

Prototipe Timbangan Digital dan Pengendali Konveyor Otomatis untuk Pembersih Limbah Kotoran Hewan Ternak Kambing

Prototype of Digital Scales and Automatic Conveyor Controller for Cleaning Goat Animal Manure Waste

Son Ali Akbar¹, Ruly Erwin AfanDika², Anton Yudhana³, Dian Nova Kusuma Hardani⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan

⁴Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

^{1,2,3}Jl. Ahmad Yani (Ringroad Selatan) Tamanan, Bantul, Yogyakarta 55166, Indonesia

⁴Jl. K. H. Ahmad Dahlan PO BO 202, Purwokerto 53182, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 20 November 2024

Diterima, 16 Desember 2024

Diterbitkan, 20 Desember 2024

Kata Kunci:

Limbah kotoran ternak

Konveyor otomatis

Timbangan digital

Sensor *load cell*

Keyword:

Animal manure waste

Automatic Conveyor

Digital Scale

Load cell sensor

INTISARI

Peternakan kambing menghadapi masalah terkait pengelolaan limbah kotoran yang berbau. Untuk mengatasi hal ini, dikembangkan sebuah alat otomatisasi yang dapat membersihkan kotoran basah dan cair secara efisien. Sistem ini mengintegrasikan sensor *load cell* untuk mengukur berat kotoran, Arduino Uno sebagai mikrokontroler, dan LCD 16x2 I2C untuk menampilkan hasil pengukuran. Penelitian dilakukan di peternakan Desa Jangkang, Sleman, D.I. Yogyakarta, dengan fokus pada pemisahan kotoran basah dan cair secara otomatis. Kandang yang dirancang memiliki ukuran 1,6m x 3m x 2,4m. Konveyor yang digerakkan oleh motor DC memindahkan kotoran ke penampungan sementara, sekaligus memisahkan feses dari urine. Sistem beroperasi pada konveyor sepanjang 160 cm, tegangan rata-rata 11,19 V, dan kecepatan sebesar 17,94 RPM dengan waktu operasional rata-rata 20 detik. Hasil pengujian menunjukkan error 4,9% dan tingkat akurasi 96,49%. Inovasi ini berkontribusi pada peningkatan efisiensi pengelolaan limbah dan pengurangan bau, mendukung pengembangan sektor peternakan kambing secara berkelanjutan.

ABSTRACT

Goat farms face problems related to the management of smelly waste. An automation tool was developed to clean wet and liquid dirt efficiently to overcome this. This system integrates a load cell sensor to measure dirt weight, Arduino Uno as a microcontroller, and a 16x2 I2C LCD to display measurement results. The research was conducted at the farm in Jangkang Village, Sleman, D.I. Yogyakarta, focusing on automatically separating wet and liquid waste. The cage design has 1.6 m x 3 m x 2.4 m dimensions. A conveyor driven by a DC motor moves faeces to a temporary reservoir, separating faeces from urine. The system operates on a 160 cm long conveyor, an average voltage of 11.19 V, and a speed of 17.94 RPM with an average operational time of 20 seconds. The test results show an error of 4.9% and an accuracy rate of 96.49%. This innovation contributes to increasing the efficiency of waste management and reducing odors, supporting the sustainable development of the goat farming sector.

Korespondensi Penulis:

Son Ali Akbar

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan

Jl. Ahmad Yani (Ringroad Selatan) Tamanan, Bantul, Yogyakarta 55166, Indonesia

Email : son.akbar@te.uad.ac.id

1. PENDAHULUAN

Populasi peternakan kambing di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang sangat signifikan dikarenakan kambing merupakan salah satu ternak ruminansia yang paling bermanfaat bagi manusia [1]. Peternakan kambing yang dikelola oleh mandiri maupun sekelompok peternak biasanya memiliki tujuan untuk penggemukan daging maupun dikembangbiakan [2]. Terdapat permasalahan utama yang dapat menyebabkan turunnya kualitas hidup ternak kambing seperti pengelolaan limbah kotoran, dimana dapat mempengaruhi kondisi kesehatan ternak kambing yang disebabkan polusi udara [3].

Selain itu, pengelolaan limbah kotoran yang tidak optimal dapat mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan sekitar, yang berpotensi menambah risiko penyebaran penyakit di kalangan ternak kambing [4]. Limbah kotoran kambing yang terabaikan juga dapat mencemari sumber air dan merusak kesuburan tanah, yang pada gilirannya mempengaruhi keberlanjutan usaha peternakan tersebut [5]. Oleh karena itu, pengelolaan limbah secara efektif dan efisien sangat penting untuk menjaga kesehatan ternak dan kualitas lingkungan, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan peternak [6].

Untuk mengatasi permasalahan ini, berbagai metode pengelolaan limbah kotoran kambing telah dikembangkan, baik melalui pendekatan teknologi maupun sistem tradisional [7]. Inovasi kandang kambing sistem terkoleksi efektif mengatasi pencemaran lingkungan dan menghasilkan pendapatan tambahan melalui pengolahan kotoran kambing menjadi pupuk cair dan padat organik [8]. Penerapan teknologi ini tidak hanya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi dalam operasional peternakan [9], [10], [11], [12]. Salah satu pengembangan teknologi pembersih kandang ternak yakni terintegrasi sistem otomatis, dimana dapat mengurangi beban peternak dan dapat disesuaikan berbasis terjadwal [13]. Disamping itu, cara atau metode pengumpulan limbah kotoran ternak dari jenis fases basah maupun cair dapat dipisahkan dengan perangkat bantu sejenis konveyor [14].

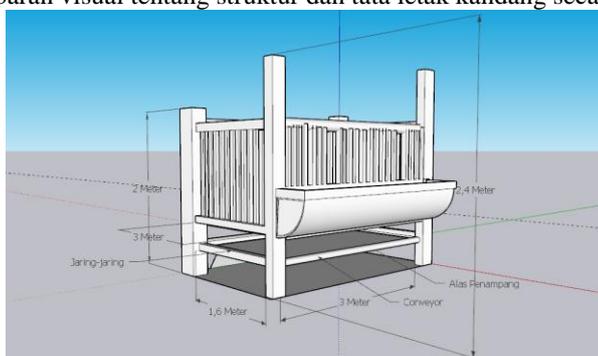
Berdasarkan kajian yang ditinjau dari akar masalah dalam upaya meningkat mutu dan kualitas hasil ternak melalui pengelolaan limbah kotoran ternak yang optimal, maka penelitian ini mengusung penerapan teknologi tepat guna melalui rancangbangun prototipe pembersih limbah kotoran ternak kambing. Teknologi yang dikembangkan mengintegrasikan sensor timbangan digital dan konveyor otomatis. Dengan pendekatan yang lebih terpadu, diharapkan dapat tercipta sistem peternakan kambing yang tidak hanya efisien dan produktif, tetapi juga ramah lingkungan dan berkelanjutan, yang pada akhirnya mendukung ketahanan pangan nasional.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini tentang penerapan prototipe pemisah limbah kotoran kambing jenis fases basah dan cair. Penelitian ini memanfaatkan data berat kotoran kambing, khususnya berat feses, yang diperoleh melalui sensor. Data tersebut akan dianalisis untuk membandingkan hasil pengukuran berat menggunakan sensor dengan hasil pengukuran yang diperoleh melalui sensor timbangan digital [15]. Tempat penelitian dan pengambilan data dilaksanakan di penelitian ini dilaksanakan bersama mitra peternakan kambing di Desa Jangkang, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta.

2.1. Desain Kandang

Rancang bangun desain kandang kambing panggung dirancang dengan dimensi lebar kandang 1,6 meter, tinggi bagian depan 2,4 meter, dan tinggi bagian belakang 2 meter. Desain ini dirancang untuk memastikan sirkulasi udara yang baik, memudahkan pembuangan kotoran, serta memberikan kenyamanan bagi ternak. Material yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan untuk meningkatkan daya tahan kandang terhadap kondisi lingkungan. Desain 3D kandang ini telah dibuat secara rinci dan dapat dilihat pada Gambar 1, yang memberikan gambaran visual tentang struktur dan tata letak kandang secara keseluruhan.

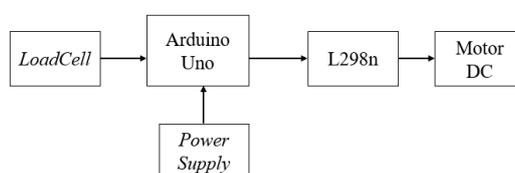


Gambar 1. Desain 3D Kandang Kambing.

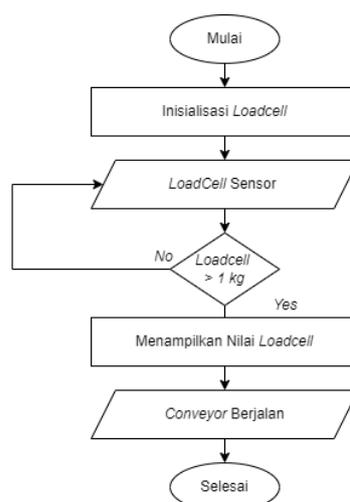
Pada Gambar 1, desain 3D yang dihasilkan mengintegrasikan sebuah konveyor otomatis yang dapat beroperasi sesuai dengan penjadwalan, serta dipasang di bawah kandang ternak. Sistem ini juga dilengkapi dengan sensor timbangan digital yang berfungsi untuk mengukur berat kotoran ternak yang dikumpulkan oleh konveyor. Penempatan konveyor di bawah kandang ternak juga merupakan solusi praktis yang memanfaatkan ruang secara efisien. Dengan posisi tersebut, konveyor dapat mengumpulkan kotoran dengan mudah tanpa mengganggu aktivitas peternakan lainnya, sementara sistem penjadwalan memastikan konveyor beroperasi pada waktu yang tepat untuk menghindari penumpukan limbah.

2.2. Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem, diagram blok sistem dirancang dengan fokus pada pembacaan data berat melalui sensor timbangan digital, yaitu sensor *load cell*. Sensor ini bertugas untuk mengukur massa secara presisi, sementara data yang diperoleh diproses menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Arduino Uno dipilih karena keandalannya dalam mengolah data dan kemudahan integrasinya dengan perangkat lain. Diagram blok sistem ini dirancang untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai hubungan antar komponen, mulai dari input sensor, pengolahan data oleh mikrokontroler, hingga output yang ditampilkan. Detail dari blok diagram sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 2, yang menggambarkan konfigurasi perangkat keras secara menyeluruh. Gambar 3 menunjukkan alur kerja sistem dalam mengukur berat fases melalui sensor *load cell* dan operasional konveyor otomatis.



Gambar 2. Diagram Blok Intergrasi Perangkat Keras Sistem.



Gambar 3. Alur Kinerja Sistem.

Pada Gambar 2 dan Gambar 3 ditunjukkan peran utama Arduino Uno sebagai komponen inti dalam sistem ini. Arduino Uno diintegrasikan dengan sensor untuk membaca berat kotoran kambing. Data yang diperoleh dari sensor akan diproses melalui program yang dirancang menggunakan perangkat lunak Arduino IDE, kemudian hasil pembacaan ditampilkan melalui LCD 16x2. Dalam perancangan perangkat keras, diagram perkabelan dibuat untuk menghubungkan semua komponen menggunakan kabel, memastikan koneksi dengan mikrokontroler Arduino Uno dan sumber daya. Catu daya yang digunakan berupa adaptor dengan tegangan antara 5V hingga 12V. Sensor *load cell* dipasang di bawah papan penampung dan dikalibrasi terlebih dahulu untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Program yang dibuat disimpan pada papan Arduino Uno, dan Arduino IDE, sebagai perangkat lunak bawaan, digunakan untuk mengembangkan dan mengunggah kode ke mikrokontroler. Diagram ini juga mempermudah pengujian dan pemantauan keseluruhan sistem.

2.3. Evaluasi Akurasi dan Nilai Kesalahan (Error)

Dalam penelitian ini, untuk menentukan nilai kesalahan serta mengevaluasi keberhasilan pengukuran berat yang dilakukan menggunakan sensor *load cell*. Maka dapat ditentukan dengan persamaan (1) dan persamaan (2).

$$\text{Nilai error} = \frac{s - x}{s} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Akurasi} = \frac{s}{x} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana s merupakan nilai yang terbaca pada sensor *load cell*, sedangkan x adalah nilai pembacaan berat pada timbangan digital.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Integrasi Prototipe Alat pada Kandang Ternak

Penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun sebuah prototipe sistem kendali otomatis untuk pembersihan limbah kotoran ternak kambing, baik berupa feses basah maupun cair. Prototipe ini dirancang untuk mendukung efisiensi operasional dan meningkatkan kebersihan kandang dengan teknologi otomatisasi. Sistem ini terintegrasi dengan sensor *load cell* yang berfungsi untuk mendeteksi berat feses yang diolah. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai unit kendali utama untuk mengelola data yang diperoleh dari sensor dan mengatur operasional sistem. Gambar 4 memperlihatkan prototipe sistem kendali konveyor beserta mekanisme pembacaan data dari sensor *load cell*. Selanjutnya, Gambar 5 menampilkan pemasangan prototipe sistem kendali konveyor otomatis yang telah diimplementasikan pada kandang ternak untuk pengujian di lapangan.



Gambar 4. Prototipe Kendali Konveyor Otomatis dan Pengukur Timbangan Digital.



Gambar 5. Pemasangan Konveyor dan Prototipe Pengendali Otomatis pada Kandang.

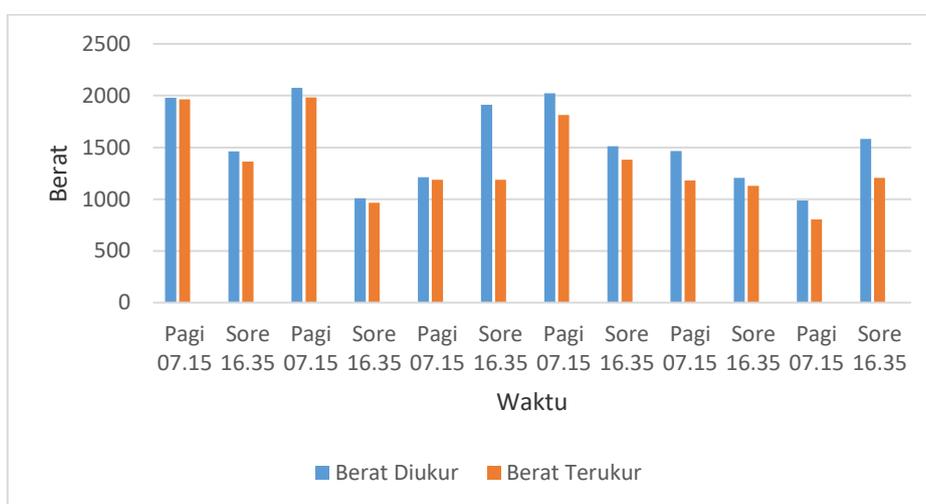
Pemasangan konveyor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, dirancang untuk ditempatkan di bawah kandang ternak guna menampung limbah kotoran kambing, baik yang berbentuk basah maupun cair. Penempatan ini memastikan bahwa limbah dapat dikumpulkan secara efektif tanpa mencemari area sekitar kandang. Sistem konveyor dirancang agar dapat bergerak secara teratur, dengan mekanisme penggerak yang dapat dikendalikan oleh pengguna sesuai kebutuhan. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengoperasikan konveyor kapan saja diperlukan, seperti saat pembersihan jaring-jaring penampung.

3.2. Perbandingan Performa Sensor *Load Cell* dengan Timbangan Konvensional

Pengujian dilakukan untuk mengukur data yang diperoleh dari sensor berat dengan membandingkannya menggunakan timbangan digital sebagai acuan. Proses pengujian dilakukan sebanyak 12 kali dalam dua waktu berbeda, yaitu pukul 07.15 dan 16.35, selama periode enam hari. Dalam pengujian ini, dua jenis data dikumpulkan, yaitu data berat yang terbaca oleh sensor *load cell* dan data berat yang diperoleh dari timbangan digital. Selanjutnya, hasil pengukuran dibandingkan untuk menghitung nilai error dan tingkat akurasi sistem berbasis sensor berat. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sensor *load cell* dalam mendeteksi berat secara presisi dan menentukan sejauh mana alat memenuhi standar akurasi yang diharapkan.

Tabel 1. Perbandingan Kinerja Sensor *Load Cell* dengan Timbangan Konvensional

Hari ke-	Jam ke-	Berat Diukur (kg)	Berat Terukur (kg)	Nilai <i>error</i> (%)	Akurasi (%)
1	07.15	1981×10^{-6}	1965×10^{-6}	2,8	98,14
	16.35	1462×10^{-6}	1362×10^{-6}	3,6	97,34
2	07.15	2075×10^{-6}	1982×10^{-6}	5,3	94,70
	16.35	1009×10^{-3}	965×10^{-3}	5,5	94,55
3	07.15	1212×10^{-6}	1188×10^{-6}	7,9	92,02
	16.35	1911×10^{-6}	1186×10^{-6}	19,9	86,11
4	07.15	2024×10^{-6}	1814×10^{-6}	8,8	91,15
	16.35	1510×10^{-3}	1380×10^{-3}	7,8	92,20
5	07.15	1466×10^{-3}	1180×10^{-3}	7,6	92,42
	16.35	1207×10^{-3}	1129×10^{-3}	3,1	96,90
6	07.15	987×10^{-3}	806×10^{-3}	1,7	98,24
	16.35	1581×10^{-6}	1207×10^{-6}	6,9	93,09

Gambar 6. Perbandingan Kinerja Sensor *Load Cell* dan Timbangan Konvensional

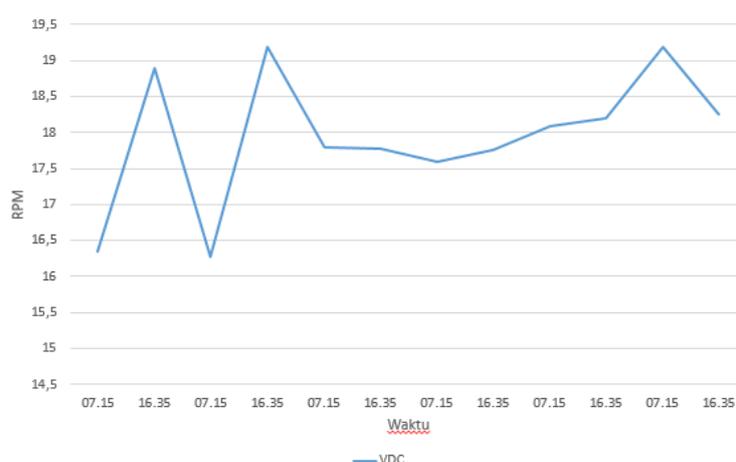
Tabel 1 dan Gambar 6 menyajikan hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan sensor *load cell* dan timbangan digital, yang menghasilkan rata-rata nilai *error* sebesar 4,9% dan akurasi sebesar 96,49%. Nilai *error* yang terdeteksi sebesar 4,9% mengindikasikan bahwa sensor *load cell* dapat memberikan hasil yang cukup konsisten, namun masih ada ruang untuk peningkatan dalam hal presisi pengukuran. Analisa lain memperlihatkan hasil kinerja pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan sensor *load cell*, yang menunjukkan rata-rata akurasi sebesar $\geq 95\%$ dan $\text{error} \leq 5\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor *load cell* memiliki kinerja yang baik dalam hal akurasi pengukuran berat, dengan tingkat *error* yang rendah, sehingga dapat diandalkan dalam aplikasi praktis. Namun, perbandingan antara pengukuran berat feses yang dilakukan dengan sensor *load cell* dan timbangan digital menunjukkan bahwa timbangan digital menghasilkan nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan sensor *load cell*. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan sensitivitas dan kalibrasi antara kedua alat ukur.

3.3. Performa Motor DC Penggerak Konveyor

Pengujian terhadap Driver L298N dan Motor DC dilakukan dengan memberikan masukan tegangan sebesar 5V dari mikrokontroler Arduino Uno. Fungsi dari Motor *Driver* L298N adalah untuk membagi arus yang bersumber dari suplai daya 12V, sehingga memungkinkan kontrol yang efisien terhadap motor. Tabel 2 menyajikan data hasil pengujian yang digunakan untuk menentukan tegangan (VDC) dan kecepatan putaran motor (RPM) pada setiap pengukuran berat yang dilakukan dengan menggunakan sensor *load cell*. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur dampak variabel tegangan terhadap kinerja motor DC, serta hubungannya dengan akurasi pengukuran berat yang diperoleh dari sensor *load cell*, yang merupakan aspek penting dalam sistem pengendalian otomatis yang diujikan.

Tabel 2. Hasil Ukur Luaran Tegangan dan Putaran Poros Motor DC

Hari ke-	Jam ke-	Berat Terukur (kg)	Tegangan (Volt)	Putaran Poros (RPM)
1	07.15	1965×10^{-6}	10,44	16,62
	16.35	1362×10^{-6}	11,13	17,72
2	07.15	1982×10^{-6}	10,09	16,66
	16.35	965×10^{-3}	11,45	18,23
3	07.15	1188×10^{-6}	11,10	17,68
	16.35	1186×10^{-6}	11,36	18,19
4	07.15	1814×10^{-6}	10,12	16,11
	16.35	1380×10^{-3}	11	17,51
5	07.15	1180×10^{-3}	11,65	18,55
	16.35	1129×10^{-3}	12	19,18
6	07.15	806×10^{-3}	11,16	17,77
	16.35	1207×10^{-6}	11,10	17,67



Gambar 7. Kolerasi Antara Luaran Tegangan (VDC) Terhadap Waktu dan Kecepatan Putaran Motor (RPM)

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian tegangan DC (VDC) yang digunakan untuk mengontrol aktuator dalam sistem, dengan pengujian dilakukan sebanyak 12 kali. Nilai rata-rata tegangan yang diperoleh adalah 11,19V, yang menunjukkan kestabilan dalam pengaturan daya yang diberikan kepada aktuator. Pengujian lebih lanjut terhadap kecepatan aktuator, yang menggunakan tipe aktuator GW4632-370, menghasilkan rata-rata kecepatan putaran sebesar 17,94 RPM dari 12 kali pengujian. Hasil ini menggambarkan bagaimana perubahan tegangan berpengaruh terhadap kecepatan aktuator, dengan semakin tinggi tegangan yang diberikan, maka kecepatan aktuator cenderung meningkat, dan sebaliknya, penurunan tegangan menyebabkan penurunan kecepatan. Gambar 7 mengilustrasikan hubungan langsung antara tegangan VDC dan kecepatan aktuator, di mana kecepatan semakin meningkat dengan tingginya tegangan yang diterima. Selain itu, beban yang diterima oleh aktuator juga menjadi faktor signifikan yang mempengaruhi kinerja motor. Ketika aktuator menerima beban ringan, motor dapat beroperasi pada kecepatan maksimumnya. Namun, dengan meningkatnya beban, kecepatan motor berkurang karena kebutuhan energi yang lebih besar untuk mengatasi beban tersebut. Hal ini mencerminkan prinsip dasar mekanisme kontrol motor DC, yang dipengaruhi oleh variabel tegangan dan beban.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem otomatisasi pembersihan kotoran basah dan cair yang dikembangkan telah berhasil diimplementasikan di peternakan kambing di Desa Jangkang, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta. Penggunaan sensor *load cell* dalam sistem ini menghasilkan pengukuran berat kotoran dengan tingkat error rata-rata 4,9% dan akurasi sebesar 96,49%, yang menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan. Selain itu, pengaturan tegangan aktuator pada 11,19V dan kecepatan operasional rata-rata sebesar 17,94 RPM membuktikan bahwa aktuator dapat berfungsi dengan efisien dan konsisten dalam menggerakkan konveyor. Secara keseluruhan, penerapan sistem ini berhasil meningkatkan efisiensi dan kontrol dalam pengelolaan limbah ternak secara otomatis, yang berpotensi meningkatkan keberlanjutan dan produktivitas peternakan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dilaksanakan bersama mitra di peternakan kambing di Desa Jangkang, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta. Peneliti mengucapkan terimakasih kepada mitra yang telah bersedia berkontribusi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. W. Talakua, L. O. Kakisina, and N. R. Timisela, "Strategi Pengembangan Ternak Kambing Lakor: Pendekatan Produksi, Pendapatan, Dan Analisis Swot," *JSEP (Journal Soc. Agric. Econ.*, vol. 15, no. 1, p. 59, 2022, doi: 10.19184/jsep.v15i1.26474.
- [2] U. Ali and A. B. A. Mardhotillah, "Ipteks Pengembangan Usaha Penggemukan Kambing Peranakan Etawah," *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 7, no. 2, p. 1973, 2023, doi: 10.31764/jmm.v7i2.13861.
- [3] H. Aspriyono, N. Saputra, and E. P. Rohmawan, "Penerapan Wireless Sensor Network Untuk Deteksi Suhu, Kelembapan dan Gas Amonia Pada Kandang Sapi," *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 14, no. 1, pp. 89–94, 2024, doi: 10.33369/jamplifier.v14i1.31801.
- [4] M. A. Ichwanto, D. A. Asmara, L. G. O. Ramdhani, R. Nursafitri, and N. Najla, "Pemanfaatan Limbah Kotoran Kambing Sebagai Pupuk Organik Di Desa Kasembon, Kecamatan Bululawang," *J. Graha Pengabd.*, vol. 4, no. 1, p. 93, 2022, doi: 10.17977/um078v4i12022p93-101.
- [5] N. Z. Dewi, O. A. Hermawan, A. M. Luthfi, S. Putra Kunsina, and M. Putri Jati, "Enhancing Barn Hygiene through Smart Farming: A Goat Farm Case Study in Besijangkang using IoT," *J. Robot. Autom. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2023, [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/v3/jraee>
- [6] S. S. Tri Pamungkas and E. Pamungkas, "Pemanfaatan Limbah Kotoran Kambing Sebagai Tambahan Pupuk Organik Pada Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) DI PRE-NURSERY," *Mediagro*, vol. 15, no. 01, pp. 66–76, 2019, doi: 10.31942/md.v15i01.3071.
- [7] S. N. H. Hasanah and F. Jannah, "Pengolahan Kotoran Kambing Berbasis Zero Waste Pada Usaha Ternak Bapak Wardi Sukowono-Jember," *Konf. Nas. Mitra FISIP*, vol. 2, no. 1, pp. 468–473, 2024.
- [8] M. David, S. R. Sulistiyanti, H. Herlinawati, and H. Fitriawan, "Rancang Bangun Prototipe Kandang Kambing Sistem Terkoleksi Dan Pemberian Pakan Otomatis Berbasis Arduino Uno R3," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 2, pp. 102–107, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i2.2442.
- [9] E. Muchyar Hasiri and M. Arif Suryawan, "Penerapan Spray Fogging Pada Prototype Alat Sterilisasi Dan Cleaning Kandang Ayam Implementation of Spray Fogging on Prototype of Sterilization and Cleaning Tools Chicken Coop," *J. Inform.*, vol. 9, no. 2, pp. 10–18, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unidayan.ac.id/index.php/JIU>
- [10] E. Ekawati, F. Yudi Limpraptono, T. S. Elektro, I. Malang, and M. Indonesia, "Rancang Bangun Pembersih Kotoran Kandang Ayam Berdasarkan Kadar Gas Berbahaya Amonia berbasis Atmega 2560," *Magnetika*, vol. 7, no. 2, pp. 35–44, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/magnetika/article/view/8590>
- [11] D. Hermanto and D. Yendri, "Rancang Bangun Sistem Pembersih Kotoran Otomatis Pada Kandang Kelinci Berbasis Iot (Internet of Things)," *Chipset*, vol. 3, no. 02, pp. 146–154, 2022, doi: 10.25077/chipset.3.02.146-154.2022.
- [12] B. W. Ramadhan and Hikmah Nuzul, "Rancang Bangun Sistem Pemberi Pakan dan Pembersih Kotoran Pada Kandang Kelinci Berbasis Mikrokontroler Atmega 2560," *SinarFe7-3*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2020.
- [13] M. Y. Gunawan, A. Finawan, and A. F. Dewi, "Rancang bangun alat pengontrolan pembersih kotoran ayam dilengkapi dengan sistem pencucian otomatis berbasis mikrokontroler," vol. 8, no. 1, pp. 14–20, 2024.
- [14] I. Bagus, O. Tyagi Natha, Y. Herlambang, and H. Adiluhung, "Perancangan Conveyor Feses Sapi Untuk Meningkatkan Efektivitas Kerja Peternak Sapi Perah Tradisional Di Pangalengan," *e-Proceeding Art Des.*, vol. 7, no. 2, pp. 4915–4924, 2020.
- [15] Abdul Muis Muslimin, "Perancangan Alat Timbangan Digital Berbasis Arduino Leonardo Menggunakan Sensor Load cell," *J. Nat.*, vol. 17, no. 1, pp. 50–63, 2021.

