80	2	9,61	11,77	72,4
9	90:10	75	1	11,09	13,15	68,8
10	85:15	71,5	2	10,49	12,23	72,0
11	85:15	88,4	2	9,27	11,54	71,1
12	90:10	85	1	9,53	12,36	68,2
13	80:20	85	3	8,13	10,39	73,7
14	85:15	80	2	9,62	11,77	71,7
15	85:15	80	2	9,61	11,77	70,4
16	90:10	75	3	8,29	11,84	69,8
17	85:15	80	2	9,03	11,81	72,5
18	85:15	80	2	9,66	11,79	72,7
19	85:15	80	2	9,63	11,78	72,5
20	80:20	75	1	9,59	11,01	73,6

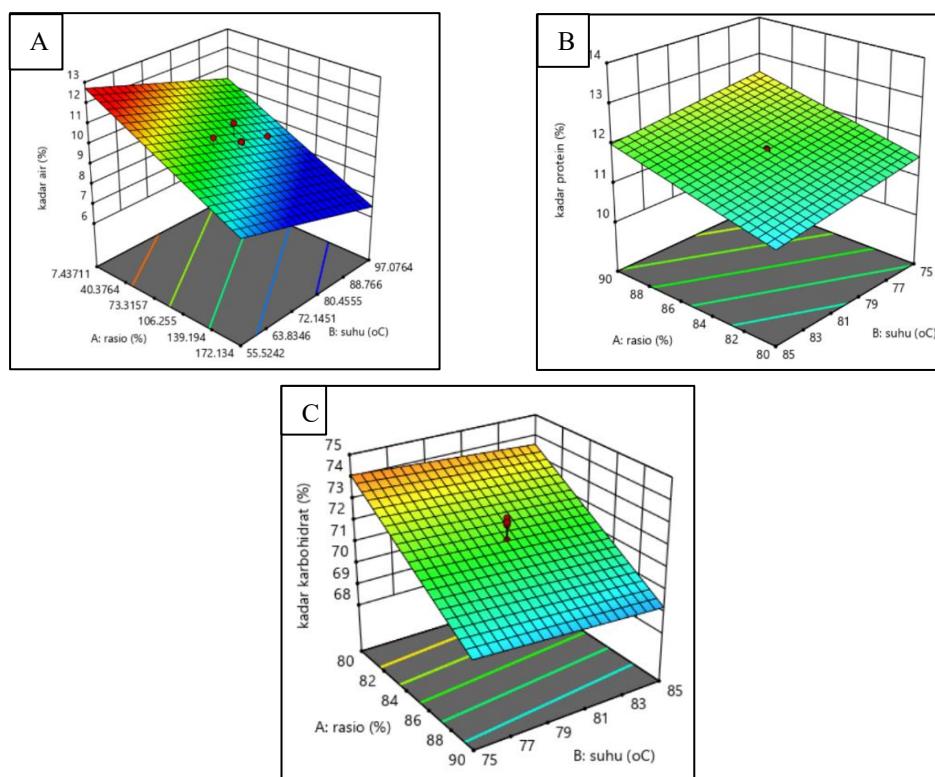
Data hasil menunjukkan bahwa kadar air produk berkisar antara 8,13% hingga 12,08%, kadar protein antara 10,39% hingga 13,15%, dan kadar karbohidrat antara 68,2% hingga 76,4%. Variasi hasil ini menunjukkan bahwa setiap kombinasi perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik kimia mi sayur yang dihasilkan. Sebagian besar

perlakuan menghasilkan produk dengan kadar air di bawah ambang batas maksimum menurut SNI 8217:2015 yaitu 13%, dan kadar protein yang juga melampaui batas minimum ($\geq 10\%$).

Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi bahan dan proses pengeringan menggunakan *tray dryer infrared* mampu menghasilkan mi sayur yang sesuai dengan standar mutu nasional. Adanya perbedaan kadar gizi juga menggambarkan bagaimana perubahan suhu dan waktu pengeringan mempengaruhi kestabilan nutrisi selama proses. Data ini menjadi dasar untuk memilih kondisi perlakuan optimal yang tidak hanya aman dari segi kadar air (untuk memperpanjang umur simpan), tetapi juga tetap mempertahankan kandungan protein dan karbohidrat yang tinggi untuk meningkatkan nilai gizi mi.

3.2 Analisis Respons Kadar Air, Protein, dan Karbohidrat

Model regresi dari RSM menunjukkan bahwa kadar air paling dipengaruhi oleh suhu dan waktu pengeringan, dengan peningkatan suhu dan waktu cenderung menurunkan kadar air. Sementara kadar protein sangat dipengaruhi oleh rasio tepung (semakin tinggi terigu, semakin tinggi protein), dan kadar karbohidrat dipengaruhi oleh tingginya kandungan sagu dalam adonan.



Gambar 3. (A) 3D plot pengaruh rasio komposisi dan suhu terhadap kadar air, (B) 3D Plot Pengaruh Rasio Komposisi dan Suhu Terhadap Kadar Protein, (C) 3D Plot Pengaruh Rasio Komposisi dan Suhu Terhadap Kadar Karbohidrat

Berdasarkan Gambar 3, grafik permukaan respons 3D memperlihatkan interaksi antara variabel bebas dan hasil akhir produk, menguatkan temuan bahwa kontrol suhu dan waktu sangat menentukan kualitas akhir. Analisis ANOVA memperlihatkan bahwa model yang digunakan valid dengan nilai F-signifikan < 0.05 dan koefisien determinasi (R^2) yang tinggi. Ini menunjukkan bahwa variasi hasil bisa dijelaskan secara signifikan oleh variabel bebas yang

diuji. Regresi model Linier terhadap respons kadar air, kadar protein, dan kadar karbohidrat dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$Kadar Protein = 11.77 + 0.5015A - 0.2622B - 0.2114C \dots \dots \dots \quad (2)$$

Pembahasan dibandingkan dengan studi lain (seperti Supraptiah dkk. dan Shere dkk.) mengkonfirmasi bahwa suhu pengeringan yang terlalu tinggi bisa merusak nutrisi, sedangkan rasio bahan harus disesuaikan untuk keseimbangan antara tekstur dan gizi. Dengan demikian, hasil ini mendukung bahwa penggunaan RSM dalam optimasi formula mi sayur efektif dan aplikatif untuk skala industri kecil hingga menengah.

3.3 Optimasi dan Validasi Model

Berdasarkan hasil perhitungan optimasi menggunakan desain numerik, diperoleh kombinasi perlakuan terbaik yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kombinasi Perlakuan Terbaik

Faktor	Nilai Optimum
Rasio Tepung Terigu : Sagu (A)	85%
Suhu Pengeringan (B)	80°C
Waktu Pengeringan (C)	2 Jam

Hasil optimasi menggunakan *Design Expert* menunjukkan kondisi terbaik terjadi pada rasio tepung 85:15 (terigu:sagu), suhu 80°C, dan waktu pengeringan 2 jam dapat dilihat pada Tabel 5. Kombinasi ini menghasilkan kadar air 9,66%, protein 11,79%, dan karbohidrat 72,7%, yang semuanya berada dalam kisaran ideal menurut standar mutu mi sayur . Nilai prediksi dari model sangat mendekati nilai aktual hasil eksperimen, menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan cukup akurat untuk diterapkan.

Validasi model ini menjadi penting dalam menguatkan keandalan metode RSM sebagai alat perencanaan formulasi produk. Hasil ini tidak hanya valid secara statistik, tetapi juga secara praktis, karena menggunakan bahan lokal (sagu dan pakcoy) dan metode pengeringan yang lebih efisien dibandingkan teknik konvensional. Dengan demikian, formulasi optimal ini dapat dijadikan referensi produksi *vegetable noodle* dengan pendekatan gizi dan teknologi tepat guna.

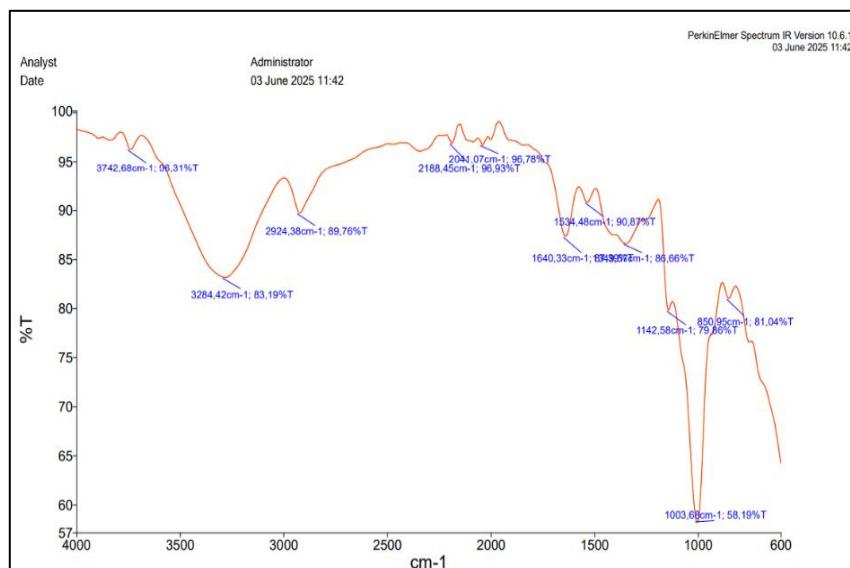
Tabel 5. perbandingan nilai respons Analisis RSM dengan data validasi

Run	Kadar air (%)	Kadar protein (%)	Kadar Karbohidrat (%)
18	9,66	11,79	72,7
Data validasi (x)	9,63	11,78	72,5

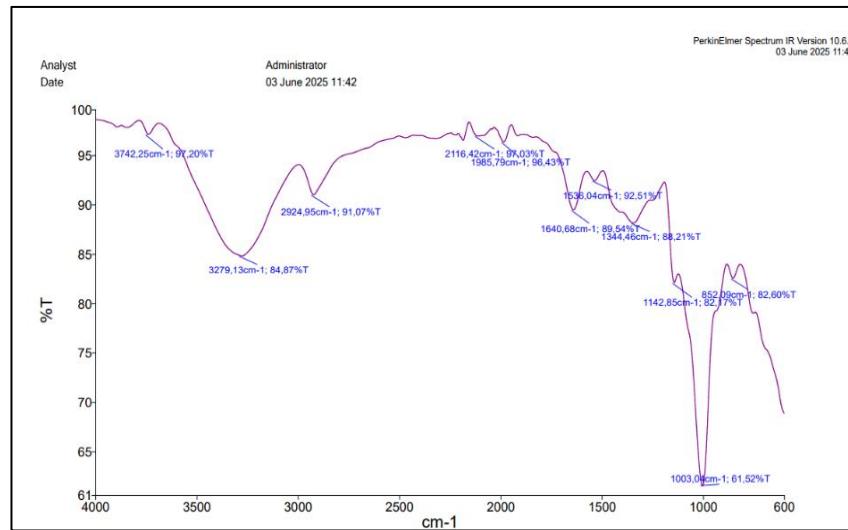
3.4 Analisis FTIR dan SEM

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui stabilitas senyawa kimia pada mi sayur setelah perlakuan pengeringan. Hasil spektrum pada Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan adanya puncak khas dari gugus fungsi hidroksil (O–H) di sekitar 3300 cm^{-1} , karbonil (C=O) di sekitar 1637 cm^{-1} , serta amida dan gugus eter lainnya pada bilangan gelombang 1000– 1500 cm^{-1} . Spektrum yang ditampilkan tidak mengalami pergeseran besar antar perlakuan, yang mengindikasikan bahwa proses pengeringan dengan *tray dryer infrared* tidak menyebabkan kerusakan besar pada struktur senyawa utama, seperti protein dan karbohidrat.

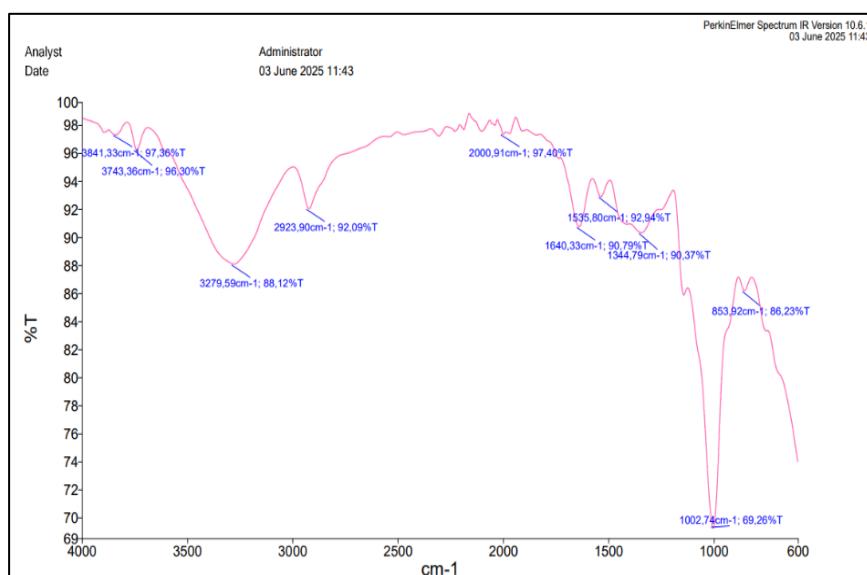
Puncak-puncak yang konsisten ini mencerminkan bahwa struktur kimia dari bahan aktif, terutama senyawa protein dan pati dari tepung dan sayuran masih stabil setelah pengeringan. Sampel terbaik (Run 18) memiliki spektrum paling stabil, menunjukkan keberhasilan perlakuan dalam mempertahankan karakteristik kimia (Gambar 6). Hal ini penting untuk menjamin bahwa produk mi sayur tidak hanya stabil secara fisik, tetapi juga tetap memiliki nilai fungsional dan gizi dari bahan baku pakcoy dan sagu. Temuan ini sejalan dengan studi Huang dkk. (2021) yang menyatakan bahwa pengeringan berbasis radiasi mampu menjaga integritas gugus fungsional bahan pangan.



Gambar 4. Hasil Analisis FTIR pada Mi sayur Run 13



Gambar 5. Hasil Analisis FTIR pada Mi sayur Run 15

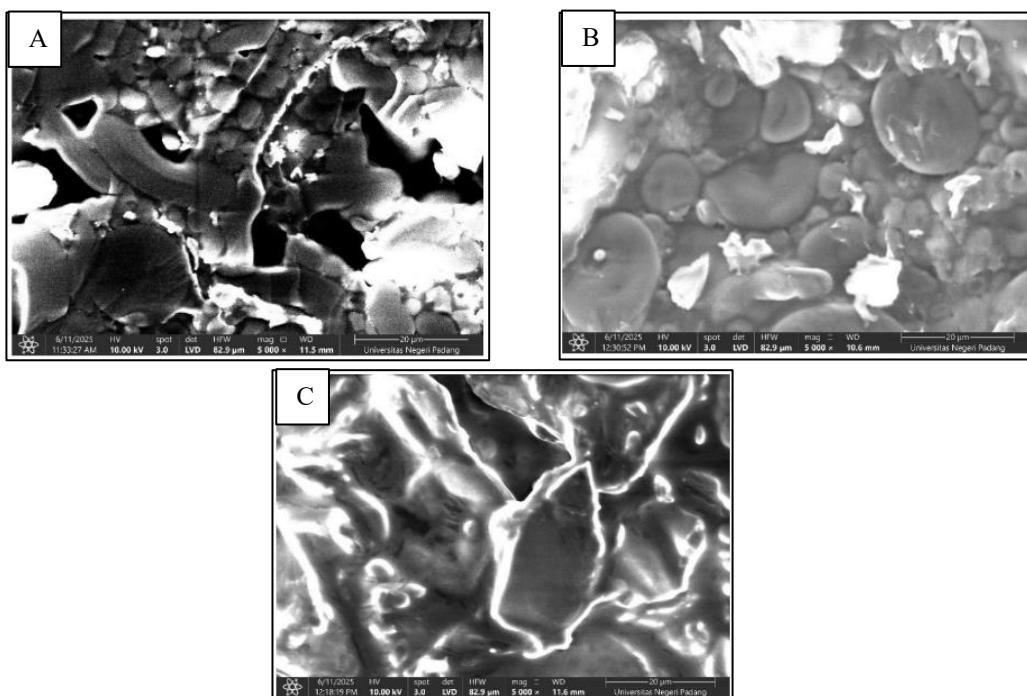


Gambar 6. Hasil Analisis FTIR pada Mi Sayur Run 18

Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa Gambar 7.A memperlihatkan permukaan dengan struktur berongga, tidak rata, dan terdapat banyak celah antar partikel. Ini menunjukkan bahwa morfologi produk dipengaruhi oleh keberadaan serat sayur dan pati sagu, yang secara alami memiliki sifat kurang elastis dibandingkan gluten dari tepung terigu. Struktur retak dan berpori menunjukkan kemungkinan lemahnya ikatan antar partikel pati dan protein karena intervensi serat dari sayur pakcoy. Ini bisa menyebabkan tekstur menjadi lebih rapuh namun mungkin membantu rehidrasi saat dimasak.

Meskipun struktur permukaan mi dengan tambahan sagu dan sayur terlihat tidak terlalu kompak dan memiliki banyak rongga antar partikel, kondisi ini justru menjadi keunggulan dalam konteks produk fungsional. Struktur berpori yang terbentuk memungkinkan air lebih mudah meresap saat pemasakan, mempercepat waktu rehidrasi dan menghasilkan tekstur yang lebih empuk. Selain itu, keberadaan serat dari pakcoy berkontribusi terhadap nilai gizi produk,

serta membentuk karakteristik visual dan struktur khas mi sayur yang ringan dan mudah dikunyah. Dengan demikian, morfologi produk tidak hanya mencerminkan sifat fisik, tetapi juga memperkuat klaim manfaat kesehatan dan kenyamanan dalam konsumsi.



Gambar 7. (A) Hasil Analisis SEM pada *Vegetable Noodle*, (B) Hasil Analisis SEM pada Mi Kering Tanpa Sayur Pakcoy, (C) Hasil Analisis SEM pada Mi Kering 100% Tepung Terigu Tanpa Tepung Sagu dan Tanpa Sayur Pakcoy dengan Perbesaran 5000x

Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa Gambar 7.B menunjukkan permukaan yang relatif lebih halus dan kompak dibandingkan sampel dengan sayur. Tampak struktur bulat hingga oval yang menyerupai granula pati sagu yang mengalami gelatinisasi sebagian. Beberapa partikel menempel erat satu sama lain, tetapi masih terdapat sedikit retakan kecil dan ruang antar granula, terutama akibat perbedaan ukuran partikel terigu dan sagu. Ketidakhadiran serat sayur menyebabkan struktur lebih padat dan terorganisir, menunjukkan ikatan antar partikel lebih kuat, berkat gluten dari terigu yang tidak terganggu oleh serat kasar. Sagu, karena kandungan amilosa tinggi dan tidak mengandung gluten, tidak membentuk jaringan elastis, sehingga struktur tetap rapuh pada beberapa titik. Rongga kecil yang terlihat kemungkinan terbentuk saat pengeringan, namun tidak sebanyak pada sampel mi sayur. Permukaan mi terlihat lebih padat dan sedikit berpori, menunjukkan bahwa struktur jaringan lebih terikat. Hal ini mengindikasikan bahwa tanpa tambahan serat dari sayur, struktur fisik menjadi lebih kompak. Namun, karena sagu tidak memiliki gluten, mi tetap memiliki titik-titik lemah yang bisa menyebabkan kerapuhan. Ini menunjukkan bahwa penggunaan sagu mempengaruhi elastisitas tapi tidak seberat bila digabungkan dengan sayur.

Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa Gambar 7.C Terlihat struktur permukaan yang sangat padat, halus, dan homogen, dengan sedikit celah antar partikel. Granula tampak menyatu membentuk matriks kontinu, menunjukkan pengembangan jaringan gluten yang optimal selama pengolahan. Tidak ada tanda-tanda serat kasar atau rongga besar, mencerminkan tekstur

yang kompak dan elastis. Tepung terigu, karena kandungan gluten-nya, membentuk struktur kohesif dan padat, yang sangat berperan dalam menghasilkan mi dengan kekenyalan tinggi dan daya rekat antar partikel kuat. Ketiadaan sagu dan sayur membuat matriks tidak terganggu oleh bahan yang kurang membentuk jaringan (non-gluten) atau berserat. Pengeringan pada 80 °C selama 2 jam tampaknya tidak merusak struktur gluten, terbukti dari masih terlihatnya lapisan tipis antar granula. SEM juga menunjukkan bahwa struktur antar partikel menjadi lebih menyatu pada suhu dan waktu optimal, mendukung temuan bahwa *tray dryer infrared* cocok untuk produk pangan berbasis sayuran. Hasil ini memperkuat kesimpulan bahwa *tray dryer infrared* tidak hanya efektif dari sisi kimia, tetapi juga memperbaiki kualitas fisik mi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa kombinasi rasio tepung terigu:sagu, suhu, dan waktu pengeringan berpengaruh signifikan terhadap kadar air, protein, dan karbohidrat dalam *vegetable noodle* yang mengandung ekstrak pakcoy. Melalui pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM), diperoleh kondisi optimal pada rasio 85:15, suhu 80°C, dan waktu 2 jam, yang menghasilkan mi dengan kadar air 9,66%, protein 11,79%, dan karbohidrat 72,7%. Nilai-nilai tersebut telah memenuhi standar mutu mi sayur menurut SNI 8217:2015, baik dari sisi kadar air maupun kandungan gizi. Selain itu, analisis FTIR menunjukkan bahwa pengeringan menggunakan *tray dryer infrared* mampu mempertahankan gugus fungsi utama senyawa protein dan karbohidrat, sedangkan hasil SEM memperlihatkan struktur permukaan mi yang lebih padat dan homogen pada perlakuan optimal. Hal ini menandakan bahwa metode *tray dryer infrared* efektif tidak hanya dalam menjaga kualitas kimia, tetapi juga memperbaiki sifat fisik produk. Oleh karena itu, teknologi ini direkomendasikan untuk pengembangan produk mi sayur berbasis bahan lokal secara efisien dan bernilai komersial tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 8217:2015 – Mi sayur*. Jakarta: BSN.
- Delta Jaya Mesin. (2021). *Manual book steam and dryer*. Surabaya.
- Engelen, A. N., Sugiyono, & Budijanto, S. (2017). Karakteristik kimia pada pembuatan mi sagu (*Metroxylon sagu*) kering. *Jurnal Agroindustri Halal*, 3(1), 1–8.
- Gulia, N., Dhaka, V., & Khatkar, B. S. (2014). Drying behavior and nutritional characteristics of fortified instant noodles. *Journal of Food Engineering*, 123, 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.003>
- Muhandri, T., Rahmasari, G. N., Subarna, & Hariyad, P. (2012). Model laju pengeringan spaghetti jagung menggunakan tray dryer. *Jurnal Teknologi Pangan*, 26(2), 171–178.
- Santoso, B., Lestari, I., & Dewi, N. (2018). Formulasi mi sayur berbasis bahan lokal. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(1), 1–8.
- Shere, P. D., Devkatte, A. N., & Pawar, V. N. (2018). Studies on production of functional noodles with incorporation of spinach puree. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(6), 1618–1628.
- Supraptiah, E., Ningsih, A. S., & Zurohaina. (2019). Optimasi temperatur dan waktu pengeringan mi sayur yang berbahan baku tepung jagung dan tepung terigu. *Jurnal Ilmu Pangan*, 10(2), 42–47.