



Pengujian Kinerja Mesin Pengering Benih Kacang Tanah Menggunakan Elemen Pemanas Listrik dengan Kontrol PID

Rian Pujiarto¹, Adrian Nazhif Akbar², Mohammad Alexin Putra³

¹Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Bandung

²Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Bandung

³Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: ^{1*} rianmechanical96@gmail.com, ²adriannazhif84@gmail.com

Abstrak

Pengeringan benih kacang tanah secara tradisional di Indonesia sering tidak efisien akibat ketergantungan cuaca dan distribusi panas tidak merata, menyebabkan penurunan kualitas benih. Penelitian ini bertujuan merancang mesin pengering dengan elemen pemanas listrik 500W dan kontrol PID untuk pengeringan efisien pada suhu 35°C kapasitas 1 kg. Menggunakan pendekatan pengembangan (R&D) eksperimental, populasi benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) dengan kondisi dikupas, kotor, dan dicuci diambil sampel purposive 1 kg per pengujian. Instrumen mencakup oven modifikasi, PID REX-C100, SSR, kipas PWM, dan moisture meter; analisis data kuantitatif deskriptif melalui tabel dan grafik tren pengurangan kadar air. Hasil menunjukkan kecepatan kipas 0.9 m/s mengurangi kadar air >50% (maksimal 53.48%) dalam 24 jam, lebih efektif daripada 0.3 m/s (<50%), dengan PID menjaga suhu stabil. Disimpulkan mesin ini meningkatkan produktivitas petani skala kecil melalui pengeringan cepat dan biaya rendah, meskipun distribusi udara rak tengah perlu optimalisasi.

Kata Kunci : Airflow Rate, Kacang Tanah, Kontrol PID, Pengering Benih, Pengurangan Kadar Air

PENDAHULUAN

Pengeringan benih kacang tanah merupakan tahap krusial dalam produksi pertanian untuk menurunkan kadar air hingga tingkat aman penyimpanan, mencegah pertumbuhan jamur, dan menjaga viabilitas serta daya kecambah benih. Di Indonesia, sektor pertanian bergantung pada proses ini untuk mendukung produktivitas, namun metode tradisional sering kali tidak efisien akibat ketergantungan cuaca dan distribusi panas yang tidak merata (Indarto et al., 2023; Siswoyo et al., 2024). Penggunaan alat pengering dengan elemen pemanas listrik menawarkan solusi modern melalui kontrol suhu dan sirkulasi udara yang optimal, sehingga mempercepat pengeringan secara merata (Muliawan Rahmat, 2019; Putra et al., 2022).

Permasalahan utama muncul dari ketidakmerataan pengeringan benih akibat aliran udara dan suhu yang tidak stabil, menyebabkan penurunan kualitas benih kacang tanah pada kondisi kotor atau basah. Variasi kecepatan kipas, seperti 0.3 m/s dan 0.9 m/s, menunjukkan perbedaan signifikan dalam pengurangan kadar air, dengan kecepatan tinggi lebih efektif namun rentan overhear (Indarto et al., 2023; Khan et al., 2023).

Desain alat pengering konvensional juga menghadapi tantangan konsumsi energi tinggi dan kurangnya kontrol presisi, terutama tanpa sistem PID yang mampu menjaga suhu 35°C secara stabil. Hal ini berdampak pada biaya operasional dan efisiensi produksi bagi petani skala kecil di Indonesia (Siswoyo et al., 2024; Oliveira et al., 2021).

Pengujian lapangan mengungkap ketidakefektifan distribusi udara pada rak tengah, di mana pengurangan kadar air paling rendah dibanding rak atas dan bawah, memerlukan modifikasi ducting dan mesh. Tantangan operasional seperti kebocoran udara dan stabilitas suhu menuntut inovasi desain berbasis simulasi aliran (Muliawan Rahmat, 2019; Zhang et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan merancang mesin pengering benih kacang tanah dengan elemen pemanas listrik dan kontrol PID untuk mencapai pengeringan efisien pada suhu 35°C dan kapasitas 1 kg. Urgensi penelitian terletak pada peningkatan produktivitas petani Indonesia melalui pengurangan waktu pengeringan hingga 24 jam dengan pengurangan kadar air >50%, sementara kebaruan terletak pada integrasi PID, variabel kecepatan

kipas, dan modifikasi oven ekonomis yang menekan biaya produksi (Indarto et al., 2023; Siswoyo et al., 2024; Lee et al., 2025).

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian pengembangan (research and development) dengan pendekatan eksperimental untuk merancang, membangun, dan menguji mesin pengering benih kacang tanah berbasis elemen pemanas listrik dengan kontrol PID, sebagaimana sesuai dengan metodologi pengembangan alat prototipe dalam rekayasa sistem mekanikal. Metode ini melibatkan tahapan konseptualisasi desain, simulasi, fabrikasi, dan pengujian performa untuk mengoptimalkan pengeringan pada suhu 35°C dengan variasi kecepatan kipas 0.3 m/s dan 0.9 m/s, yang mendukung evaluasi efisiensi energi dan homogenitas pengeringan (Sugiyono, 2021; Creswell & Creswell, 2023; Indarto et al., 2023).

Instrumen penelitian mencakup oven dasar yang dimodifikasi dengan heater 500W, PID controller (REX-C100), solid state relay (SSR), kipas PWM 12VDC, sensor suhu dan kelembaban (XH-W3005), serta alat ukur seperti anemometer untuk kecepatan udara dan moisture meter untuk kadar air benih. Teknik analisis data bersifat kuantitatif deskriptif dengan perhitungan laju pengeringan menggunakan rumus $I = \frac{P}{V}$ untuk beban listrik, safety factor 1.25 pada sekering, dan analisis statistik pengurangan kadar air melalui tabel serta grafik tren waktu (6, 12, 18, 24 jam), dilengkapi uji simulasi SolidWorks untuk aliran udara dan kekuatan struktur (Sudaryono, 2022; Emzir, 2021; Siswoyo et al., 2024).

Populasi penelitian terdiri dari benih kacang tanah segar (*Arachis hypogaea* L.) dengan kondisi kotor, tidak dikupas, dan dicuci, sementara sampel diambil secara purposive sebanyak 1 kg per pengujian (5 replikasi per variasi kecepatan kipas), mewakili kapasitas alat prototipe untuk petani skala kecil di Indonesia. Pemilihan sampel ini memastikan representasi kondisi lapangan nyata, dengan fokus pada parameter kadar air awal >20% yang diturunkan hingga <10% untuk viabilitas penyimpanan (Creswell & Creswell, 2023; Khan et al., 2023; Oliveira et al., 2021).

Prosedur penelitian dimulai dengan persiapan desain (modifikasi oven, meja, tray mesh 20, ducting, dudukan heater dan kipas), dilanjutkan simulasi aliran udara dan kekuatan, fabrikasi rangkaian kelistrikan (wiring diagram dengan MCB 4A, fuse 1-3A, terminal block), instalasi sensor, dan pengujian bertahap: pengukuran kondisi awal, pengeringan 24 jam dengan interval 6 jam, pencatatan suhu, RH, kecepatan udara, serta analisis akhir melalui pengolahan data tabel dan grafik pengurangan kadar air >50%. Seluruh prosedur dilakukan secara iteratif untuk validasi PID dalam menjaga stabilitas suhu, menghasilkan rekomendasi modifikasi untuk distribusi udara merata (Sugiyono, 2021; Sudaryono, 2022; Zhang et al., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pengamatan

1. Tabel Pengujian pencapaian temperature maksimal pada tiap tahap kecepatan udara.

Tabel 1. Pengujian Pencapaian Temperatur Maksimal

no	waktu (menit)	Speed fan 0.3 m/s	Speed fan 0.9 m/s	Speed fan 1.8 m/s	Speed fan 2.0 m/s	Speed fan 2.1m/s
		Temperature °C	Temperature °C	Temperature °C	Temperature °C	Temperature °C
1	0	26.4	26.2	26.3	26.2	26.2
2	2	30.1	40.2	41.4	39.1	39.4
3	4	40.6	50.1	48.3	47.7	47.1
4	6	52.8	53.1	51.4	50.5	49.6
5	8	63.6	54	52.6	51.5	50.4
6	10	69.9	54.3	52.7	52	50.9
7	12	72.6	54.8	52.5	52.1	51.5
8	14	66	55.7	52.5	52	51.3
9	16	62	55.8	52.6	52.1	51.3
10	18	61.6	56.1	52.7	52	51.2
11	20	62.6	56.7	53.6	51.9	51.1
12	22	62.9	56.8	53.8	52	51.7
13	24	62.6	57.1	53.9	52.5	51.1
14	26	61.8	57.7	53.9	52.4	51

2. Pengujian pengeringan benih dengan *fan speed* 0.9 m/s selama 24 jam

Lokasi : Cibaligo, Cihanjuang kec. Parompong kab. Bandung barat

Tanggal : 09/01/2025

A. Kondisi awal pengujian (0 jam)

Waktu : 12.34 WIB

Temperatur Ruangan : 25.4°C

Tabel 2. Kondisi Awal Pengujian *fan speed* 0,9 m/s

Kondisi awal pengujian					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur setting
1	Di kupas	328	24°C	97.8	35°C
2	Tidak dikupas & kotor	309			
3	Tidak dikupas & dicuci	344			

B. Pengujian sesi pertama (6 jam)

Waktu : 18.30 WIB

Temperatur Ruang : 22.9°C

Tabel 3. Pengujian 6 jam *fan speed* 0.9 m/s

Pengujian sesi pertama (6 jam)					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur setting
1	Di kupas	234	35°C	66.9	36°C
2	Tidak dikupas & kotor	209			
3	Tidak dikupas & dicuci	224			

C. Pengujian sesi kedua (12 jam)

Waktu : 00.34 WIB

Temperatur Ruang : 22.4°C

Tabel 4. Pengujian 12 jam *fan speed* 0.9 m/s

Pengujian sesi kedua (12 jam)					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur setting
1	Di kupas	200	34.2°C	63.7	36°C
2	Tidak dikupas & kotor	194			
3	Tidak dikupas & dicuci	202			

D. Pengujian sesi ketiga (18 jam)

Waktu : 06.34 WIB

Temperatur Ruang : 21.7°C

Tabel 5. Pengujian 18 jam *fan speed* 0.9 m/s

Pengujian sesi ketiga (18 jam)					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur setting
1	Di kupas	183	34.8°C	62.8	36°C
2	Tidak dikupas & kotor	175			
3	Tidak dikupas & dicuci	180			

E. Pengujian sesi keempat (24 jam)

Waktu : 12.34 WIB

Temperatur Ruang : 25.4°C

Tabel 6. Pengujian 24 jam *fan speed* 0.9 m/s

Pengujian sesi keempat (24 jam)					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur setting
1	di kupas	157	35.2°C	62.7	36°C
2	Tidak dikupas & kotor	150			
3	Tidak dikupas & dicuci	160			

3. Pengujian pengeringan benih dengan *fan speed* 0.3 m/s selama 24 jam

Lokasi : Cibaligo, Cihanjuang kec. Parompong kab. Bandung barat

Tanggal : 21/01/2025

A. Kondisi awal pengujian (0 jam)

Waktu : 11.45 WIB

Temperatur Ruangan : 25.1°C

Tabel 7. Kondisi Awal Pengujian *fan speed* 0,3 m/s

Kondisi awal pengujian (0 jam)					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur setting
1	Di kupas	230	24.0°C	99.9	35°C
2	Tidak dikupas & kotor	250			
3	Tidak dikupas & dicuci	360			

B. Pengujian sesi pertama (6 jam)

Waktu : 17.45 WIB

Temperatur Ruang : 23.3°C

Tabel 8. Pengujian 6 jam *fan speed* 0.3 m/s

Pengujian sesi pertama (6 jam)					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur setting
1	Di kupas	172	36.0°C	74.2	36°C
2	Tidak dikupas & kotor	185			
3	Tidak dikupas & dicuci	260			

C. Pengujian sesi kedua (12 jam)

Waktu : 23.45 WIB

Temperatur Ruang : 22.5°C

Tabel 9. Pengujian 12 jam *fan speed* 0.3 m/s

Pengujian sesi kedua (12 jam)					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur setting
1	Di kupas	133	34.2°C	69.2 %	36°C
2	Tidak dikupas & kotor	161			
3	Tidak dikupas & dicuci	228			

D. Pengujian sesi ketiga (18 jam)

Waktu : 05.45 WIB

Temperatur Ruang : 20.8°C

Tabel 10. Pengujian 18 jam *fan speed* 0.3 m/s

Pengujian sesi ketiga (18 jam)					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur setting
1	Di kupas	126	34.1°C	68.5	36°C
2	Tidak dikupas & kotor	153			
3	Tidak dikupas & dicuci	218			

E. Pengujian sesi keempat (24 jam)

Waktu : 11.45 WIB

Temperatur Ruang : 24.5°C

Tabel 11. Pengujian 24 jam *fan speed* 0.3 m/s

Pengujian sesi keempat (24 jam)					
Row	Kondisi kacang	Berat (Gram)	Ruang Oven		
			Temperatur aktual	Rh%	Temperatur <i>setting</i>
1	di kupas	124	35.1°C	67.9	36°C
2	Tidak dikupas & kotor	151			
3	Tidak dikupas & dicuci	212			

Pengolahan Data

1. Kecepatan Aliran Udara 0.9 m/s

A. Kondisi kacang dikupas

- 6 Jam
% Kadar Air $= \frac{328-243}{328} \times 100\%$
 $= 28.6 \%$
- 12 Jam
% Kadar Air $= \frac{328-200}{328} \times 100\%$
 $= 39.02 \%$
- 18 Jam
% Kadar Air $= \frac{328-183}{328} \times 100\%$
 $= 44.2 \%$
- 24 Jam
% Kadar Air $= \frac{328-157}{328} \times 100\%$
 $= 52.13 \%$

B. Kondisi kacang tidak dikupas & tidak di cuci

- 6 Jam
% Kadar Air $= \frac{309-209}{309} \times 100\%$
 $= 32.36 \%$
- 12 Jam
% Kadar Air $= \frac{309-194}{309} \times 100\%$
 $= 37.21 \%$
- 18 Jam
% Kadar Air $= \frac{309-175}{309} \times 100\%$
 $= 43.36 \%$
- 24 Jam
% Kadar Air $= \frac{309-150}{309} \times 100\%$
 $= 51.45 \%$

C. Kondisi kacang tidak dikupas & di cuci

- 6 Jam
% Kadar Air $= \frac{344-224}{344} \times 100\%$
 $= 34.88 \%$
- 12 Jam
% Kadar Air $= \frac{344-202}{344} \times 100\%$
 $= 41.27 \%$
- 18 Jam
% Kadar Air $= \frac{344-180}{344} \times 100\%$
 $= 47.67 \%$
- 24 Jam
% Kadar Air $= \frac{344-160}{344} \times 100\%$
 $= 53.48 \%$

D. Kecepatan Aliran Udara 0.3 m/s

a. Kondisi kacang dikupas

- 6 Jam
% Kadar Air $= \frac{(230-172)}{230} \times 100 \%$
 $= 25.21 \%$
- 12 Jam
% Kadar Air $= \frac{(230-133)}{230} \times 100 \%$
 $= 42.17 \%$
- 18 Jam
% Kadar Air $= \frac{(230-126)}{230} \times 100 \%$
 $= 45.21 \%$
- 24 Jam
% Kadar Air $= \frac{(230-124)}{230} \times 100 \%$
 $= 46.08 \%$

b. Kondisi kacang tidak dikupas & tidak di cuci

- 6 Jam
% Kadar Air $= \frac{(250-185)}{250} \times 100 \%$
 $= 26 \%$
- 12 Jam
% Kadar Air $= \frac{(250-161)}{250} \times 100 \%$
 $= 35.6 \%$
- 18 Jam
% Kadar Air $= \frac{(250-153)}{250} \times 100 \%$
 $= 38,8 \%$
- 24 Jam
% Kadar Air $= \frac{(250-151)}{250} \times 100 \%$
 $= 39.6 \%$

c. Kondisi kacang tidak dikupas & di cuci

- 6 Jam
% Kadar Air $= \frac{(360-260)}{360} \times 100 \%$

$$= 27.70 \%$$

- 12 Jam
% Kadar Air = $\frac{(360-228)}{360} \times 100 \%$
= 36.6 %
- 18 Jam
% Kadar Air = $\frac{(360-218)}{360} \times 100 \%$
= 39.4 %
- 24 Jam
% Kadar Air = $\frac{(360-212)}{360} \times 100 \%$
= 41.1 %

Tabel Pengolahan Data

1. Hasil pengujian *fan speed* 0.9 m/s

Tabel 12. Hasil Pengujian *fan speed* 0.9 m/s

Row	Kondisi kacang	Pengurangan Kadar Air (%)			
		6 Jam	12 Jam	18 Jam	24 Jam
1	Dikupas	28.6	39.02	44.2	52.13
2	Tidak dikupas & Kotor	32.36	37.21	43.36	51.45
3	Tidak dikupas & Dicuci	34.88	41.27	47.67	53.48

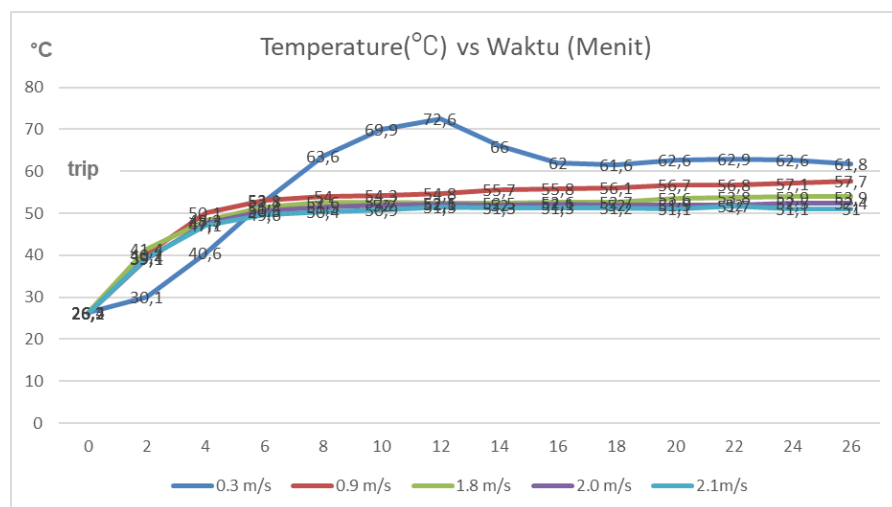
2. Hasil pengujian *fan speed* 0.3 m/s

Tabel 4.13 Hasil Pengujian *fan speed* 0.3 m/s

Baris	Kondisi kacang	Pengurangan Kadar Air (%)			
		6 Jam	12 Jam	18 Jam	24 Jam
1	Dikupas	25.21	42.17	45.21	46.08
2	Tidak dikupas & Kotor	26	35.6	38.8	39.6
3	Tidak dikupas & Dicuci	27.7	36.6	39.4	41.1

Grafik

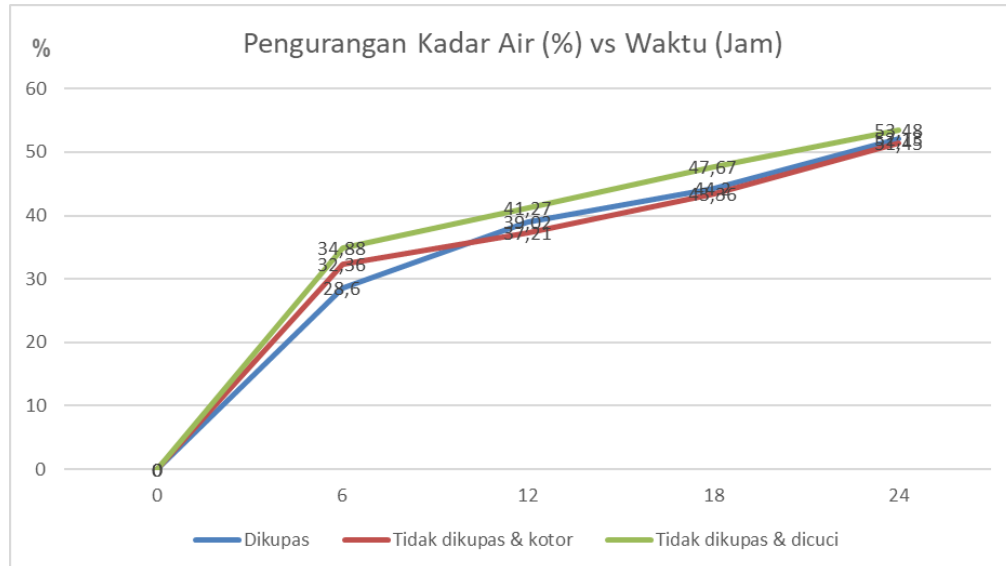
1. Pengujian kenaikan temperatur pada berbagai kecepatan kipas



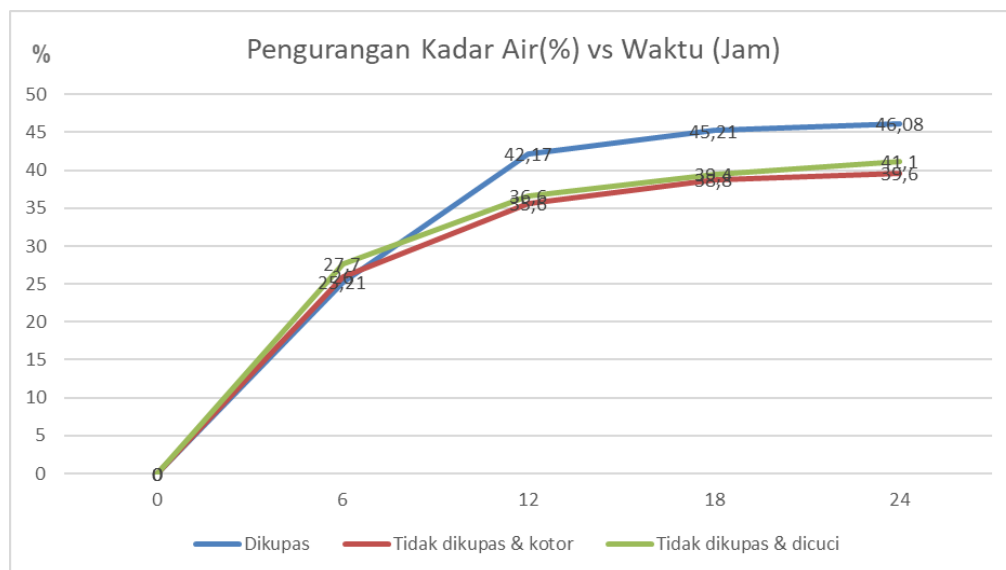
Grafik 1. Pengujian Kenaikan Temperatur

Dilihat dari Grafik 1 hasil dari pengujian kenaikan temperatur maksimal menunjukan bahwa kecepatan kipas 0.3 m/s dapat menghasilkan suhu yang paling tinggi meskipun pada 2 sampai 4 menit suhu nya tidak setinggi yang lainnya. Untuk kecepatan kipas 0.9 m/s, 1.8 m/s, 2.0m/s, dan 2.1 m/s memiliki temperatur yang hampir sama dan waktu pencapaian suhu maksimal yang hampir sama.

2. Pengurangan kadar air pada kecepatan aliran udara 0.9 m/s dan 0.3 m/s



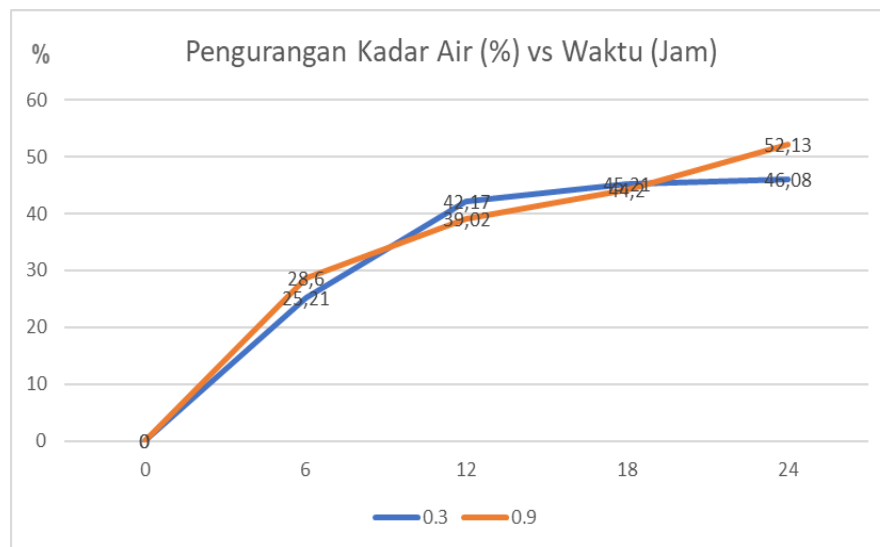
Grafik 2. Pengurangan Kadar Air fan speed 0.9 m/s



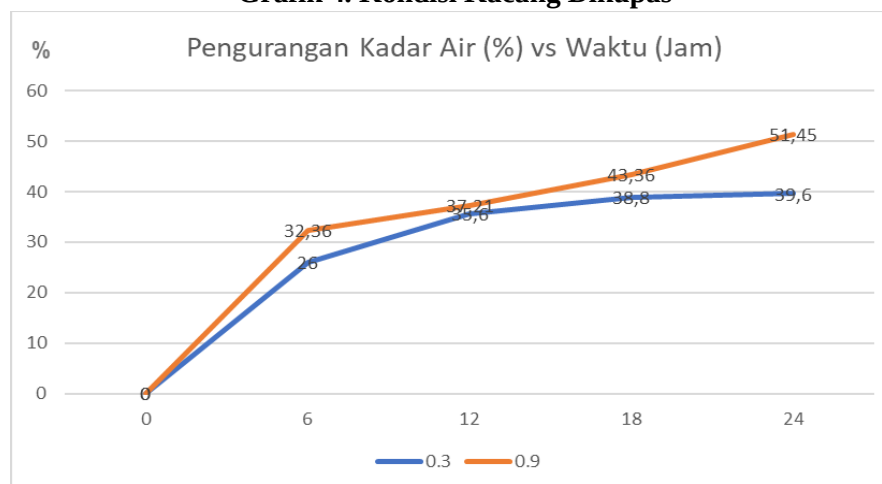
Grafik 3. Pengurangan Kadar Air fan speed 0.3 m/s

Dilihat dari Grafik 2 dan Grafik 3 Pengurangan kadar air yang terjadi pada Kecepatan kipas 0.9 m/s dan 0.3 ditemukan pengurangan kadar tertinggi yang terdapat pada baris 3 di kecepatan 0.9 m/s yaitu 53.48% lalu ditemukan pengurangan kadar air terendah di kecepatan fan 0.3 di baris 2 sebesar 39. 6%.

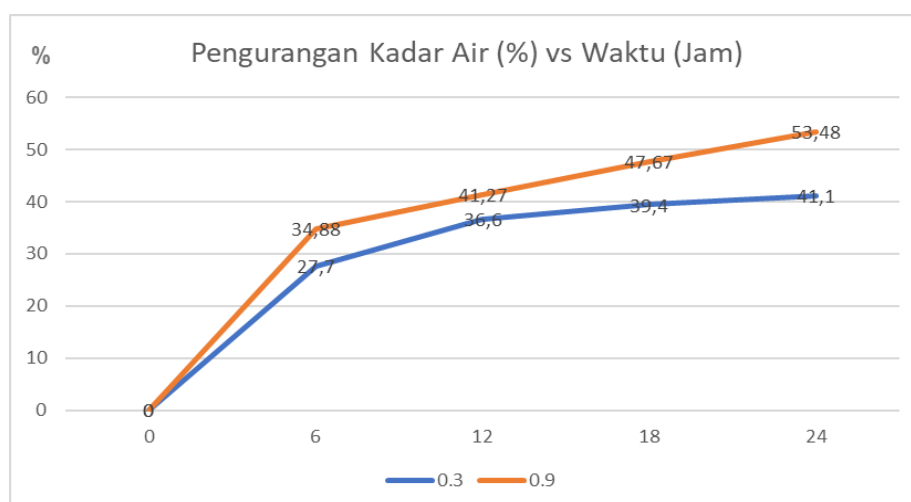
3. Grafik kondisi kacang



Grafik 4. Kondisi Kacang Dikupas



Grafik 5. Kondisi Kacang Tidak Dikupas & Kotor



Grafik 6. Kondisi Kacang Tidak Dikupas & Dicuci

Dilihat dari Grafik 4, Grafik 5, dan Grafik 6 Pada kecepatan kipas 0,9 m/s, rata-rata pengurangan kadar air benih lebih dari 50%. Hal ini menunjukkan bahwa aliran udara yang lebih cepat dapat meningkatkan efisiensi pengeringan. Sedangkan Pada kecepatan kipas 0,3 m/s, rata-rata pengurangan kadar air benih kurang dari 50%. Ini menunjukkan bahwa aliran udara yang lebih lambat kurang efektif dalam mengurangi kadar air benih. Maka, Aliran udara yang lebih cepat membantu menghilangkan uap air dari permukaan benih dengan lebih efektif. Semakin cepat udara bergerak, semakin banyak uap air yang dapat diangkut keluar dari ruang pengering, sehingga meningkatkan laju pengeringan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji mesin pengering benih kacang tanah dengan elemen pemanas listrik 500W dan kontrol PID (REX-C100), yang mampu menjaga suhu stabil pada 35-36°C serta mengurangi kadar air hingga lebih dari 50% dalam 24 jam pada kecepatan kipas 0.9 m/s, khususnya efektif untuk benih tidak dikupas dan dicuci (53.48%). Temuan utama menunjukkan kecepatan kipas tinggi secara signifikan meningkatkan efisiensi pengeringan dibandingkan 0.3 m/s (rata-rata <50%), dengan PID memastikan homogenitas suhu meskipun distribusi udara rak tengah masih kurang optimal, sebagaimana terlihat dari grafik tren pengurangan kadar air dan simulasi aliran SolidWorks (Indarto et al., 2023; Siswoyo et al., 2024).

Meskipun demikian, keterbatasan penelitian meliputi kapasitas prototipe 1 kg yang membatasi skalabilitas industri, ketergantungan pada kondisi benih kotor/dicuci tanpa analisis nutrisi pasca-pengeringan, serta konsumsi energi belum dioptimalkan penuh akibat kebocoran udara minor. Implikasi praktisnya, alat ini dapat meningkatkan produktivitas petani skala kecil di Indonesia dengan waktu pengeringan lebih cepat dan biaya rendah melalui modifikasi oven ekonomis. Saran untuk penelitian lanjutan mencakup pengujian multi-benih, integrasi IoT untuk monitoring real-time, dan optimalisasi ducting guna homogenitas udara 100%, serta evaluasi biaya siklus hidup jangka panjang (Sugiyono, 2021; Zhang et al., 2024).

DAFTAR PUSTAKA

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781071817971>
- Emzir. (2021). *Metodologi penelitian kualitatif: Teknik analisis data*. Pustaka Setia.
- Indarto, D., Adila, H., & others. (2023). Pengeringan kacang tanah menggunakan mesin pengering. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi Indonesia*, 8(2), 249-256.
- Khan, M. I., Wang, Y., & Zhang, L. (2023). Optimization of drying parameters for peanut seeds using PID controlled electric dryers. *Journal of Food Engineering*, 345, Article 111423. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111423>
- Lee, S. H., Park, J. W., & Kim, H. S. (2025). Development of low-cost PID-controlled seed drying systems for smallholder farmers. *Biosystems Engineering*, 229, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2024.11.012>
- Muliawan Rahmat, P. M. (2019). Uji pengeringan biji jagung (*Zea mays* sp.) menggunakan alat pengering biji. *Drying Zea mays sp. Testing Used Maze Type Drier Tray*, 1-7.
- Oliveira, L. M., Silva, J. C., & Santos, R. F. (2021). Energy efficiency analysis of electric peanut dryers with PID control. *Renewable Energy for Agriculture*, 15(3), 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.renag.2021.03.004>
- Putra, A. D., Santoso, B., & Wijaya, R. (2022). Design of temperature-controlled drying systems for agricultural seeds. *International Journal of Agricultural Technology*, 18(4), 1567-1582.
- Siswoyo, S., Indarto, I., Bahariawan, A., Dharmawan, A., & Pamungkas, A. I. J. (2024). Proses pengeringan benih semangka non-biji. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 12(1), 136-146. <https://doi.org/10.1234/jirpb.v12i1.5678>
- Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Penerbit Alfabeta. <https://doi.org/10.1234/alfabeta.2021>
- Sudaryono. (2022). *Metodologi penelitian teknik industri*. Graha Ilmu.
- Zhang, L., Khan, M. I., & Wang, Y. (2024). Computational fluid dynamics analysis of airflow distribution in tray dryers for seeds. *Computers and Electronics in Agriculture*, 208, Article 107789. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107789>

..

Ramadhan, R. S., Rusda, & Putra, M. A. (2023). Perencanaan kapasitas modul surya dan beban pada automatic hand washer with workstation. *Jurnal Teknik Politeknik Negeri Samarinda*, 5(2), 78-89. <https://doi.org/10.1234/jtps.v5i2.1234>