

Efek kecepatan udara dan penambahan serbuk kayu terhadap kadar kelembapan kotoran sapi yang dikeringkan menggunakan mesin pengering tipe drum dryer

Harmiansyah¹, Kardiansyah², Lathifa Putri Afisna², Teuku Meurah Indra Riayatsyah², Rustam Efendi³

¹Program Studi Teknik Biosistem, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera

²Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera
Jl. Terusan Ryacudu, Lampung Selatan, Lampung, 35365

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara
Jl. Kapten Piere Tendean No. 109 A, Baruga, Kendari, Sulawesi Tenggara, 93121
Email korespondensi: harmibm@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang mayoritas penduduknya adalah petani dan peternak. Salah satu jenis hewan ternak yang dikembangkan adalah sapi dan dampak negatif yang dihasilkan berupa polusi udara diakibatkan oleh kotoran sapi. Upaya yang sangat mungkin untuk menghilangkan bau yang berasal dari kotoran sapi adalah mengeringkan dengan menggunakan mesin pengering (drum dryer). Tujuan kajian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan udara dan pemberian serbuk terhadap kadar kelembapan dan laju penguapan air pada proses pengeringan kotoran sapi dengan mesin pengering (drum dryer). Kajian ini menggunakan metode eksperimental yakni dengan mengukur perubahan suhu setiap 10 menit selama 30 menit. Mengukur dan membandingkan kadar kelembapan sebelum dan sesudah dipanaskan dengan variasi kecepatan blower (1,3 m/s, 1,7 m/s, 1,9 m/s, dan 2,4 m/s). Hasil kajian menunjukkan adanya perbedaan nilai laju penguapan air di setiap variasi kecepatan udara. Laju penguapan air tertinggi adalah 0,000736 kg/s pada kecepatan udara 2,4 m/s, sedangkan nilai laju penguapan air terendah adalah 0,000142 kg/s pada kecepatan udara 1,3 m/s. Hasil perbandingan kadar kelembapan dari proses pengeringan dengan dan tanpa serbuk kayu menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda. Pada kecepatan udara 2,4 m/s, nilai kadar kelembapan akhir yang diperoleh sebesar 70%, hasil ini 5% lebih baik jika dibandingkan dengan proses pengeringan tanpa serbuk (nilai kelembapan akhir sebesar 75%). Namun pada kecepatan 1,3m/s, nilai kadar kelembapan akhir yang didapatkan sebesar 90%, di mana hasil ini lebih besar jika dibandingkan dengan proses pengeringan tanpa serbuk (nilai kadar kelembapan akhir 80%).

Kata kunci: drum dryer, kotoran sapi, kecepatan udara, laju penguapan air, serbuk kayu.

Abstract

Indonesia is a tropical country where farmers and ranchers make up the majority of the population. Cows are one form of livestock bred, and the negative impact is air pollution created by cow manure. Drying cow dung with a dryer (drum dryer) is a very effective way to remove the stink that comes from it. The goal of this study was to see how air velocity and powder administration affected moisture content and water evaporation rate when drying cow dung in a drum dryer. This study employed an experimental method, recording temperature changes every 10 minutes for 30 minutes. Moisture levels should be measured and compared before and after heating with different blower speeds (1.3 m/s, 1.7 m/s, 1.9 m/s, and 2.4 m/s). The results revealed that the rate of water evaporation differed depending on the air velocity change. At an air speed of 2.4 m/s, the highest water evaporation rate is 0.000736 kg/s, while the lowest water evaporation rate is 0.000142 kg/s. The comparison of moisture content from the drying process with and without sawdust revealed values that were not significantly different. The ultimate moisture content attained at an air speed of 2.4 m/s is 70%, which is 5% higher than the drying procedure without powder (final moisture value is 75%). However, at a speed of 1.3 m/s, the final moisture content value obtained is 90%, which is higher than the final moisture content value acquired during the drying process without powder (80%).

Keywords: drum dryer, cow dung, air velocity, evaporation rate of water, sawdust.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara beriklim tropis yang mayoritas penduduknya adalah petani dan peternak, salah satunya adalah peternak sapi. Hal ini didukung karena kultur masyarakat Indonesia yang menjadikan daging sapi dan kambing sebagai favorit. Ditambah dengan mayoritas masyarakat beragama

muslim yang setiap tahunnya merayakan hari raya kurban, menjadikan ternak sapi adalah lahan bisnis yang cukup menjanjikan dan membuat populasi sapi di Indonesia meningkat. Perkembangan produksi daging sapi di Indonesia periode 1984-2017 secara agregat cenderung tumbuh positif sebesar 2,85% per tahun. Produksi daging sapi tahun 2017 sebesar

531,76 ribu ton, naik 4,95% dari 518,48 ribu ton di tahun 2016. Prediksi produksi daging sapi tahun 2017 hingga 2021 naik 9,25% per tahun, menjadi 837,55 ribu ton. Berdasarkan hasil proyeksi produksi dan konsumsi 2017-2021, pada tahun 2021 diperkirakan Indonesia sudah mencapai swasembada daging sapi dengan surplus daging sebesar 9,19 ribu ton. Populasi sapi potong di Indonesia periode 1984-2017 menunjukkan pertumbuhan yang positif, rata-rata meningkat sebesar 1,99% per tahun. Pada tahun 2017 diperkirakan populasi sapi potong di Indonesia mencapai 16,60 juta ekor, atau naik 3,72% dibandingkan tahun sebelumnya. Sebanyak 7,07 juta ekor diusahakan di Jawa dan 9,53 juta ekor di luar Jawa. Peningkatan jumlah sapi tentu saja akan berimbas pada peningkatan limbah kotoran yang dihasilkan. Satu ekor sapi dengan berat 454 kg akan menghasilkan 30 kg limbah feses dan urin setiap hari. Dapat dibayangkan jika memelihara 100 ekor sapi, jumlah limbah yang dihasilkan 3 ton per hari [1]. Limbah ini dapat berupa limbah cair, padat, dan gas yang bila tidak ditangani akan berdampak buruk bagi lingkungan. Selama ini kotoran sapi belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai pupuk buatan. Pada penelitian sebelumnya, menyatakan bahwa kualitas pupuk organik ditentukan dengan uji komposisi di Laboratorium dan didasarkan pada kelembapan 65%, *C/N ratio* maksimum 20, total nitrogen (N) minimal 1,81%, P2O5 minimal 1,89%, K2O minimal 1,96%, CaO minimal 2,96%, MgO minimal 0,70%, kapasitas tukar *kation* minimal 75 me/100g dan pH di antara 6,5-7,5 [2]. Kompos sebenarnya dapat terjadi dengan sendirinya dan diproses oleh alam, tetapi membutuhkan sedikit waktu selama proses pengeringannya [3]. Proses alamiah ini pun tidak sepenuhnya ramah lingkungan, karena dari proses pengeringan dapat menimbulkan pencemaran dalam bentuk gas atau bau. Bau menyengat yang ditimbulkan oleh kotoran sapi dapat menyebabkan gangguan kesehatan [4]. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, karakteristik kotoran sapi dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

Kotoran Sapi Kering

Kotoran sapi kering memiliki kadar kelembapan mulai dari 30-40%, dan bisa langsung digunakan sebagai pupuk atau media tanam.

Kotoran Sapi Semi Basah

Kotoran sapi semi basah memiliki kadar kelembapan mulai dari 60-80%, dan memerlukan 1-2 hari waktu pengeringan untuk dapat digunakan sebagai pupuk atau media tanam.

Kotoran Sapi Basah

Kotoran sapi basah memiliki kadar kelembapan mulai dari 90-100%, dan memerlukan 3-4 hari waktu pengeringan untuk dapat digunakan sebagai pupuk atau media tanam.

Untuk menyerap kandungan air dan mengurangi bau pada kotoran sapi yang masih basah, peternak perlu menambahkan taburan serbuk kayu pada kotoran sapi. Proses pengeringan dengan menggunakan mesin pengering akan mempercepat proses penguapan kadar air [5-8]. Penelitian sebelumnya telah mendesain mesin pengering kotoran sapi guna mendapatkan manfaat dari kotoran sapi sebagai bahan baku pupuk kandang [9]. Begitu juga di penelitian serupa, telah mendesain dan menyimulasikan pengering tipe *rotary dryer* untuk pengering kotoran sapi [10]. Peningkatan produktivitas pupuk kandang juga dapat ditingkatkan dengan menggunakan mesin pengering [11], di mana proses pengeringan dapat dilakukan kurang dari 1 bulan yang awalnya membutuhkan waktu 2 bulan dan kapasitas produksi mengalami peningkatan dari 100-150 kg per hari menjadi 200-400 kg per hari. Kapasitas mesin pengaduk dapat mencapai 0,4-0,5 m³/menit [12].

Berdasarkan masalah yang ada maka perancangan mesin pengering kotoran sapi ini dapat mempersingkat waktu pengeringan dan mengurangi pencemaran gas atau bau yang ditimbulkan dari proses pengeringan. Mesin ini berfungsi untuk mengurangi kandungan kadar air pada kotoran sapi dengan proses pembakaran yang panasnya akan dialirkan oleh *blower* ke suatu tabung silinder berisi kotoran sapi. *Blower* sendiri memiliki peranan penting bagi mesin pengering ini, karena kecepatan udara pada *blower* berpengaruh dengan volume udara panas yang masuk ke dalam ruang pemanasan. Semakin besar kecepatan aliran udara maka semakin besar pula jumlah kalor yang diberikan udara panas [13].

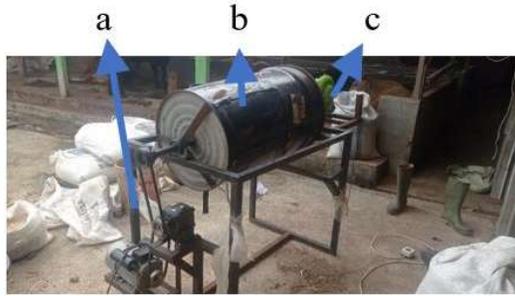
Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, perlu dilakukan kajian mengenai efek kecepatan udara dan penambahan serbuk kayu terhadap kadar kelembapan kotoran sapi yang dikeringkan dengan mesin pengering kotoran sapi (*drum dryer*).

2. Metode

Kajian ini menggunakan mesin pengering kotoran sapi (*drum dryer*). Bagian-bagian *drum dryer* terdiri atas: a. Penggerak memiliki beberapa bagian, yaitu: Motor AC (0,5 HP), transmisi, *pulley* dan *belt*, b. Ruang pemanasan ini terdiri dari komponen drum yang sudah diberi sirip-sirip di dalamnya, dan Pemanas berfungsi untuk memanaskan udara yang dihembuskan oleh *blower* melalui pipa besi ke ruang pemanasan (Gambar 1 dan Gambar 2). Peralatan lainnya seperti sekop digunakan untuk menyerok kotoran sapi. Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara pada *blower*. pH *Soil Moisture Meter* digunakan untuk mengukur kadar kelembapan kotoran yang akan dan sudah dikeringkan. *Stopwatch* digunakan untuk menghitung waktu pemanasan. LPG digunakan sebagai bahan bakar pemanas. Timbangan digunakan untuk mengukur berat kotoran sapi dan serbuk kayu.

Blower digunakan untuk mengalirkan udara panas ke dalam ruang pemanasan. Blower yang digunakan adalah tipe *Radial Blade* pada kecepatan 1,3 m/s, 1,7 m/s, dan 2,4 m/s. Pada kecepatan 1,9 m/s menggunakan blower tipe *Forward Curved Blade*. Bahan yang digunakan pada kajian ini adalah serbuk kayu sebagai campuran pengadukan untuk membantu penyerapan kandungan air pada kotoran sapi. Kotoran sapi adalah bahan yang akan dipanaskan dengan berat 10 kg dan tingkat kelembapan 100%.

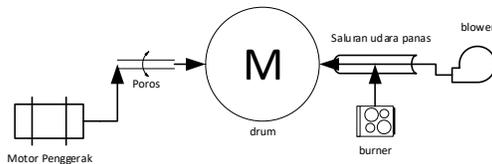
Prinsip kerja mesin pengering ini yakni dengan mode pindah panas secara konveksi paksa dari sumber panas yang diteruskan ke ruang *drum dryer* yang diputar menggunakan motor penggerak. Pengukuran dilakukan per 10 menit selama 30 menit. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan serbuk dan tanpa serbuk.



Gambar 1. Mesin pengering kotoran sapi.

Keterangan :

- a. Motor penggerak
- b. Ruang pemanasan
- c. Pemanas



Gambar 2. Skema mesin pengering kotoran sapi.

Analisis Kinerja Mesin Pengering

Perhitungan volumetrik udara panas menggunakan Persamaan 1.

$$\dot{Q}_u = v \cdot A \tag{1}$$

Perhitungan laju aliran massa udara panas dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{Q}_u \tag{2}$$

Persamaan 3 digunakan untuk menghitung kalor udara panas.

$$\dot{Q}_q = \dot{m} \cdot Cp \cdot \Delta T \tag{3}$$

Perhitungan laju aliran massa penguapan air dengan Persamaan 4.

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}_a \cdot h \cdot f \cdot g \tag{4}$$

$$\dot{m}_a \cdot \dot{Q}_{ev} = \frac{\dot{Q}_{ev}}{h \cdot f \cdot g}$$

Perhitungan massa air yang diuapkan dengan Persamaan 5.

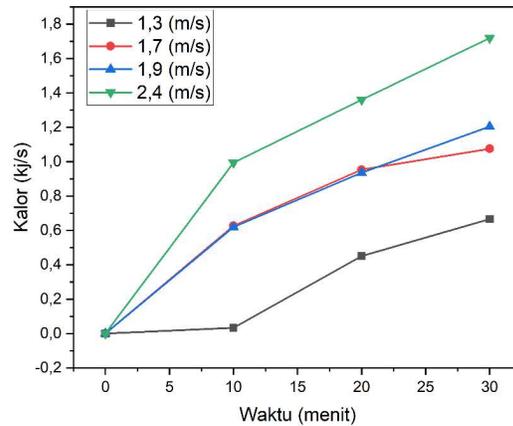
$$m_a = \dot{m}_a \cdot t \tag{5}$$

Sementara kadar kelembapan diukur langsung menggunakan pH *Soil Moisture* dan kecepatan udara diukur menggunakan anemometer.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses Pemanasan tanpa Serbuk

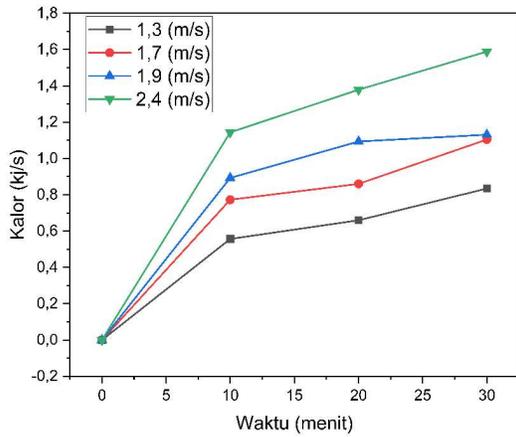
Gambar 3 menunjukkan pengaruh kenaikan kecepatan udara terhadap laju kalor pada proses pengeringan. Laju kalor tertinggi terjadi pada kecepatan blower 2,4 m/s di menit 20-30 dengan nilai kalor 1,7193 kJ/s, sedangkan laju kalor terendah pada kecepatan blower 1,3 m/s, di menit 0-10 dengan nilai kalor 0,3402 kJ/s. Kenaikan kecepatan udara blower mempengaruhi peningkatan suhu pada proses pengeringan karena perpindahan panas semakin baik, sehingga laju kalor meningkat seiring meningkat kecepatan udara blower [14]. Hal ini terjadi karena terjadi kenaikan suhu menyebabkan pengaruh pada volumetrik udara panas yang masuk ke ruang pemanasan.



Gambar 3. Kalor yang diberikan terhadap waktu pemanasan tanpa serbuk.

Proses Pemanasan dengan menggunakan Serbuk

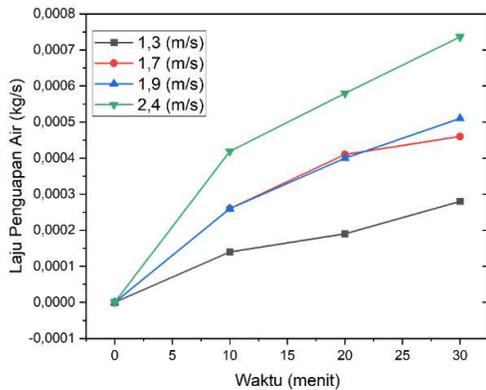
Gambar 4 menunjukkan laju kalor tertinggi pada kecepatan blower 2,4 m/s pada menit 20-30 dengan nilai kalor 1,5891 kJ/s, sedangkan laju kalor terendah pada kecepatan blower 1,3 m/s pada menit 0-10 dengan nilai kalor 0,5564 kJ/s. Nilai laju kalor pada perlakuan penambahan serbuk kayu meningkat seiring kenaikan kecepatan udara, tetapi perlakuan menggunakan serbuk kayu menyebabkan laju kalor lebih rendah dibandingkan dengan tanpa menggunakan serbuk karena serbuk kayu memiliki kadar air serta memiliki sifat isolator untuk panas.



Gambar 4. Kcal yang diberikan terhadap waktu pemanasan dengan serbuk.

Laju Penguapan Air tanpa Serbuk

Gambar 5 menunjukkan laju penguapan air tertinggi pada kecepatan blower 2,4 m/s pada menit 20-30 dengan nilai laju penguapan air 0,0007364 kg/s, sedangkan laju penguapan air terendah pada kecepatan blower 1,3 m/s pada menit 0-10 dengan nilai laju penguapan air 0,000142 kg/s. Hal ini terjadi karena perbedaan suhu dan kecepatan udara blower, sehingga berpengaruh pada kalor yang diberikan udara panas ke campuran kotoran sapi dan air saat proses pemanasan.

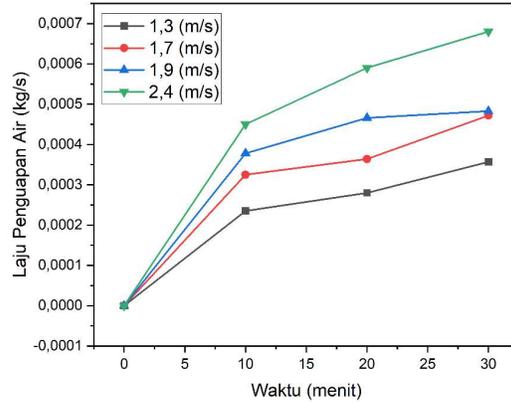


Gambar 5. Laju penguapan air terhadap waktu pemanasan tanpa serbuk.

Laju Penguapan Air menggunakan Serbuk Kayu

Gambar 6 menunjukkan laju penguapan air tertinggi ada pada percobaan kecepatan blower 2,4 m/s, di menit 20-30 dengan nilai laju penguapan air sebanyak 0,0006811 kg/s. Laju penguapan air terendah pada percobaan kecepatan blower 1,3 m/s di menit 0-10 dengan nilai laju penguapan air sebanyak 0,000235 kg/s. Hal ini terjadi karena perbedaan suhu dan kecepatan udara blower, sehingga berpengaruh pada kalor yang diberikan udara panas ke campuran kotoran sapi dan air saat proses pemanasan. Hasil kajian ini sejalan dengan penelitian terdahulu [13]. Kecepatan udara pada blower berpengaruh dengan volume udara panas yang masuk ke dalam ruang

pemanasan. Semakin besar kecepatan aliran udara maka semakin besar pula jumlah kalor yang terserap oleh campuran air dan kotoran sapi. Di sisi lain kayu memiliki kemampuan untuk insulasi panas yang baik [15-17].

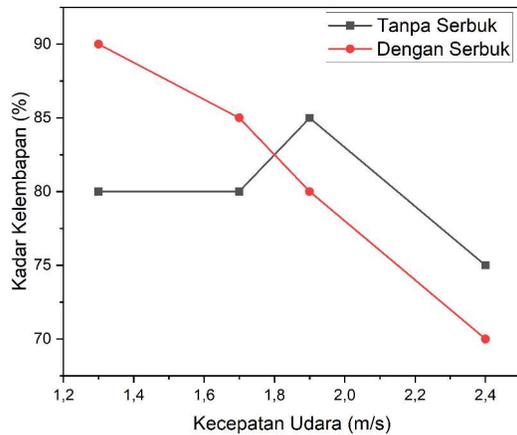


Gambar 6. Laju penguapan air terhadap waktu pemanasan dengan serbuk.

Kadar Kelembapan

Gambar 7 menunjukkan sedikit perbedaan pada hasil yang didapat. Pada pengujian pengeringan dengan serbuk kayu menunjukkan hasil yang cukup proporsi. Kadar kelembapan tertinggi pada kecepatan blower 1,3 m/s dengan kadar kelembapan 90%, dan kelembapan terendah pada kecepatan blower 2,4 m/s dengan kadar kelembapan 70%.

Pada percobaan pengeringan tanpa penambahan serbuk kayu menunjukkan hasil yang kurang proporsi. Kadar kelembapan tertinggi pada kecepatan blower 1,9 m/s dengan nilai 85%, dan kadar kelembapan terendah pada kecepatan blower 2,4 m/s dengan nilai 75%. Hal ini terjadi karena proses pengambilan data dilakukan secara di luar ruangan dan saat proses pengambilan data kecepatan blower 1,9 m/s dalam kondisi mendung dan sempat hujan. Nilai kelembapan sangat dinamis, hal ini disebabkan oleh transpirasi, perkolasi dan penguapan melalui permukaan. Curah hujan, laju evapotranspirasi dan jenis tanah adalah faktor-faktor yang menentukan kadar kelembapan dalam tanah.



Gambar 7. Kecepatan blower terhadap kadar kelembapan.

4. Kesimpulan

Kecepatan udara sangat berpengaruh terhadap kalor yang diberikan untuk mengeringkan kotoran sapi. Semakin meningkat kecepatan udara, maka hasil penguapan akan semakin baik. Hal ini didukung dengan perbandingan hasil percobaan pada kecepatan udara 2,4 m/s, jauh lebih baik dibandingkan kecepatan 1,9 m/s, 1,7 m/s, dan 1,3 m/s. Hasil penguapan massa air maksimum sebanyak 1,0412 kg untuk percobaan tanpa penambahan serbuk kayu dan 1,0505 kg untuk percobaan dengan penambahan serbuk kayu.

Penambahan serbuk kayu pada proses pengeringan cukup berpengaruh untuk menurunkan kadar kelembapan. Hasil kajian ini menunjukkan penurunan kadar kelembapan hingga 80% dan 70% pada kecepatan blower 1,9 m/s dan 2,4 m/s. Namun pada kecepatan blower 1,3 m/s dan 1,7 m/s menunjukkan hasil kadar kelembapan 85% dan 90%, hasil ini masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengeringan tanpa serbuk yang menunjukan kadar kelembapan 80% pada kecepatan blower 1,3 m/s dan 1,7 m/s.

Adapun saran dari kajian ini adalah pengambilan data pada ruangan yang memiliki atap agar tidak mempengaruhi proses pengeringan. Pengambilan sampel harus dilakukan dengan hati-hati, karena pengambilan sampel campuran yang kurang homogen dapat mempengaruhi hasil pengeringan. Pengambilan data kadar kelembapan dilakukan setelah kotoran sapi dikeringkan beberapa menit di luar ruangan.

Daftar Pustaka

- [1] Putra GMD, Abdullah SH, Priyati A, Setiawati DA, Muttalib SA. Rancang bangun reaktor biogas tipe portable dari limbah kotoran ternak sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 2017;5(1):369-74.
- [2] Darmanto S. Rancang bangun mesin pengolah pupuk kotoran sapi. *TRAKSI*. 2013;13(1):1-7.
- [3] Suhastyo AA. Pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan pembuatan pupuk kompos.

- [4] Adityawarman A, Salundik S, Cyrilla L. Pengolahan limbah ternak sapi secara sederhana di Desa Pattalassang Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 2015;3(3):171-7.
- [5] Iwuozor KO, Emenike EC, Aniagor CO, Iwuchukwu FU, Ibitogbe EM, Okikiola TB, et al. Removal of pollutants from aqueous media using cow dung-based adsorbents. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*. 2022;5:100300.
- [6] Li H, Chen Q, Zhang X, Finney KN, Sharifi VN, Swithenbank J. Evaluation of a biomass drying process using waste heat from process industries: A case study. *Applied Thermal Engineering*. 2012;35:71-80.
- [7] Yuan J, Zhang D, Li Y, Chadwick D, Li G, Li Y, et al. Effects of adding bulking agents on biostabilization and drying of municipal solid waste. *Waste Management*. 2017;62:52-60.
- [8] Zhang D-Q, He P-J, Jin T-F, Shao L-M. Bio-drying of municipal solid waste with high water content by aeration procedures regulation and inoculation. *Bioresource Technology*. 2008;99(18):8796-802.
- [9] Gunawan MDI, Afisna LP, Pujiyulianto E. Desain dan Simulasi Beban Statis Pada Silinder Putar Mesin Pengering Kotoran Sapi. *Prosiding SNasPPM*. 2022;7(1):181-6.
- [10] Afisna LP, Denara ID, Pujiyulianto E, Sanjaya VF. Design and Simulation of Rotary Dryer Frame Strength using Finite Element Analysis. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical Industrial Engineering*. 2022;4(3):245-52.
- [11] Winarno J, Hutomo SG, editors. Perancangan dan Instalasi Sistem Pengering Kotoran Sapi Hibrida untuk Meningkatkan Produktifitas Kelompok Ternak Sapi Andini Mulya Dalam Menghasilkan Pupuk Kandang Olahan. *PROSIDING Seminar Nasional Hasil Pengabdian (SNHP)*; 2022.
- [12] Senen, Darmanto SS. Rancang Bangun Mesin Pengolah Kotoran Sapi. *Majalah INFO*. 2017;16(1):9-12.
- [13] Aswan A. Pengaruh waktu dan kecepatan aliran udara terhadap kadar air pada proses pengasapan ikan dengan sistem sirkulasi asap bebas tar. *KINETIKA*. 2018;9(1):15-9.
- [14] Alit IB, Susana IGB. Pengaruh kecepatan udara pada alat pengering jagung dengan mekanisme penukar kalor. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 2020;11(1):77-84.
- [15] Hrčka R, Babiak M. Wood thermal properties 2017. 25-43 p.
- [16] Kaemmerlen A, Asllanaj F, Sallée H, Baillis D, Jeandel G. Transient modeling of combined

- conduction and radiation in wood fibre insulation and comparison with experimental data. *International Journal of Thermal Sciences*. 2010;49(11):2169-76.
- [17] Kumar A, Staněk K, Ryparová P, Hajek P, Tywoniak J. Hydrophobic treatment of wood fibrous thermal insulator by octadecyltrichlorosilane and its influence on hygric properties and resistance against moulds. *Composites Part B: Engineering*. 2016;106:285-93.
- [18] Saputro IA, Suseno JE, Widodo CE. Rancang bangun sistem pengaturan kelembapan tanah secara real time menggunakan mikrokontroler dan diakses di web. *Youngster Physics Journal*. 2017;6(1):40-7.