



## ANALISIS TEKNIS TERHADAP RANCANGAN AWAL *MINI SILO DRYER* SUMBER PANAS LPG PADA PENGERINGAN GABAH

### *TECHNICAL ANALYSIS OF THE INITIAL DESIGN OF MINI SILO DRYER BY USING LPG AS HEAT SOURCE IN GRAIN DRYING*

Muhammad Iqbal Abdi Lubis<sup>1\*</sup>, Fadli Irsyad<sup>1</sup>, Renny Eka Putri<sup>1</sup>, Halimatus Syahdia Hasibuan<sup>2</sup>, Syahrizal Lubis<sup>3</sup>, Rapon Anam<sup>3</sup>, Annisa Lestari Simanjuntak<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

<sup>2</sup>Departemen Budidaya Tanaman Perkebunan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

<sup>3</sup>Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

\*Penulis Korespondensi: [miqbalabdi@ae.unand.ac.id](mailto:miqbalabdi@ae.unand.ac.id)

#### ABSTRAK

Produksi gabah kering giling di Sumatera Barat kerap terkendala pada saat musim penghujan karena dilakukan secara manual dengan memanfaatkan sinar matahari. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal ini adalah dengan penerapan teknologi pengeringan yakni alsintan pengering gabah *tipe mini silo dryer dengan lengan pengaduk sebagai sumber panas dalam ruang pengering*. Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Juni hingga September 2023, dengan metode eksperimen. Rancang bangun *mini silo dryer* dilakukan dalam beberapa tahap, mulai dari pembuatan bak penampung gabah (*silo*) dan pengaduk pengering gabah. Proses ini akan disempurnakan apabila ternyata dalam hal pengujian teknis alatnya mengalami kendala. Hasil penelitian ini mealhinkan sebuah inovasi baru berupa alat pengering gabah *tipe mini silo dryer* dengan lengan pengaduk yang berfungsi untuk membalik gabah guna mengoptimalkan proses pengeringan, sekaligus penghantar udara panas kering (*hot dry air*) yang dihembuskan oleh *blower* dari ruang pembakaran (dengan prinsip konveksi paksa). Analisis teknis terhadap rancangan awal *mini silo dryer* sumber panas LPG pada pengeringan gabah ini membutuhkan waktu sebesar 14,5 jam untuk mengeringkan gabah dari kadar air 19,6%; 20,6%; dan 19,9% menjadi 13,9%; 14,1%; dan 13,8% dengan kapasitas kerja efektif alat sebesar 1,724 kg/jam. Pengembangan alat ini masih diperlukan untuk mendapatkan waktu pengeringan yang lebih minimum dan peningkatan kapasitas kerja efektif alat.

**Kata kunci:** *bilangan Reynold, bilangan Prandtl, fluida, konveksi paksa*

#### ABSTRACT

The production of dry milled grain in West Sumatra is often constrained during the rainy season, because it is done manually by utilizing sunlight. Efforts that can be made to solve it by applying the drying technology, namely a grain dryer type *mini silo dryer with stirring arm as a heat source in the drying room*. This research has been conducted from June to September 2023, using experimental methods. The design of the *mini silo dryer* is carried out in several stages, starting from the manufacture of the main silo and the grain dryer stirrer. This process will be perfected if it turns out that in terms of technical testing the tool has problems. The results of this study revealed a new innovation in the form of a *mini silo dryer type grain dryer with a stirring arm that functions to flip the grain to optimize the drying process*, as well as a conductor of hot dry air blown by the blower from the combustion chamber (with the principle of forced convection). Technical analysis of the initial design of LPG heat source *mini silo dryer* in grain drying took 14.5 hours to dry the grain from moisture content of 19.6%; 20.6%; and 19.9% to 13.9%; 14.1%; and 13.8% with an effective working capacity of 1.724 kg/hour. The development of this tool is still needed to obtain minimum drying time and increase the effective working capacity of the tool.

**Keywords:** *fluids, forced convection, Prandtl number, Reynold number.*

## PENDAHULUAN

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi di yang menempati urutan kelima dalam hal capaian produksi padi tahun 2022 (1.422.874 ton) di Pulau Sumatera, yang lebih rendah sekitar 7,19% angka produksinya dari provinsi Aceh yang hanya memiliki luas panen 276.622,14 ha (BPS, 2022). Selanjutnya, jika dibandingkan dengan luas panen tanaman padi tahun 2020 mengalami penurunan sebesar 7,87% pada tahun 2021 dan produksi panen padi tertinggi diperoleh pada salah satu daerah yakni kabupaten Tanah Datar sejumlah 182.566,15 ton (BPS Sumbar, 2022). Berdasarkan fakta ini, perhatian pemerintah harus dapat lebih dipertajam, sebab di lain sisi populasi penduduk kian meningkat dan akan berbanding lurus dengan kebutuhan bahan pangan terutama beras.

Beras sebagai hilirisasi produk utama dari gabah telah menjadi pangan utama (konsumsi) manusia telah diprediksi senantias mengalami peningkatan hingga tahun 2030 mencapai 873 Mt atau setara 1,60 kali dari tahun 2000 (Lubis *et al.*, 2021). Laju konsumsi yang kian naik ini tidak dapat terpenuhi jika produksi beras tidak dipenuhi. Menurut BPS (2023) laju konsumsi beras (red. nasi) perkapita per pekan adalah 30,161 kg atau setara dengan 8.846.605 ton dalam setahun (6 kali lebih besar dari jumlah produksi GKG di Sumatera Barat). Produksi GKG di Sumatera Barat kerap terkendala pada saat musim penghujan, yakni gabah basah tidak dapat dikeringkan secara optimal karena rata-rata pengeringan padi di masyarakat/kelompok tani dilakukan secara manual, yakni pada lantai jemur yang mengandalkan sinar matahari. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal ini adalah penerapan teknologi pengeringan.

Teknologi pengeringan merupakan solusi alternatif untuk masalah petani Sumatera Barat. Teknologi pengering telah banyak digunakan dengan berbagai jenis dan cara kerjanya. Baik penerapannya pada produk pertanian dan bahan pangan, turunan produk perkebunan, maupun produk non pangan, mulai dari skala rumah tangga hingga skala industri. Beberapa diantaranya adalah alat pengering gabah tipe DMP-1 (Sari, 2017), alat pengering hasil pertanian tipe rak berputar (Sukmawaty *et al.*, 2019), alat pengering biji kakao tipe *tray* berputar (Johanes *et al.*, 2020), mesin pengering larutan dengan metode *spray dryer type up draft* (Setyadi *et al.*, 2020), alat pengering bahan makanan berbasis *wings drying system* dengan dua sumber panas (Puswadi dan Sunyoto, 2021), *vertical dryer* untuk pengeringan gabah (Kanzah, 2022), dan alat pengering terowongan tipe *Hohenheim Aceh* (Khatir *et al.*, 2022).

Teknologi pengering untuk produk pertanian (gabah) masih perlu dikembangkan dan penerapannya dalam skala menengah ke bawah perlu ditelaah lebih jauh, sehingga akan memberikan dampak peningkatan kesejahteraan kepada masyarakat baik secara teknis dan ekonomi. Momentum pengembangan teknologi pengering inilah yang akan penulis manfaatkan untuk merancang sebuah teknologi pengering yakni alsintan pengering gabah *tipe mini silo dryer dengan lengan pengaduk sebagai sumber panas dalam ruang pengering*. Tujuan penelitian ini untuk mendesain sebuah teknologi pengering dengan konsep pengeringan yang baru dan diuji kelayakannya berdasarkan parameter pengujian teknis yang selanjutnya dijelaskan pada metode penelitian dalam artikel ini.

## METODE PENELITIAN

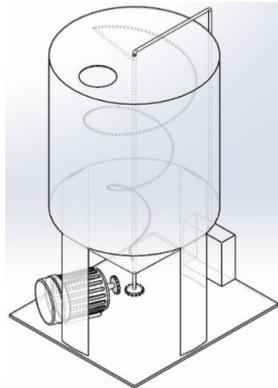
Penelitian ini telah dilakukan dengan metode eksperimen sejak Juni hingga September 2023. Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang peneliti lakukan untuk kemudian akan dikembangkan seterusnya hingga tiga tahun ke depan. Adapun bahan dan alat, rancangan penelitian, dan metode pengambilan data yang dilakukan penulis dijelaskan secara terperinci dalam sub-bab terpisah pada bab ini.

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan untuk membuat mini silo dryer diantaranya besi plat 4 mm; besi plat 1mm; besi siku 4 mm; besi pipa Ø 2 inci; besi as Ø 1 inci, tebal 3mm; besi pipa galvanis Ø 1 inch, tebal 2 mm; L-bow Ø 1 inci; blower 1 inci; hot plate konduktor ruang pemanas; *black stone* konduktor ruang pemanas; *exhaust fan* 4 inci; *bevel gear*; elektromotor 0,75 hP; 1 set kompor gas sebagai sumber panas. Sedangkan bahan yang digunakan untuk pengujian *mini silo dryer* adalah gabah basah dari petani setempat. Adapun peralatan laboratorium yang digunakan pada saat pengujian mini silo dryer diantaranya adalah timbangan, oven, *thermo-gun*, dan *stopwatch*.

### Rancangan Penelitian

Rancang bangun *mini silo dryer* dilakukan dalam beberapa tahap, mulai dari pembuatan bak penampung gabah (*silo*) dan pengaduk pengering gabah. Proses ini akan disempurnakan apabila ternyata dalam hal pengujian teknis alatnya mengalami kendala. Rancangan penelitian *mini silo dryer* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan *Mini Silo Dryer*

### Parameter Uji Teknis

Tahapan selanjutnya setelah *mini silo dryer* selesai dibuat, maka langkah berikutnya melakukan uji teknis untuk menentukan kelayakan alat ini. Data pengujian yang harus dikumpulkan meliputi: suhu sebelum dan setelah tungku pemanas dinyalakan pada pangkal pipa penyalur panas serta pangkal dan ujung batang pengaduk ( $^{\circ}\text{C}$ ), waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan panas hingga sampai ke batang pengaduk (jam), dan massa gabah yang dapat ditampung pada *mini silo dryer* (kg). Setelah data tersebut di atas diperoleh maka langkah selanjutnya adalah melakukan beberapa parameter pengujian teknis terhadap alat seperti: kapasitas kerja efektif alat (KKE), laju perpindahan panas ( $q$ ), kadar air gabah dalam % (KA), dan total waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar air gabah dalam jam (t).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah menghasilkan sebuah inovasi teknologi pengering dengan udara panas yang dialirkan menuju ruang utama (*silo*) melalui batang pengaduk yang terhubung dari ruang panas, dimana batang pengaduk yang dibuat dengan tujuan untuk membantu proses pengadukan gabah, sehingga akan mampu mengoptimalkan pengeringan terhadap gabah. *Mini silo dryer* ini telah dianalisis sejak awal dibuat, dimana rencana awal proses transfer panas hanya memanfaatkan perpindahan panas secara konduksi, namun hal ini tidak memberikan hasil sesuai keinginan penulis. Sehingga, berdasarkan hal ini terjadi perubahan sistem transfer panas yang digunakan, dari semula sistem konduksi menjadi sistem konveksi paksa. Hal ini berdampak terhadap perubahan bentuk alat dari yang semula seperti pada Gambar 1 menjadi Gambar 2.



Gambar 2. *Mini Silo Dryer*

Jika kita bandingkan Gambar 2 dengan gambar sebelumnya (Gambar 1) dapat kita lihat perbedaan mendasar adalah pada letak ruang pembakarannya. Masing-masing notasi pada alat *mini silo dryer* di atas dirincikan sebagai berikut: **a)** ruang pengering utama (*silo*) berfungsi sebagai tempat pengering gabah; **b)** ruang pembakaran/pemanas berfungsi sebagai tempat penyimpanan sumber panas dari hasil pembakaran LPG melalui kompor; **c)** *blower* sebagai alat bantu penghembus udara panas di ruang pembakaran; **d)** pipa yang bertujuan sebagai sarana penyalur udara panas yang dialirkan dengan prinsip konveksi paksa oleh *blower* menuju spiral pengaduk yang ada di dalam *silo*; **e)** *exhaust fan* berguna untuk melepaskan uap air dari gabah ke lingkungan; **f)** *inlet* untuk memasukkan gabah; **g)** *outlet* tempat keluarnya gabah yang telah dikeringkan; **h)** mesin berfungsi untuk memutar spiral pengaduk; dan **i)** tatakan sebagai tempat meletakkan kompor gas yang akan memanaskan ruang pemanas/pembakaran.

### Laju Perpindahan Panas ( $q$ )

Laju perpindahan panas penting untuk diketahui sebagai parameter untuk menentukan efisiensi penyaluran energi panas. Nilai kecepatan aliran panas (konveksi paksa) pada penelitian ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

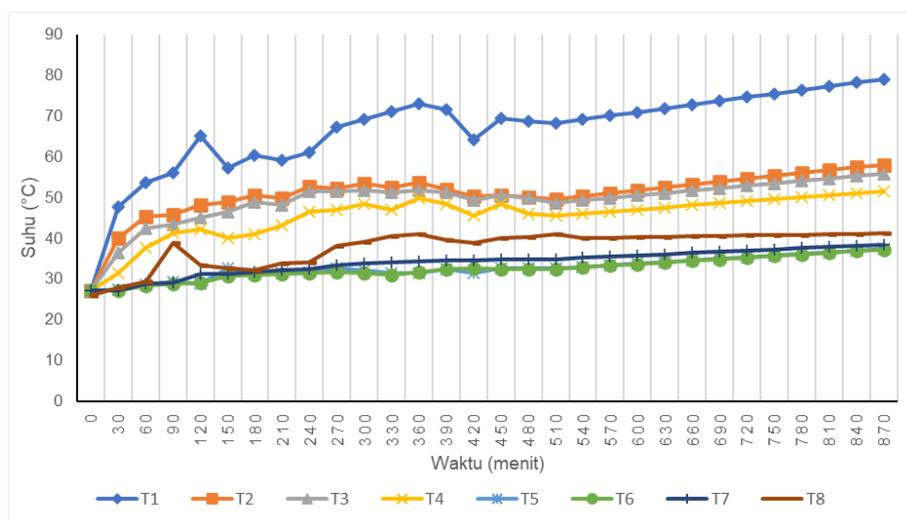
$$q = -\bar{h}A(T_s - T_w) \dots\dots\dots (1)$$

dimana  $q$  adalah laju perpindahan panas secara konveksi (W),  $\bar{h}$  adalah koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )  $A$  adalah luas penampang/silinder ( $m^2$ ), dan  $T_s$  suhu dinding silinder yang diukur pada jarak tertentu ( $^\circ C$ ) dan  $T_w$  adalah suhu fluida yang dipaksa bergerak ( $^\circ C$ ). Sementara untuk  $\bar{h}$  dapat diselesaikan dengan mengacu pada persamaan 2 dan 3.

$$\bar{h} = 0,664 \times \frac{k}{L} \times Re^{0,5} \times Pr^{0,333} \dots\dots\dots (2)$$

$$Re = (v \times L) / \mu \dots\dots\dots (3)$$

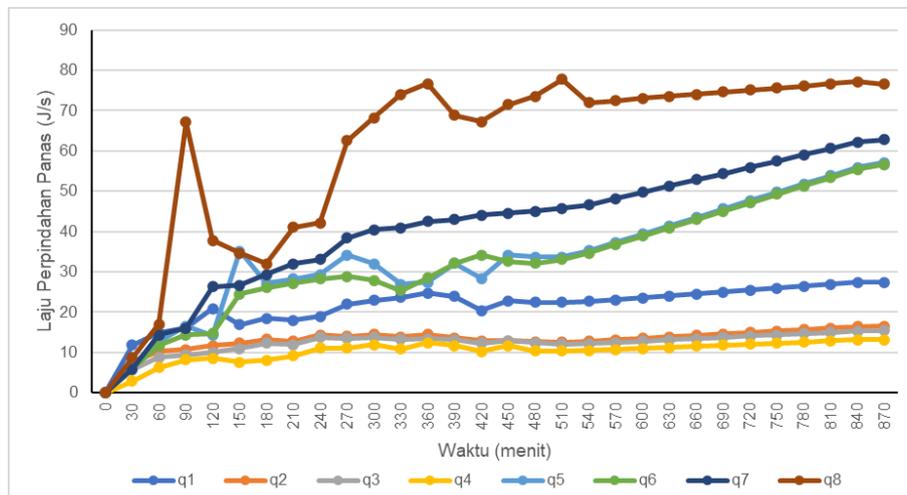
dimana  $k$  adalah konduktivitas termal ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ),  $L$  adalah panjang silinder (m),  $Re$  adalah bilangan Reynold,  $Pr$  adalah bilangan Prandtl,  $v$  adalah laju fluida (m/s), dan  $\mu$  adalah viskositas kinematis ( $m^2/s$ ). Pada penelitian ini udara yang dialirkan menuju ruang utama *mini vertical silo dryer* adalah udara kering (*hot dry air*) dan dianggap bahwa suhu yang dipaksa mengalir menuju ruang utama *mini vertical silo dryer* adalah vakum, sehingga beberapa nilai yang dibutuhkan dapat mengacu pada ketetapan sifat udara kering pada tekanan 1 atm. Adapun nilai laju perpindahan panas yang telah diukur sebagai analisis teknis terhadap rancangan awal *mini silo dryer* sumber panas LPG pada pengeringan gabah dalam penelitian ini tidak akan terlepas dari nilai perubahan suhu pada setiap titik pengujian yang dilakukan pada *mini silo dryer* dalam tiap 30 menit pengukuran. Nilai suhu terukur pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian Suhu di 8 Titik Uji pada Mini Silo Dryer

Berdasarkan Gambar 3 di atas terjadi kenaikan suhu pada setiap titik pengukuran (T1 sampai dengan T8). Meskipun, jika kita telaah kenaikan suhu pada setiap titik pengukuran senantiasa terjadi,

namun pada beberapa kondisi ada kenaikan yang signifikan kemudian terjadi penurunan yang cukup drastis pula. Misalnya saja yang cukup terlihat adalah pada T1 (berjarak 15 cm dari atap bagian atas sumber panas (ruang bakar)). Kenaikan yang cukup signifikan pada menit 120 dan berikutnya terjadi penurunan yang cukup signifikan pula pada menit 150. Berdasarkan catatan dan pengamatan penulis di lapangan, hal ini diakibatkan tabung LPG habis pada menit 127 dan baru selesai dilakukan pemasangan pada menit ke-144. Hal ini dikarenakan proses pemasangan yang kerap terjadi kebocoran gas pada kepala regulator saat pemasangan dan harus mengganti tabung gas dari yang semula dengan *bright gas* 5,5 kg dan diganti ke penggunaan tabung gas 3 kg yang dipinjam ke pihak penjual LPG terdekat, karena segala upaya telah dilakukan. Berikutnya, hal yang serupa juga terjadi pada menit ke 400, dimana tabung LPG 3 kg tadi habis dan harus digantikan kembali. Kenaikan suhu ini tentu membutuhkan energi dalam prosesnya, yang tidak lain adalah laju perpindahan panas (J/s). Energi yang dikeluarkan per detik paling rendah dalam hal perpindahan panas terdapat pada titik pengulangan ke 4 (Gambar 4). Hal ini karena pada titik ini fluktuasi perubahan panas yang paling stabil akibat pipa horizontal penghantar panas bagian ataslah yang menjadi titik pengukuran, sehingga pada titik pengujian ini membutuhkan efisiensi yang paling kecil. Sementara itu pada titik pengukuran 5 hingga 8 dilakukan pada silo utama, sehingga nilai energi yang dibutuhkan per detik untuk menaikkan suhu pada silo utama lebih besar, hal ini dikarenakan luas penampang yang lebih besar yakni 50 cm, sementara pada pipa penghantar udara panas kering hanya 2 inchi (5,08 cm).



Gambar 4. Analisis Laju Perpindahan Panas pada *Mini Silo Dryer*

### Kapasitas Kerja Efektif dan Kadar Air

Penelitian ini telah melakukan analisis kapasitas kerja efektif dan kadar air gabah guna menentukan seberapa efektif waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan gabah, dari kadar air semula menjadi kadar air yang diharapkan yakni  $\leq 14\%$  (SNI 01-6128-2008). Penelitian ini telah dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan, dengan rata-rata kadar air awal untuk setiap pengulangan adalah 19,6%; 20,6%; dan 19,9%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, total waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar air hingga mencapai standar yang diinginkan yakni 870 menit atau sekitar 14,5 jam. Masing-masing rata-rata kadar air yang diperoleh adalah 13,9%; 14,1%; dan 13,8%. Jika dilihat dari data hasil analisis di atas, pada ulangan ke-2 nilai kadar air masih di atas 14,1% akan tetapi hal ini sudah dapat diterima dan lebih baik jika dibandingkan pada penelitian Vera Duarte *et al.* (2021) dimana pada *top/surface layer* dan *middle-layer* diperoleh nilai masing-masing 19,4% dan 16,0% dan sudah lebih rendah pada penelitian Etoamaihe dan Udensi (2022) yang diperoleh sebesar 14,2%. Sementara untuk rata-rata ulangan 1 dan 3 nilai kadar air pada penelitian ini didapati lebih rendah masing-masing 0,1% dan 0,2% dari penelitian (Irawan dan Suhayat, 2020).

Analisis waktu pengeringan yang dibutuhkan pada penelitian ini masih lebih tinggi dari Etoamaihe dan Udensi (2022) yang hanya membutuhkan waktu 4 jam; 1,8 jam lebih tinggi jika dibandingkan dari pengeringan gabah tipe DMP-1 dengan penambahan batu alor (Sari, 2017), dan 6,5 jam lebih tinggi dari pengeringan biji-bijian (Nguyen *et al.*, 2016). Akan tetapi, alat ini mampu 0,5 jam lebih cepat dari pengeringan gabah (Kanzah, 20220, lebih cepat juga dari pengeringan gabah pada penelitian yang dilakukan Vera Duarte *et al.* (2021) yang membutuhkan waktu 48,1 hingga 59,4 jam, lebih cepat jika dibandingkan dengan pengeringan rak tipe berputar yang membutuhkan waktu 23 jam untuk mengeringkan produk pertanian (Sukmawaty *et al.*, 2019), lebih cepat jika dibandingkan

**Muhammad Iqbal Abdi Lubis, Fadli Irsyad, Renny Eka Putri, Halimatus Syahdia Hasibuan, Syahrizal Lubis, Rapon Anam, Annisa Lestari Simanjuntak; ANALISIS TEKNIS TERHADAP RANCANGAN AWAL MINI SILO DRYER SUMBER PANAS LPG PADA PENGERINGAN GABAH. Hal (11-17)**

dengan pengeringan kacang yang membutuhkan waktu 20 hingga 28 jam (Onifade *et al.*, 2016), serta lebih cepat dari alat pengering biji kopi yang membutuhkan total waktu 5 hari dengan total waktu pengeringan per hari adalah 10 jam hingga mencapai kadar air 12 – 15% (Siagian *et al.*, 2023). Selanjutnya, pada kapasitas kerja alat ini masih sangat rendah yakni hanya 1,724 kg/jam dan 5,22 kali lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian alat pengering skala ekonomis (Pratama *et al.*, 2021).

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil dilakukan dengan membuat sebuah inovasi baru yakni batang pengaduk yang berfungsi membalik gabah untuk mengoptimalkan proses pengeringan, sekaligus penghantar udara panas kering (*hot dry air*) yang dihembuskan oleh *blower* dari ruang pembakaran (dengan prinsip konveksi paksa). Analisis teknis terhadap rancangan awal *mini silo dryer* sumber panas LPG pada pengeringan gabah dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu sebesar 14,5 jam untuk mengeringkan gabah dari kadar air 19,6%; 20,6%; dan 19,9% menjadi 13,9%; 14,1%; dan 13,8% dengan kapasitas kerja efektif alat yang masih sangat rendah yakni sebesar 1,724 kg/jam. Seterusnya, alat ini masih perlu dikembangkan untuk mendapatkan waktu pengeringan yang lebih minimum dan perlu ditingkatkan kapasitas kerja efektif alat ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada seluruh tim dan para pihak yang telah membantu pada penelitian ini. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Andalas yang telah mendanai penelitian dengan skema Riset Dosen Pemula (RDP) dengan nomor kontrak T/23/UN16.19/PT.01.03/Pangan-RDP/2023.

## DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2022). *Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Menurut Provinsi*. <https://www.bps.go.id/indicator/53/1498/1/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-padi-menurut-provinsi.html>
- BPS. (2023). *Rata-rata Konsumsi Perkapita Seminggu Menurut Kelompok Buah-Buahan Per Kabupaten kota*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Etoamaihe, U. J., & Udensi, N. K. (2022). DESIGN AND FABRICATION OF GRAIN DRYER UTILIZING CHARCOAL AS FUEL. *International Journal of Development Research*, 9(9), 5p.
- Irawan, H., & Suhayat, B. (2020). Analisis Desain Kerangka Mesin Pengering Padi Rotary Dryer Dengan Empat Bantalan Rol Menggunakan Software CAD. *MEKANIKA: Jurnal Teknik Mesin*, 6(1), 14–17. <http://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/MEKANIKA/article/view/4030>
- Johanes, S., Siswantoro, S., & Bahiuddin, I. (2020). Rancang Bangun Alat Pengering Produk Pertanian Tipe Tray Berputar. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(2), 89. <https://doi.org/10.32497/jrm.v15i2.1861>
- Kanzah, M. (2022). *Pemanfaatan Alat Mesin Pengering (Vertical Dryer) di Kecamatan sawangan Kabupaten Magelang*. Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia.
- Khatir, R., Hardiyanti, U., & Hartuti, S. (2022). Uji Performansi Alat Pengering Tipe Terowongan Hohenheim Aceh Dengan Aplikasi Proportional Integral Derivative Controller Untuk Kipas Outlet. *REKAYASA: Journal of Science and Technology*, 15(3), 308–315.
- Lubis, M. I. A., Putri, R. E., & Andasuryani. (2021). *PADI: Audit Energi untuk Semua Aktivitas Budidaya (Pertama)*. CV. Pena Persada.
- Nguyen, V. H., Duong, H. T., & Gummert, M. (2016). Building a model for the paddy columnar dryer and analyzing a reverse-airflow approach to achieve uniform grain temperature. *International Agricultural Engineering Journal*, 25(1), 64–73.

- Onifade, T. B., Taiwo, A., & Jekayinfa, S. O. (2016). *Modification of A Locally Made Electric Crop Dryer Crop Protection Instrumentation View project Animal Feed Formulation View project Modification of A Locally Made Electric Crop Dryer*. 7(2). [www.iiste.org](http://www.iiste.org)
- Parulian Siagian, Richard Napitupulu A M, Tampubolon Miduk, Siagian Lestina, Siagian Horas, & Sihombing Hendrik V. (2023). Analisa Kebutuhan Energi Termal Pada Kotak Pengering Biji Kopi Arabica yang di Isolasi dengan Aluminium Foil. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, 4(2), 181–189. <https://jurnal.uhn.ac.id/index.php/mechanical/article/view/946>
- Pratama, M. A., Usman, Saifuddin, Ariefin, & Juhan, N. (2021). Perancangan Alat Pengering Padi Kapasitas 9kg/menit. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 5(1), 26–21.
- Puswadi, H. A., & Sunyoto, S. (2021). Rancang Bangun Alat Pengering Bahan Makanan Berbasis Wings Drying System Dengan Dua Sumber Panas. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 7(1/Mei), 36–43. <https://doi.org/10.26877/jitek.v7i1/mei.8298>
- Sari, L. J. (2017). Uji Performansi Alat Pengering Gabah Tipe Dmp-1 dengan Penambahan Batu Alor Hitam pada Ruang Kolektor dan Ruang Pengering Sebagai Penyimpan Panas. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 5(3), 84–91.
- Setyadi, P., Gama Yoga, N., & Fadillah, I. (2020). Proses Perancangan Manufaktur Mesin Pengering Larutan Dengan Metode Spray Dryer Type Up Draft. *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 1, 1–9.
- Sukmawaty, S., Priyati, A., Putra, G. M. D., Setiawati, D. A., & Abdullah, S. H. (2019). Introduksi Alat Pengering Tipe Rak Berputar Sebagai Upaya Mempercepat Proses Pengeringan Hasil Petanian. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 3(1), 41. <https://doi.org/10.31764/jmm.v3i1.921>
- Sumbar, B. (2022). *Provinsi Sumatera Barat Dalam Angka 2022* (B. P. S. Barat (ed.); I). BPS Provinsi Sumatera Barat.
- Vera Duarte, L. E., Moreno Gamboa, F., & Eugenio López, J. R. (2021). Proposal for improving of paddy rice drying process in dryers inclined pools. *Scientia et Technica*, 26(2), 146–151. <https://doi.org/10.22517/23447214.24554>