



Analisis kinerja mesin penyebar *fruit leather* pisang dan penentuan celah spreader optimum

Performance analysis of a banana fruit leather spreading machine and determination of the optimum spreader clearance

Melidawati^{1*}, Wahyu Kamilatul Fauziah¹, Husniati Marni¹

¹Mekanisasi Pertanian/Teknologi Pertanian/Politeknik Negeri Lampung, Indonesia

*corresponding author: melidawati@polinela.ac.id

Received: 05th May, 2026 | accepted: 17th June, 2026

ABSTRAK

Mesin penyebar *fruit leather* (produk olahan buah dalam lembaran tipis) menjadi salah satu inovasi peralatan yang dikembangkan untuk mendukung proses pengolahan pisang di Provinsi Lampung. Kualitas lembaran yang dihasilkan sangat bergantung pada pengaturan celah spreader, karena parameter ini secara langsung memengaruhi ketebalan adonan, sebaran panas, dan keseragaman produk akhir. Penelitian ini bertujuan menentukan celah spreader optimum dengan menganalisis pengaruhnya terhadap akurasi dimensi, distribusi suhu, stabilitas diameter, dan durasi penyebaran. Tiga variasi celah spreader (5, 10, dan 15 mm) diuji masing-masing tiga ulangan pada 8 RPM, dengan pengukuran di tiga titik sepanjang poros (pangkal, tengah, ujung). Hasil menunjukkan celah 10 mm memberikan akurasi dimensi tertinggi di pangkal (100%) dengan waktu sebaran 106,07 detik. Celah 5 mm menghasilkan suhu tertinggi (59,2°C) dan ketidakmerataan panas terbesar ($\Delta T=26,2^{\circ}\text{C}$), sedangkan semua variasi mampu mempertahankan diameter sebaran di sekitar 20 cm dengan akurasi $\geq 97,5\%$. Analisis varian menunjukkan perbedaan signifikan untuk waktu penyebaran ($p<0,001$) dan distribusi panas ($p<0,001$), tetapi tidak untuk stabilitas diameter. Celah 10 mm direkomendasikan sebagai setelan optimal karena memberikan keseimbangan terbaik antara presisi dimensional, keamanan termal, dan efisiensi waktu.

Kata Kunci: akurasi dimensi; celah spreader; distribusi panas; mesin penyebar *fruit leather*; optimasi

ABSTRACT

A *fruit leather* spreading machine (a device for producing thin fruit sheet products) represents one of the equipment innovations developed to support banana processing in Lampung Province. The quality of the resulting sheet is largely determined by the spreader gap setting, as this parameter directly

influences batter thickness, heat distribution, and the uniformity of the final product. This study aimed to determine the optimum spreader gap by analyzing its effect on dimensional accuracy, temperature distribution, spreading diameter stability, and spreading duration. Three spreader gap variations (5, 10, and 15 mm) were tested in three replications at 8 RPM, with measurements taken at three points along the shaft (base, middle, and tip). Results indicated that the 10 mm gap yielded the highest dimensional accuracy at the base point (100%) with a spreading time of 106.07 seconds. The 5 mm gap produced the highest surface temperature (59.2°C) and the greatest thermal non-uniformity ($\Delta T = 26.2^\circ\text{C}$), while all variations maintained a spreading diameter of approximately 20 cm with an accuracy of $\geq 97.5\%$. Analysis of variance revealed significant differences in spreading time ($p < 0.001$) and heat distribution ($p < 0.001$), but not in diameter stability. The 10 mm gap is suggested as the optimal setting as it demonstrated the best balance between dimensional precision, thermal safety, and time efficiency.

Keywords: *dimensional accuracy; fruit leather spreading machine; heat distribution; optimization; spreader gap*

PENDAHULUAN

Pisang (*Musa paradisiaca*) adalah salah satu komoditas hortikultura unggulan yang dibudidayakan secara intensif di Provinsi Lampung dengan produksi mencapai 15.823.279,68 kuintal atau 1,58 juta ton (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, 2024). Buah ini dikenal memiliki kandungan gizi yang cukup beragam, mulai dari karbohidrat, berbagai jenis vitamin, hingga mineral esensial, sehingga menjadikannya bahan baku yang sangat potensial untuk pengembangan produk pangan olahan bernilai tambah (Sidhu & Zafar, 2020). Namun, melimpahnya produksi pisang di daerah ini belum diiringi dengan kapasitas pengolahan yang sepadan, dan hal ini memunculkan masalah kehilangan hasil pascapanen yang cukup serius (Marpaung et al., 2021).

Salah satu cara untuk menekan kerugian tersebut sekaligus meningkatkan nilai ekonomi pisang adalah dengan mengolahnya menjadi *fruit leather* (produk berupa lembaran

tipis yang diperoleh dari pengeringan pure buah, baik dengan maupun tanpa bahan tambahan). Diversifikasi olahan pisang berbasis tepung juga terbukti menghasilkan produk dengan karakteristik kimia dan sensoris yang baik (Ihromi et al., 2019). Produk *fruit leather* sendiri tergolong pangan kadar air menengah yang memiliki daya simpan cukup baik dan disukai konsumen (Rodrigues et al., 2023). Tahapan pengeringan menjadi proses yang paling krusial karena sangat menentukan mutu produk akhir (Kilic et al., 2024).

Keseragaman ketebalan lapisan adonan saat proses penyebaran memegang peranan penting dalam menjaga kualitas *fruit leather*. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa homogenitas lapisan adonan mangga yang disebar di atas permukaan pengering berpengaruh langsung pada keseragaman warna, tekstur, dan karakteristik sensoris produk akhir (da Silva Simão et al., 2019). Mengingat keterbatasan penyebaran manual dalam hal konsistensi,

penggunaan mesin penyebar mekanis menjadi solusi yang lebih tepat, terutama untuk skala produksi UMKM (Gregg et al., 2020). Fauziah et al., (2025) telah membuktikan bahwa mesin penyebar *fruit leather* (**Gambar 1**) berbasis pisang mampu meningkatkan kapasitas produksi hingga dua kali lipat dibanding metode manual dengan keseragaman ketebalan yang jauh lebih baik, memperkuat urgensi mekanisasi dalam mendukung hilirisasi pisang Lampung.

Celah *spreader* merupakan salah satu variabel geometris yang paling berpengaruh terhadap tekanan yang diterima adonan, ketebalan lapisan yang terbentuk, dan sebaran panas akibat gesekan mekanis selama penyebaran berlangsung. Dinamika penyebaran fluida viskos sangat dipengaruhi oleh geometri celah dan karakteristik reologi material, yang pada akhirnya menentukan

keseragaman lapisan adonan (Xu & Jensen, 2016). Di sisi lain, kestabilan dan akurasi poros mesin penyebar juga perlu mendapat perhatian serius (He et al., 2025). Berdasarkan logika sebab-akibat di atas, hipotesis penelitian adalah sebagai berikut: (1) celah yang lebih sempit menghasilkan gaya geser dan gesekan yang lebih besar, yang pada gilirannya meningkatkan pembangkitan panas dan suhu permukaan; (2) suhu yang lebih tinggi dapat merusak mutu sensori dan gizi *fruit leather*; dan (3) terdapat celah optimal yang menyeimbangkan ketiga aspek utama yaitu akurasi dimensi, keamanan termal, dan efisiensi waktu proses. Atas dasar itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji hipotesis tersebut dengan mengkaji secara sistematis pengaruh tiga setelan celah *spreader* (5 mm, 10 mm, dan 15 mm) terhadap akurasi dimensi, distribusi suhu, stabilitas diameter, dan durasi penyebaran untuk menentukan setelan celah optimal.



Gambar 1. Mesin penyebar *fruit leather*

METODOLOGI

1. Waktu dan tempat

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pascapanen, Mekanisasi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung pada tahun 2025. Seluruh pengujian dilakukan dalam kondisi ruangan standar, yaitu pada suhu sekitar 25–28°C dan kelembaban relatif berkisar antara 60–70% (Fauziah et al., 2025).

2. Alat dan bahan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: mesin penyebar *fruit leather* dengan sistem *spreader* rotari, jangka sorong, termometer inframerah, dan *stopwatch* digital. Bahan uji berupa adonan *fruit leather* pisang kepok dengan formulasi standar, yang dipilih karena ketersediaan bahan baku lokal pisang kepok yang cukup melimpah di wilayah Lampung (Marpaung et al., 2021).

3. Rancangan percobaan

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola satu faktor dengan tiga taraf perlakuan celah (*spreader gap*). Guna menjamin keabsahan statistik, urutan pengujian dilakukan secara acak (*completely randomized*). Jumlah sampel total yang digunakan adalah 9 unit eksperimen (3 variasi celah $\times$ 3 ulangan), yang menghasilkan derajat bebas galat (*df*) sebesar 6. Jumlah ini memenuhi syarat minimum yang valid untuk

analisis varians (ANOVA) satu arah pada tingkat kepercayaan 95%. Penetapan kecepatan putar pada 8 RPM didasarkan pada penelitian terdahulu yang menunjukkan efisiensi mekanis optimal untuk karakteristik adonan *fruit leather* pisang. Selanjutnya, untuk mengendalikan efek pemanasan residual antar-ulangan, permukaan *spreader* dibersihkan, dikeringkan, dan didinginkan hingga mencapai suhu ruang sebelum pengujian berikutnya dimulai (Fauziah et al., 2025).

4. Prosedur pengujian

Sebelum pengujian, kertas roti dipotong sesuai ukuran permukaan *spreader* dan diletakkan sebagai alas sebelum adonan dituangkan. Adonan kemudian disebar menggunakan mesin *spreader* pada setelan celah yang telah ditentukan. Segera setelah proses penyebaran selesai, mesin dimatikan dan pengukuran suhu permukaan adonan dilakukan sesaat setelah mesin dimatikan pada tiga titik (pangkal, tengah, dan ujung) menggunakan termometer inframerah (*termo gun*) dengan spesifikasi kisaran suhu –50 hingga 400°C, akurasi $\pm 1-2^\circ\text{C}$, resolusi 0,1°C, waktu respons 500 ms, respon spektral 8–14 μm , dan rasio jarak-ke-titik 12:1. Pengukuran dilakukan sesaat setelah mesin dimatikan untuk meminimalkan kehilangan panas secara konvektif ke lingkungan sehingga suhu yang terukur mencerminkan kondisi aktual

selama proses penyebaran berlangsung. Diameter sebaran selanjutnya diukur menggunakan penggaris besi pada satu sumbu sebagai nilai diameter aktual hasil penyebaran, sedangkan ketebalan lapisan adonan diukur menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm pada tiga titik (pangkal, tengah, dan ujung) untuk merepresentasikan keseragaman distribusi ketebalan secara menyeluruh. Setelah seluruh pengukuran pada satu ulangan selesai, kertas roti beserta adonan diangkat dari permukaan spreader. Mesin kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruang sebelum kertas roti baru dipasang dan ulangan berikutnya dimulai, guna menghindari akumulasi panas residual antar ulangan yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran, sedangkan waktu sebaran dicatat mulai dari awal penyebaran hingga adonan merata seluas diameter yang ditentukan (He et al., 2025).

5. Analisis data

Data penelitian dianalisis menggunakan dua pendekatan:

Analisis Deskriptif Kuantitatif

Nilai akurasi dimensi dihitung menggunakan Persamaan 1:

$$\text{Akurasi (\%)} = \left(\frac{1 - |\text{Nilai Aktual} - \text{Nilai Target}|}{\text{Nilai Target}} \right) \times 100\% \dots (1)$$

Selisih distribusi panas (ΔT) diperoleh dari selisih antara suhu pangkal dan suhu ujung spreader. Pendekatan analitis serupa telah digunakan

dalam evaluasi keseragaman proses fruit leather (Barman et al., 2021; Basdemir et al., 2024).

Analisis Statistik Inferensial

Data parameter kinerja mesin (waktu sebaran, suhu permukaan, distribusi panas, dan stabilitas diameter) dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) satu arah pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan perangkat lunak Microsoft Excel (Data Analysis ToolPak). Sebelum pengujian ANOVA, dilakukan verifikasi asumsi statistik meliputi uji normalitas dan uji homogenitas varians. Normalitas data diuji menggunakan uji Shapiro-Wilk (dengan pelengkap visualisasi Q-Q Plot) mengingat jumlah ulangan per perlakuan yang kecil ($n = 3$). Data dinyatakan berdistribusi normal apabila $p\text{-value} > 0,05$. Pada ukuran sampel sangat kecil ($n = 3$), adanya nilai pengamatan kembar dapat menghasilkan $p\text{-value}$ rendah yang bukan mencerminkan penyimpangan distribusi yang sesungguhnya, melainkan keterbatasan inheren dari uji pada n kecil. Kondisi ini masih dapat diterima dalam konteks penelitian eksperimental skala laboratorium. Homogenitas varians antar kelompok perlakuan diuji menggunakan Levene's Test pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Varians dinyatakan homogen apabila $p\text{-value} > 0,05$. Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh signifikan terhadap parameter uji ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan dengan uji lanjut

LSD (Least Significant Difference) pada taraf 5% untuk mengidentifikasi perbedaan spesifik antar-taraf perlakuan celah spreader. Uji lanjut ini dilakukan untuk menentukan notasi huruf (a, b, c, dst) yang menunjukkan kelompok mana saja yang berbeda nyata satu sama lain.

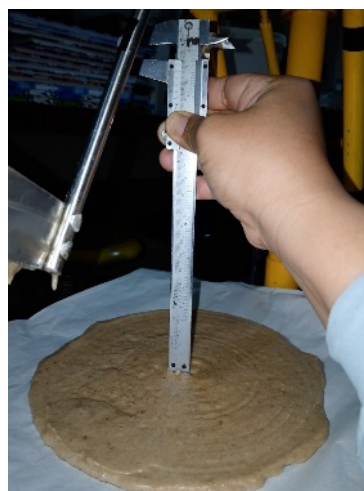
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Akurasi celah spreader

Hasil pengukuran akurasi celah spreader pada ketiga taraf perlakuan disajikan pada **Tabel 1**. Pengukuran dilakukan di posisi pangkal, tengah, dan ujung untuk mengetahui distribusi keseragaman celah sepanjang poros (**Gambar 2**).

Tabel 1. Akurasi Celah Spreader pada Berbagai Setelan

Celah (mm)	Hasil Ukur (mm)			Rata-rata (mm)	Error (%)	Akurasi (%)	Waktu Sebaran (dtk)
	Pangkal	Tengah	Ujung				
15	13,10	12,30	12,00	12,33	87,67	87,67	40,76
	15,00	14,20	13,25	14,15	9,33	90,67	53,38
	15,00	14,30	14,20	14,50	4,22	95,78	40,20
10	10,00	9,35	8,15	9,17	15,67	84,33	103,65
	10,00	9,15	8,15	9,10	5,00	95,00	94,69
	10,00	10,00	9,00	9,67	0,00	100,00	119,86
5	6,15	5,30	5,00	5,48	21,00	79,00	23,08
	6,00	5,35	4,30	5,22	9,33	90,67	39,11
	6,00	5,35	4,30	5,22	6,67	93,33	25,37



Gambar 2. Pengukuran akurasi celah spreader menggunakan jangka sorong

Berdasarkan **Tabel 1**, setelan celah 10 mm menghasilkan akurasi terbaik pada titik pangkal, yakni mencapai 100%. Kondisi ini menunjukkan tidak ada deviasi antara nilai aktual dan target pada titik tersebut. Penurunan akurasi yang konsisten dari pangkal menuju ujung pada semua setelan menandakan adanya defleksi poros yang bertambah besar ke arah ujung bebas. Fenomena ini selaras dengan prinsip *cantilever effect* yang diidentifikasi oleh He et al. (2025) pada poros mesin pertanian berlengan bebas.

Setelan celah 5 mm menunjukkan akurasi terendah di posisi pangkal (79,00%). Hal ini dapat dipahami dari sudut pandang mekanika struktur: semakin sempit celah, semakin besar gaya normal yang bekerja pada poros, sehingga defleksi yang terjadi pun semakin nyata. Fenomena serupa juga diamati oleh (Gregg et al., 2020)

yang menekankan betapa pentingnya kekakuan poros pada mesin pertanian skala kecil guna menjamin akurasi operasional. Selain itu, waktu sebaran yang lebih panjang pada setelan 10 mm (rata-rata 106,07 detik) dibanding setelan 5 mm (29,19 detik) dan 15 mm (44,78 detik) mengindikasikan bahwa proses penyebaran berlangsung lebih teratur dan presisi.

2. Distribusi panas permukaan

Data distribusi suhu permukaan adonan selama proses penyebaran (**Gambar 3**) untuk ketiga perlakuan dapat dilihat pada **Tabel 2**. Pengukuran suhu dilakukan langsung pada permukaan adonan menggunakan termometer inframerah, sehingga nilai yang diperoleh merepresentasikan kondisi termal yang dialami produk secara nyata, bukan suhu permukaan logam *spreader*

Tabel 2. Distribusi suhu permukaan adonan selama proses penyebaran

Celah (mm)	Suhu Permukaan (°C)			ΔT (°C)	Ket
	Pangkal	Tengah	Ujung		
15	39,0	30,4	28,4	10,6	Distribusi merata
	34,0	30,8	26,5	7,5	
	39,0	30,4	28,4	10,6	
10	50,4	32,9	34,9	15,5	Optimal
	55,3	35,4	31,6	23,7	
	54,2	32,9	33,5	20,7	
5	58,4	42,0	32,0	26,4	Mendekati batas aman
	60,0	40,8	32,1	27,9	
	59,3	44,0	35,0	24,3	

**Gambar 3.** Pengukuran suhu permukaan spreader menggunakan termometer inframerah (*thermogun*)

Tabel 2 memperlihatkan pola yang konsisten, yaitu suhu selalu paling tinggi di titik pangkal dan berangsur menurun menuju ujung pada semua perlakuan. Setelan celah 5 mm menghasilkan rata-rata suhu permukaan paling tinggi (44,84°C) dan ketidakmerataan panas terbesar (ΔT rata-rata 26,20°C), sementara setelan 15 mm menunjukkan kondisi sebaliknya dengan rata-rata suhu permukaan

lebih rendah (31,88°C) dan distribusi panas yang lebih homogen (ΔT rata-rata 9,57°C). Kategorisasi kondisi termal dalam penelitian ini didasarkan pada dua aspek sekaligus, yaitu nilai ΔT sebagai indikator keseragaman distribusi panas dan suhu pangkal sebagai titik kritis tertinggi yang dialami adonan. Setelan 15 mm dikategorikan 'distribusi merata' karena menghasilkan ΔT terkecil

(rata-rata 9,57°C) dengan suhu pangkal jauh di bawah batas kritis. Setelan 10 mm dikategorikan 'optimal' karena menunjukkan keseimbangan antara ΔT yang masih dapat diterima (19,97°C) dan suhu pangkal yang aman (53,30°C). Setelan 5 mm dikategorikan 'mendekati batas aman' karena suhu pangkalnya (rata-rata 59,23°C) mendekati batas kritis 65°C yang ditetapkan Basdemir et al. (2024) dan da Silva Simão et al. (2019) untuk mempertahankan kualitas sensori dan kandungan gizi produk leather, meskipun rata-rata suhu permukaannya (44,84°C) masih berada di bawah batas tersebut.

Naiknya suhu seiring dengan semakin sempitnya celah dapat dijelaskan melalui mekanisme disipasi energi viskos: celah yang lebih sempit memperbesar gradien

kecepatan geser, sehingga energi gesekan yang terkonversi menjadi panas pun meningkat, sebagaimana dijelaskan secara teoritis oleh (Xu & Jensen (2016). Dari sudut pandang keamanan pangan, Basdemir et al. (2024) menemukan bahwa suhu pengeringan di atas 70°C pada *leather* tomat memengaruhi profil sensori produk secara negatif.

Kilic et al. (2024) juga menegaskan bahwa panas yang berlebih berkorelasi dengan penurunan kandungan antioksidan dan perubahan warna. Dengan suhu pangkal pada setelan 5 mm yang mendekati 60°C, kondisi ini perlu diwaspadai apabila kontak adonan dengan permukaan tersebut berlangsung lebih lama.

3. Stabilitas diameter sebaran

Hasil pengujian stabilitas diameter sebaran ditampilkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Stabilitas diameter sebaran pada berbagai setelan celah

Celah (mm)	Diameter (cm)		Selisih (cm)	Akurasi (%)	Keterangan
	Target	Aktual			
15	20	20,00	0,00	100,00	Sesuai target
	20	20,00	0,00	100,00	Sesuai target
	20	20,00	0,00	100,00	Sesuai target
10	20	20,00	0,00	100,00	Sesuai target
	20	20,00	0,00	100,00	Sesuai target
	20	20,50	0,50	97,50	Sedikit melewati target
5	20	20,00	0,00	100,00	Sesuai target
	20	20,00	0,00	100,00	Sesuai target
	20	20,00	0,00	100,00	Sesuai target



Gambar 4. Pengukuran diameter sebaran menggunakan penggaris

Tabel 3 menunjukkan bahwa ketiga variasi celah mampu menghasilkan diameter sebaran yang sangat mendekati target 20 cm (**Gambar 4**). Setelan 15 mm dan 5 mm mencapai akurasi 100% pada seluruh ulangan, sedangkan setelan 10 mm terdapat satu ulangan yang menghasilkan diameter sedikit lebih besar (20,5 cm) dengan akurasi 97,5%. Secara keseluruhan, tingginya akurasi diameter sebaran di semua perlakuan menunjukkan bahwa mekanisme kontrol lebar sebaran pada mesin ini cukup andal dan tidak sensitif terhadap perubahan celah. John et al. (2025) menyebutkan bahwa keseragaman dimensi produk merupakan indikator penting kualitas *fruit leather* yang berhubungan langsung dengan konsistensi proses pengeringan berikutnya.

Temuan ini mengindikasikan bahwa parameter geometri celah pada mesin yang diuji cenderung dapat dikontrol secara independen tanpa memengaruhi

luas area sebaran. Hal ini menunjukkan kecenderungan bahwa operator berpotensi menyesuaikan ketebalan lapisan sesuai kebutuhan tanpa mengubah dimensi produk, meskipun diperlukan pengujian lebih lanjut dengan jumlah ulangan yang lebih besar dan variasi kondisi operasi (seperti jenis adonan) untuk memvalidasi temuan ini secara lebih luas.

4. Uji prasyarat analisis

Sebelum pelaksanaan ANOVA satu arah, dilakukan verifikasi terhadap dua asumsi statistik yang mendasarinya, yaitu normalitas distribusi data dan homogenitas varians antar kelompok perlakuan. Normalitas data diuji menggunakan uji Shapiro-Wilk mengingat jumlah ulangan per perlakuan yang kecil ($n = 3$), di mana Q-Q Plot tidak memberikan resolusi grafis yang memadai pada ukuran sampel tersebut. Hasil uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa sebagian besar kelompok perlakuan memenuhi asumsi normalitas ($p > 0,05$). Pada

parameter rata-rata suhu permukaan dan ΔT ketidakmerataan panas, kelompok celah 15 mm menunjukkan nilai p yang sangat kecil, yang diduga disebabkan oleh adanya nilai pengamatan kembar dalam sampel berukuran kecil ($n = 3$), bukan oleh penyimpangan distribusi yang sesungguhnya. Kondisi ini merupakan keterbatasan inheren dari uji normalitas pada $n = 3$ dan masih dapat diterima dalam konteks penelitian eksperimental skala laboratorium.

Homogenitas varians antar kelompok perlakuan diuji menggunakan Levene's Test pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh parameter memenuhi asumsi homogenitas varians, yaitu waktu sebaran ($p = 0,802$), rata-rata suhu permukaan ($p = 0,939$), dan ΔT ketidakmerataan panas ($p = 0,530$), yang seluruhnya berada

jauh di atas batas signifikansi 0,05. Dengan terpenuhinya asumsi homogenitas varians dan normalitas yang dapat diterima secara praktis, penggunaan ANOVA satu arah dinilai valid untuk analisis selanjutnya.

5. Analisis Varian (ANOVA)

Hasil ANOVA satu arah pada Tabel 4 menunjukkan bahwa setelan celah *spreader* berpengaruh sangat signifikan terhadap semua parameter yang diukur ($p < 0,001$). Waktu sebaran menghasilkan nilai $F = 50,65$ ($p = 0,000175$), rata-rata suhu permukaan $F = 120,16$ ($p = 0,000014$), dan ΔT ketidakmerataan panas $F = 26,83$ ($p = 0,001017$). Nilai F yang sangat besar pada rata-rata suhu permukaan mengindikasikan bahwa celah *spreader* merupakan faktor penentu utama kondisi termal yang dialami produk secara menyeluruh, bukan hanya pada titik tertentu saja.

Tabel 4. Hasil ANOVA dari setelan celah *spreader* terhadap parameter ukur

Parameter	F-statistik	P-value	Signifikansi	Kesimpulan
Waktu Sebaran (detik)	50,65	0,000175	Sangat Signifikan	Ada perbedaan nyata***
Suhu Pangkal (°C)	120,16	0,000014	Sangat Signifikan	Ada perbedaan nyata***
ΔT Ketidakmerataan (°C)	26,83	0,001017	Signifikan	Ada perbedaan nyata*

*** $p < 0,001$; * $p < 0,05$

Oleh karena seluruh parameter menunjukkan pengaruh signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji LSD pada taraf 5% untuk

mengidentifikasi perbedaan spesifik antar taraf perlakuan. Hasil uji lanjut disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Uji LSD Antar Taraf Setelan Celah Spreader

Parameter	Celah 5 mm	Celah 10 mm	Celah 15 mm
s	29,19 a	106,07 b	44,78 a
Rata-rata Suhu Permukaan (°C)	44,84 c	40,12 b	31,88 a
ΔT Ketidakmerataan (°C)	26,20 c	19,97 b	9,57 a

Pada parameter waktu sebaran (LSD = 19,76 detik), setelan celah 10 mm berbeda nyata terhadap setelan 5 mm maupun 15 mm, sementara setelan 5 mm dan 15 mm tidak berbeda nyata satu sama lain. Hal ini mengindikasikan bahwa celah 10 mm secara spesifik menghasilkan durasi penyebaran paling lama, yang mencerminkan proses penyebaran yang lebih teratur dan terkontrol. Menariknya, celah yang sangat sempit (5 mm) dan sangat lebar (15 mm) menghasilkan waktu sebaran yang serupa secara statistik, menunjukkan bahwa kedua kondisi ekstrem tersebut sama-sama menghasilkan aliran adonan yang kurang terkontrol meski dengan mekanisme yang berbeda.

Pada parameter rata-rata suhu permukaan (LSD = 2,07°C), ketiga taraf celah berbeda nyata satu sama lain, dengan rata-rata suhu menurun secara konsisten seiring membukanya celah, dari 44,84°C (5 mm), menjadi 40,12°C (10 mm),

hingga 31,88°C (15 mm). Pola penurunan yang nyata pada setiap taraf ini mempertegas bahwa pengaturan celah secara langsung dan terukur mengendalikan tingkat panas yang diterima adonan di seluruh permukaan spreader. Dengan seluruh nilai rata-rata suhu permukaan berada di bawah batas aman 65°C yang ditetapkan oleh Basdemir et al. (2024), ketiga setelan celah masih dapat dinyatakan aman dari aspek keamanan pangan.

Pada parameter ΔT ketidakmerataan panas (LSD = 5,61°C), ketiga taraf celah juga berbeda nyata satu sama lain, dengan ΔT rata-rata berturut-turut sebesar 26,20°C (5 mm), 19,97°C (10 mm), dan 9,57°C (15 mm). Perbedaan nyata antar seluruh taraf pada parameter ini menunjukkan bahwa setiap perubahan setelan celah memberikan dampak yang terukur terhadap keseragaman distribusi panas sepanjang poros spreader.

6. Penentuan setelan celah optimal

Setelah mempertimbangkan seluruh parameter yang diukur, setelan celah 10 mm terbukti memberikan kinerja paling seimbang. Keunggulannya mencakup: (1) akurasi dimensi terbaik pada titik pangkal (100%), (2) durasi sebaran yang mencerminkan proses yang terkontrol, dan (3) rentang suhu operasi yang masih aman bagi produk pangan. Meskipun ΔT distribusi panasnya (rata-rata 20,0°C) lebih besar dibandingkan setelan 15 mm, nilai tersebut masih dalam batas yang dapat diterima merujuk pada kriteria yang ditetapkan oleh Basdemir et al. (2024) dan (da Silva Simão et al., 2019)), yaitu suhu di bawah 65°C untuk mempertahankan kualitas sensori dan kandungan gizi produk *leather*.

Setelan 15 mm memang memberikan distribusi panas terbaik, tetapi kecenderungannya menghasilkan lapisan yang lebih tebal menjadi pertimbangan tersendiri. Sebaliknya, setelan 5 mm menghasilkan suhu yang mendekati batas atas keamanan proses dan menunjukkan akurasi dimensi yang paling rendah. Seperti ditegaskan oleh Alam et al. (2024), ketebalan lapisan adonan yang tepat sangat menentukan keseragaman kadar air pada produk akhir. Dengan mempertimbangkan semua aspek tersebut, celah 10 mm direkomendasikan sebagai setelan optimal untuk operasional mesin

penyebar *fruit leather* pisang di Lampung.

SIMPULAN

Setelan celah spreader 10 mm terbukti memberikan kinerja paling optimal pada mesin penyebar *fruit leather* pisang yang diuji, ditunjukkan oleh akurasi dimensi terbaik di titik pangkal (100%), waktu sebaran yang terkontrol (rata-rata 106,07 detik), serta distribusi suhu permukaan yang masih berada dalam batas aman proses pangan (<65°C). Semakin kecil celah yang digunakan, semakin tinggi suhu permukaan dan semakin besar ketidakmerataan distribusi panas (ΔT), sebagaimana terlihat pada setelan 5 mm dengan ΔT rata-rata 26,2°C dan suhu pangkal ~59,2°C. Diameter sebaran seluruh perlakuan stabil di sekitar target 20 cm (akurasi $\geq 97,5\%$), mengindikasikan bahwa parameter celah tidak memengaruhi luas area sebaran secara signifikan. Penelitian ini difokuskan pada pengujian kinerja mesin dengan adonan pisang raja sebagai bahan uji dengan cakupan pengujian yang masih terbatas, sehingga generalisasi temuan terhadap jenis buah lain perlu dilakukan dengan hati-hati. Penelitian lanjutan disarankan mencakup pengujian pada variasi jenis buah yang berbeda dengan cakupan data yang lebih luas untuk memvalidasi rekomendasi celah optimal secara lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada DIPA Politeknik Negeri Lampung Tahun Anggaran 2025

melalui Program Penelitian Dosen Pemula berdasarkan Kontrak Nomor: 180.1.15/PL15/PP/2025 atas dukungan yang diberikan terhadap penelitian ini. Apresiasi juga disampaikan kepada seluruh staf Laboratorium Teknik Pasca Panen Mekanisasi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung atas bantuan teknis yang sangat berharga selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M., Rawat, M., Kaur, S., Dar, B. N., & Nanda, V. (2024). Transformation of Quality Attributes of Fruit Leathers Using Diverse Hydrocolloids: Recent Application and Future Perspective. *Journal of Food Process Engineering*, 47(11).
<https://doi.org/10.1111/jfpe.14782>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. (2024). *Produksi Tanaman Buah-Buahan dan Sayuran Tahunan Menurut Jenis Tanaman di Provinsi Lampung*, 2024.
<https://lampung.bps.go.id/id/statistik/table/3/WXpSVU5uUTBOSEI5WVhGQmVESTVSVnBSVlhWeVVUMDkjMw%3D%3D/produksi-tanaman-buah---buah-dan-sayuran-tahunan-menurut-jenis-tanaman-di-provinsi-lampung--2024.html?year=2024&utm>
- Barman, M., Das, A. B., & Badwaik, L. S. (2021). Effect of xanthan gum, guar gum, and pectin on physicochemical, color, textural, sensory, and drying characteristics of kiwi fruit leather. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5).
<https://doi.org/10.1111/jfpp.15478>
- Basdemir, E., Ince, A. E., Kizgin, S., Ozel, B., Ozarda, O., Sumnu, S. G., & Oztop, M. H. (2024). Physicochemical and sensorial properties of tomato leathers at different drying conditions. *Journal of Food Science*, 89(5), 2659–2671.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.17061>
- da Silva Simão, R., de Moraes, J. O., de Souza, P. G., Mattar Carciofi, B. A., & Laurindo, J. B. (2019). Production of mango leathers by cast-tape drying: Product characteristics and sensory evaluation. *LWT*, 99, 445–452.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.013>
- Gregg, E. S., Colton, J., Matin, M. A., & Krupnik, T. J. (2020). Efficient and participatory design of scale-appropriate agricultural machinery workshops in developing countries: A case study in Bangladesh. *Development Engineering*, 5, 100046.
<https://doi.org/10.1016/j.deveng.2019.100046>
- He, Q., Su, Z., Qian, P., Tang, Z., Zhang, Z., Shen, J., & Lu, T. (2025). Research on the Dynamic Mechanism and Multi-Parameter Collaborative Optimization of a Cantilevered Conveyor Trough in Combine Harvesters for Vibration Suppression. *Sensors*, 25(23), 7397.
<https://doi.org/10.3390/s25237397>
- Ihromi, S., Sulastri, Y., & Arisandi, F. (2019). FORMULASI TEPUNG PISANG DAN TEPUNG MOCAP TERHADAP MUTU CAKE. *Jurnal Agrotek UMMat*, 5(2), 117.
<https://doi.org/10.31764/agrotek.v5i2.702>
- John, A., George, D. R., Sam, J. S., Joseph, L., Aravind, A., & Mohan, L. (2025). Development and Evaluation of Physicochemical, Sensory, and Microbiological Properties of Fruit Leather From Underutilized Tropical Fruits. *Future Postharvest and Food*, 2(4), 432–443.
<https://doi.org/10.1002/fpf2.70025>
- Kamilatul Fauziah, W., Gustian, H., Marni, H., Yusfiar Karfiandi, M., & Ferdiana, D. (2025). Rancang Bangun Mesin Penyebar Fruit Leather Aplikatif sebagai Dukungan Teknis Hilirisasi Pisang di Lampung. *Agroteknika*, 8(4), 762–775.
<https://doi.org/10.55043/agroteknika.v8i4.622>

- Kilic, M., Sahin, M., Hassan, A., & Ullah, A. (2024). Preservation of fruits through drying—A comprehensive review of experiments and modeling approaches. *Journal of Food Process Engineering*, 47(3). <https://doi.org/10.1111/jfpe.14568>
- Marpaung, D. S. S., Cahyani, D., Utari, N. W. A., Indriyani, A., & Apriliani, R. (2021). PHYSICOCHEMICAL CHANGES OF DWARF BANANA (*Musa acuminata*) DURING VACUUM PACKAGING STORAGE. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 10(2), 193. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v10i2.193-199>
- Rodrigues, G. de M., Garcia, V. A. dos S., Yoshida, C. M. P., Vanin, F. M., & Carvalho, R. A. de. (2023). Fruit-Based Leathers: A Comprehensive Review of Terminologies, Composition, and Quality Attributes. *Food Science and Engineering*, 216–236. <https://doi.org/10.37256/fse.4220232791>
- Sidhu, J. S., & Zafar, T. A. (2020). Chemical Composition and Nutritional Profile of Raw and Processed Banana Products. In *Handbook of Banana Production, Postharvest Science, Processing Technology, and Nutrition* (pp. 207–225). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119528265.ch11>
- Xu, F., & Jensen, O. E. (2016). Drop spreading with random viscosity. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 472(2194), 20160270. <https://doi.org/10.1098/rspa.2016.0270>