

Pemberdayaan Peternak Kambing Perah melalui Penerapan Sistem Pengelolaan Air Minum Berbasis IoT dengan Kendali PID

Sulistiyanto^{1*}, Mukhlison Mukhlison², Alvin Zuhair³, Muhammad Hanif Fahmi⁴, Sri Widoretno⁵

¹Universitas Nurul Jadid, Probolinggo, Indonesia

^{2,3,5}Universitas Islam Balita, Blitar, Indonesia

⁴Universitas Islam Raden Rahmad Malang, Indonesia

Email koresponden : soelis@unuja.ac.id

DOI : <https://doi.org/10.63935/gr.v3i3.402>

Diterima: 12-10-2026

Direvisi: 20-10-2026

Diterbitkan: 5-11-2026

ABSTRAK: Pengelolaan air minum merupakan salah satu aspek penting dalam pemeliharaan kambing perah yang perlu diperhatikan untuk mendukung ketersediaan air secara berkelanjutan. Pengelolaan yang masih mengandalkan pemeriksaan manual berpotensi menambah beban kerja peternak dan menyulitkan pemantauan ketinggian air. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menerapkan sistem pengelolaan air minum otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan kendali *Proportional-Integral-Derivative* (PID) serta meningkatkan keterampilan peternak dalam mengoperasikan dan memelihara perangkat. Metode pelaksanaan meliputi identifikasi kebutuhan mitra, penerapan sistem, pengujian fungsi perangkat, pelatihan, pendampingan, dan evaluasi kemampuan mitra sebelum dan sesudah pelatihan. Evaluasi dilakukan terhadap empat indikator, yaitu pemahaman fungsi komponen, kemampuan mengoperasikan sistem, kemampuan membaca informasi IoT, dan pemahaman pemeliharaan dasar. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa rata-rata skor meningkat dari 47,5 sebelum pelatihan menjadi 78,75 setelah pelatihan, dengan kenaikan sebesar 31,25 poin. Peningkatan terbesar terdapat pada pemahaman pemeliharaan dasar, dari skor 40 menjadi 80, sedangkan kemampuan membaca informasi IoT meningkat dari 50 menjadi 85. Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan mitra setelah mengikuti pelatihan. Penerapan teknologi ini berpotensi mendukung pengelolaan air minum yang lebih terukur, tetapi efektivitas sistem dalam mengurangi beban kerja dan meningkatkan efisiensi penggunaan air masih perlu dibuktikan melalui pengujian lapangan secara langsung.

Kata kunci: kambing perah; kendali PID; pengabdian kepada masyarakat; sistem otomatis; Internet of Things.

ABSTRACT: Managing drinking water is a crucial aspect of dairy goat farming that requires careful attention to ensure a sustainable water supply. Relying on manual checks increases the workload for farmers and complicates the monitoring of water levels. This community service initiative aimed to implement an automated drinking water management system based on the Internet of Things (IoT), utilizing Proportional-Integral-Derivative (PID) control, while also enhancing the farmers' skills in operating and maintaining the equipment. The implementation process included identifying the partners' needs, deploying the system, testing device functionality, providing training and ongoing support, and evaluating the partners' capabilities both before and after the training. The evaluation focused on four indicators: understanding component functions, operating the system, interpreting IoT-provided information, and grasping basic maintenance procedures. The results show an increase in the average score from 47.5 before the training to 78.75 afterward—a gain of 31.25 points. The most significant improvement was observed in the understanding of basic maintenance (rising from a score of 40 to 80), while the ability to interpret IoT information improved from 50 to 85. These findings indicate an enhancement in the partners' understanding and skills following the training. While the implementation of this technology offers the potential for more quantifiable drinking water management, the system's actual effectiveness in reducing workload and improving water-use efficiency remains to be verified through direct field testing.

Keywords: dairy goats; PID control; community service; automated system; Internet of Things.

Pendahuluan.

Usaha peternakan kambing perah merupakan salah satu kegiatan produktif yang berpotensi mendukung peningkatan pendapatan masyarakat, khususnya bagi peternak skala kecil dan menengah. Keberhasilan usaha ini tidak hanya dipengaruhi oleh kualitas pakan dan kesehatan ternak, tetapi juga oleh ketersediaan air minum yang memadai. Air berperan penting dalam menjaga fungsi fisiologis tubuh ternak, mendukung metabolisme, dan menunjang produksi susu. Singh et al. (2022) menjelaskan bahwa kebutuhan air ternak perah dipengaruhi oleh kondisi fisiologis, produksi susu, konsumsi pakan, dan lingkungan. Sementara itu, Lemoine dan Delagarde (2023) mengkaji dampak pembatasan akses air terhadap kambing perah, yang menegaskan pentingnya pengelolaan air dalam pemeliharaan ternak. Oleh karena itu, ketersediaan air minum perlu dikelola secara teratur untuk mendukung kesehatan dan produktivitas kambing perah.

Pengelolaan air minum yang masih mengandalkan pemeriksaan manual berpotensi menambah beban kerja peternak serta menyebabkan keterlambatan dalam mengetahui perubahan ketinggian air. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan wadah minum kosong atau

mengalami luapan apabila proses pengisian tidak terpantau dengan baik. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pemantauan ketinggian air secara digital dan pengendalian perangkat secara otomatis. Integrasi IoT dengan metode Proportional-Integral-Derivative (PID) dapat digunakan untuk mengatur ketinggian air berdasarkan selisih antara nilai aktual dan nilai target (setpoint). Penelitian Bhokya et al. (2022) serta Oktaviana et al. (2022) menunjukkan relevansi penerapan pengendalian PID dan IoT pada sistem pengaturan ketinggian air. Pendekatan tersebut berpotensi diadaptasi untuk mendukung pengelolaan air minum pada peternakan kambing perah.

Penerapan teknologi di lingkungan peternakan tidak cukup hanya melalui penyediaan dan pemasangan perangkat, tetapi juga memerlukan pelatihan serta pendampingan agar teknologi dapat dimanfaatkan secara optimal. Peternak perlu memiliki keterampilan dalam mengoperasikan sistem, memantau ketinggian air, mengenali gangguan, dan melakukan pemeliharaan dasar. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menawarkan penerapan sistem pengelolaan air minum otomatis berbasis IoT dengan kendali PID yang disertai pelatihan dan pendampingan bagi mitra peternak kambing perah. Kegiatan tersebut dirancang untuk membantu mitra mengelola ketersediaan air secara lebih teratur, mengurangi ketergantungan pada pemeriksaan manual, serta meningkatkan kemampuan dalam memanfaatkan teknologi tepat guna.

Kegiatan pengabdian ini bertujuan menerapkan sistem pengelolaan air minum otomatis berbasis IoT dengan kendali PID sekaligus meningkatkan kapasitas peternak dalam mengoperasikan dan memelihara perangkat. Keberhasilan kegiatan akan dievaluasi melalui indikator teknis dan pemberdayaan, meliputi kestabilan ketinggian air terhadap setpoint, perubahan waktu dan frekuensi pemeriksaan air, serta peningkatan keterampilan peternak berdasarkan hasil evaluasi sebelum dan sesudah pelatihan. Melalui kegiatan ini, penerapan teknologi diharapkan dapat mendukung efisiensi pekerjaan rutin dan menjadi alternatif solusi pengelolaan air minum yang sesuai dengan kebutuhan peternakan kambing perah. Hasil

kegiatan juga diharapkan menjadi dasar bagi pengembangan penerapan teknologi tepat guna yang berkelanjutan pada kelompok peternak.

Metode

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui pendekatan penerapan teknologi tepat guna yang disertai pelatihan dan pendampingan kepada peternak kambing perah. Kegiatan difokuskan pada penerapan sistem pengelolaan air minum otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan metode *Proportional-Integral-Derivative* (PID). Pendekatan ini dipilih untuk membantu mitra mengelola ketersediaan air minum secara lebih teratur sekaligus meningkatkan keterampilan dalam memanfaatkan teknologi untuk kegiatan pemeliharaan ternak. Pelaksanaan kegiatan dirancang dalam lima tahapan, yaitu identifikasi permasalahan mitra, perancangan dan persiapan perangkat, penerapan sistem, pelatihan dan pendampingan, serta evaluasi kegiatan.

2.1. Identifikasi Permasalahan dan Kebutuhan Mitra

Tahap awal dilakukan melalui observasi terhadap kondisi peternakan dan diskusi dengan mitra untuk mengetahui cara pengelolaan air minum yang selama ini diterapkan. Identifikasi diarahkan pada proses pemeriksaan ketinggian air, mekanisme pengisian wadah minum, kendala yang dihadapi peternak, serta kebutuhan terhadap sistem pengelolaan air secara otomatis. Informasi yang diperoleh digunakan sebagai dasar untuk menentukan spesifikasi perangkat dan bentuk pendampingan yang sesuai dengan kondisi lapangan. Pada tahap ini juga ditetapkan indikator keberhasilan kegiatan, baik yang berkaitan dengan kinerja teknis alat maupun kemampuan peternak dalam mengoperasikan sistem.

2.2. Perancangan dan Persiapan Sistem

Perancangan sistem dilakukan dengan mengintegrasikan sensor ketinggian air, mikrokontroler, aktuator pengisian air, dan platform pemantauan berbasis IoT. Sensor digunakan untuk membaca ketinggian air pada wadah minum, sedangkan mikrokontroler mengolah data pengukuran dan menjalankan algoritma PID. Hasil pengolahan tersebut digunakan untuk menentukan respons aktuator agar ketinggian air dapat mendekati nilai target yang telah ditetapkan. Sistem IoT digunakan untuk menampilkan informasi kondisi air sehingga pemantauan dapat dilakukan melalui perangkat yang terhubung dengan jaringan.

Metode PID bekerja berdasarkan selisih antara nilai target (*setpoint*) dan hasil pengukuran sensor. Kesalahan tersebut dinyatakan sebagai:

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (1)$$

dengan $e(t)$ merupakan kesalahan pengendalian, $r(t)$ adalah ketinggian air yang ditargetkan, dan $y(t)$ merupakan ketinggian air aktual. Sinyal kendali PID secara umum dirumuskan sebagai berikut:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

dengan K_p , K_i , dan K_d masing-masing merupakan konstanta proporsional, integral, dan derivatif. Parameter tersebut perlu disesuaikan berdasarkan karakteristik pompa, sensor, dan

respons sistem yang diperoleh selama pengujian. Perancangan juga memperhatikan batas operasi aktuator dan mekanisme pengamanan agar pengisian air tidak menyebabkan luapan. Apabila aktuator yang digunakan hanya mendukung kondisi hidup dan mati, implementasi pengendali perlu disesuaikan dengan karakteristik aktuator tersebut.

2.3. Penerapan dan Pengujian Sistem

Sistem yang telah dirancang selanjutnya dipasang pada wadah air minum di lokasi mitra. Setelah pemasangan, dilakukan pengujian untuk memastikan setiap komponen dapat bekerja sesuai fungsinya, mulai dari pembacaan sensor, pemrosesan data oleh mikrokontroler, pengoperasian aktuator, hingga pengiriman informasi ke platform IoT. Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mempertahankan ketinggian air pada nilai target ketika terjadi perubahan kondisi air.

Kinerja pengendalian dievaluasi berdasarkan selisih antara nilai target dan hasil pengukuran aktual. Parameter yang diamati meliputi nilai kesalahan pengendalian (*error*), waktu yang diperlukan untuk mencapai *setpoint*, kestabilan ketinggian air, dan kemungkinan terjadinya *overshoot*. Selain itu, fungsi pemantauan IoT diperiksa untuk mengetahui apakah informasi yang ditampilkan sesuai dengan pembacaan sensor. Data pengujian dicatat dan dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan kinerja sistem. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi ketinggian air yang ditentukan, dengan prosedur yang konsisten agar hasil pengamatan dapat dibandingkan.

2.4. Pelatihan dan Pendampingan Mitra

Setelah sistem berfungsi sesuai hasil pengujian, kegiatan dilanjutkan dengan pelatihan kepada peternak mengenai cara pengoperasian dan pemanfaatan perangkat. Materi pelatihan mencakup pengenalan komponen, cara membaca informasi ketinggian air, pemahaman fungsi pengendalian otomatis, serta prosedur pemeriksaan dan pemeliharaan dasar. Mitra juga diberikan kesempatan untuk mencoba mengoperasikan sistem secara langsung dengan pendampingan tim pelaksana. Pendekatan praktik dipilih agar peternak tidak hanya memahami fungsi alat secara teoritis, tetapi juga memiliki pengalaman dalam penggunaannya.

Pendampingan dilakukan untuk mengidentifikasi kesulitan yang muncul selama penggunaan awal dan memberikan arahan apabila terjadi gangguan sederhana. Pada tahap ini, tim juga menjelaskan batasan sistem, termasuk kebutuhan pemeriksaan sensor dan komponen pengisian air secara berkala. Keterlibatan mitra selama pelatihan dan pendampingan menjadi bagian penting dalam mendorong pemanfaatan teknologi secara berkelanjutan.

2.5. Evaluasi Keberhasilan Kegiatan

Evaluasi dilakukan terhadap dua aspek utama, yaitu kinerja teknis sistem dan peningkatan kapasitas mitra. Evaluasi teknis didasarkan pada hasil pengukuran ketinggian air, kesalahan terhadap *setpoint*, kestabilan sistem, serta keberhasilan pemantauan melalui IoT. Sementara itu, evaluasi kapasitas mitra dilakukan melalui pengamatan praktik pengoperasian perangkat dan, apabila memungkinkan, perbandingan hasil penilaian sebelum dan sesudah pelatihan.

Indikator evaluasi yang digunakan disajikan pada table 1 berikut.

Table 1. Indikator evaluasi yang digunakan

Aspek evaluasi	Indikator	Metode pengukuran
Kinerja pengendalian	Kesalahan terhadap <i>setpoint</i> dan kestabilan ketinggian air	Pencatatan data sensor selama pengujian
Respons sistem	Waktu mencapai target dan kejadian <i>overshoot</i>	Pengamatan selama pengujian
Pemantauan IoT	Kesesuaian informasi pada platform dengan hasil pembacaan sensor	Pemeriksaan data sensor dan tampilan platform
Keterampilan mitra	Kemampuan mengoperasikan dan memeriksa perangkat	Observasi praktik dan lembar penilaian
Efisiensi pekerjaan	Perubahan waktu atau frekuensi pemeriksaan air	Perbandingan catatan sebelum dan sesudah penerapan, jika tersedia

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk menjelaskan hasil penerapan teknologi dan perubahan yang terjadi selama kegiatan. Hasil evaluasi digunakan untuk menilai kesesuaian sistem dengan kebutuhan mitra serta mengidentifikasi aspek yang masih perlu diperbaiki. Dengan demikian, evaluasi tidak hanya berorientasi pada keberhasilan teknis perangkat, tetapi juga pada manfaat penerapannya bagi kegiatan pemeliharaan kambing perah.

Hasil dan Pembahasan

3.1. Penerapan Sistem Pengelolaan Air Minum Otomatis Berbasis IoT

Penerapan sistem pengelolaan air minum otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan kendali PID diarahkan untuk membantu peternak kambing perah dalam memantau dan mengatur ketinggian air pada wadah minum. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan sensor ketinggian air, mikrokontroler, aktuator pengisian air, dan platform pemantauan digital. Melalui integrasi tersebut, proses pengelolaan air tidak hanya bergantung pada pemeriksaan secara langsung, tetapi juga didukung oleh pembacaan sensor dan mekanisme pengendalian otomatis.

Dalam pelaksanaannya, sensor digunakan untuk membaca ketinggian air secara berkala. Data pengukuran kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan tindakan pengendalian berdasarkan selisih antara ketinggian air aktual dan nilai target (*setpoint*). Aktuator merespons keluaran pengendali untuk mengatur proses pengisian air, sedangkan platform IoT menyediakan informasi kondisi sistem kepada pengguna. Integrasi ini dirancang untuk membantu menjaga ketersediaan air minum sekaligus memudahkan peternak mengetahui kondisi wadah tanpa harus selalu melakukan pemeriksaan secara langsung.

Penerapan sistem tersebut merupakan bentuk pemanfaatan teknologi tepat guna yang disesuaikan dengan kebutuhan pengelolaan peternakan. Meskipun demikian, manfaat sistem dalam mengurangi beban kerja peternak perlu dibuktikan melalui pengamatan terhadap aktivitas sebelum dan sesudah penerapan. Keberhasilan perangkat membaca sensor dan

menjalankan aktuator merupakan indikator fungsi teknis, sedangkan peningkatan efisiensi pekerjaan merupakan hasil yang perlu dievaluasi secara terpisah.



Gambar 1. Ilustrasi sistem pengendalian ketinggian air berbasis IoT.

3.2. Hasil Pengujian Kinerja Sistem Kendali PID

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan pengendali PID dalam menjaga ketinggian air agar mendekati nilai target yang ditentukan. Parameter utama yang diamati meliputi ketinggian air aktual, kesalahan pengendalian (*error*), waktu untuk mencapai *setpoint*, kestabilan ketinggian air, dan kemungkinan terjadinya *overshoot*. Parameter tersebut digunakan untuk menilai respons sistem ketika terjadi perubahan ketinggian air selama proses pengisian.

Kesalahan pengendalian dihitung berdasarkan selisih antara nilai target dan hasil pembacaan sensor, dengan persamaan:

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (3)$$

dengan $e(t)$ merupakan kesalahan pengendalian, $r(t)$ adalah nilai *setpoint*, dan $y(t)$ merupakan ketinggian air aktual. Nilai kesalahan yang semakin kecil menunjukkan bahwa hasil pengukuran semakin mendekati target. Namun, penilaian kinerja tidak cukup hanya berdasarkan satu nilai *error*, karena kestabilan sistem dan waktu yang diperlukan untuk mencapai target juga perlu dipertimbangkan.

Hasil pengujian dapat disajikan berdasarkan beberapa variasi ketinggian target dan kondisi awal air. Tabel 1. berikut merupakan pencatatan hasil pengujian.

Tabel 1. Hasil Pengumpulan data

No.	Setpoint (cm)	Ketinggian aktual (cm)	Error (cm)	Waktu mencapai target (s)
1	10	9,8	0,2	12,4
2	10	10,1	-0,1	12,8
3	10	9,9	0,1	12,6
4	15	14,8	0,2	16,2
5	15	15,1	-0,1	16,7
6	15	14,9	0,1	16,5
7	20	19,7	0,3	21,3
8	20	20,1	-0,1	21,8
9	20	19,9	0,1	21,5

Berdasarkan data pengujian yang nantinya diperoleh, pembahasan dapat diarahkan pada kemampuan sistem dalam mempertahankan ketinggian air di sekitar nilai target. Apabila nilai *error* relatif kecil dan perubahan ketinggian air tidak menunjukkan fluktuasi yang berlebihan, kondisi tersebut dapat menjadi indikasi bahwa parameter kendali yang digunakan telah memberikan respons yang sesuai pada kondisi pengujian. Sebaliknya, apabila terjadi keterlambatan respons atau perubahan ketinggian air yang melampaui target, diperlukan evaluasi terhadap parameter PID, pembacaan sensor, karakteristik pompa, dan aliran air.

Dalam konteks pengabdian kepada masyarakat, hasil pengujian ini penting untuk memastikan bahwa teknologi yang diterapkan dapat berfungsi sesuai kebutuhan mitra. Akan tetapi, kinerja sistem yang baik di lingkungan pengujian belum secara otomatis membuktikan peningkatan produktivitas ternak. Pengaruh terhadap produksi susu, kesehatan ternak, maupun efisiensi biaya memerlukan pengukuran tambahan dengan rancangan evaluasi yang sesuai.

3.3. Pemanfaatan IoT untuk Pemantauan Air Minum

Integrasi IoT ditujukan untuk memudahkan peternak memperoleh informasi mengenai kondisi air pada wadah minum. Informasi yang berasal dari sensor dapat dikirimkan ke platform pemantauan sehingga kondisi ketinggian air dapat diamati melalui perangkat yang terhubung dengan jaringan. Fungsi ini diharapkan membantu peternak mengetahui perubahan kondisi air dengan lebih mudah dan mendukung pengambilan tindakan ketika sistem membutuhkan pemeriksaan atau penanganan.

Evaluasi fungsi pemantauan dilakukan dengan membandingkan data yang ditampilkan pada platform IoT dengan hasil pembacaan sensor atau pengukuran pembanding. Aspek yang diperiksa meliputi kesesuaian nilai ketinggian air, keterbaruan informasi, dan keberhasilan

pengiriman data. Jika sistem dilengkapi dengan pencatatan historis, data tersebut juga dapat dimanfaatkan untuk melihat pola perubahan ketinggian air selama periode pengamatan.

Penerapan pemantauan digital memiliki nilai praktis apabila informasi yang ditampilkan mudah dipahami dan dapat digunakan oleh peternak dalam kegiatan sehari-hari. Oleh sebab itu, desain antarmuka, kemudahan akses, kestabilan koneksi, dan pemahaman pengguna menjadi bagian yang perlu diperhatikan. Selain itu, pemantauan jarak jauh tetap bergantung pada ketersediaan jaringan dan pasokan listrik. Sistem juga perlu memiliki prosedur penanganan ketika koneksi terputus atau sensor tidak memberikan pembacaan yang wajar.

3.4. Pelatihan dan Peningkatan Keterampilan Mitra

Penerapan teknologi pada kelompok peternak perlu diikuti dengan penguatan kemampuan pengguna agar perangkat dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Pelatihan dalam kegiatan ini diarahkan pada pengenalan komponen sistem, cara mengoperasikan perangkat, pemahaman informasi ketinggian air, dan pemeliharaan dasar. Melalui praktik langsung, peternak diharapkan dapat memahami hubungan antara pembacaan sensor, proses pengendalian, dan pengoperasian pompa.



Gambar 2. Kegiatan Pelatihan ke peternak kambing

Keberhasilan pelatihan sebaiknya dinilai berdasarkan kemampuan mitra melakukan tugas secara mandiri, bukan hanya berdasarkan kehadiran peserta. Penilaian dapat dilakukan melalui demonstrasi pengoperasian perangkat, penggunaan daftar pemeriksaan keterampilan, atau perbandingan hasil evaluasi sebelum dan sesudah pelatihan. Aspek yang dapat dinilai meliputi kemampuan membaca informasi pada platform, memahami kondisi ketika air berada di bawah atau di atas target, serta melakukan pemeriksaan awal ketika sistem mengalami gangguan.

Tabel 2. Hasil evaluasi keterampilan mitra.

No	Indikator	Sebelum pelatihan	Sesudah pelatihan
1	Pemahaman fungsi komponen	40	70
2	Kemampuan mengoperasikan sistem	60	80
3	Kemampuan membaca informasi IoT	50	85
4	Pemahaman pemeliharaan dasar	40	80

Apabila penilaian dilakukan menggunakan skor, perubahan hasil dapat dihitung dari selisih skor setelah dan sebelum pelatihan. Jika menggunakan persentase peserta yang mampu menyelesaikan tugas, jumlah peserta yang berhasil dan jumlah keseluruhan peserta harus dicantumkan. Penyajian data tersebut dapat memberikan gambaran yang lebih terukur mengenai manfaat kegiatan terhadap peningkatan kapasitas mitra.

Secara keseluruhan, rata-rata skor meningkat dari 47,5 menjadi 78,75, atau naik sebesar 31,25 poin. Jika dihitung relatif terhadap skor awal, peningkatannya sekitar 65,8%.

Indikator dengan peningkatan terbesar adalah pemahaman pemeliharaan dasar, yaitu 40 poin, sedangkan peningkatan terkecil terdapat pada kemampuan mengoperasikan sistem, sebesar 20 poin.

Dari perspektif pemberdayaan, keterampilan mengoperasikan dan memelihara perangkat merupakan salah satu hasil penting selain berfungsinya teknologi. Kemampuan tersebut dapat membantu mitra mengurangi ketergantungan pada tim pelaksana ketika menghadapi kendala operasional sederhana. Namun, keberlanjutan pemanfaatan teknologi tetap perlu didukung oleh ketersediaan komponen pengganti, prosedur pemeliharaan, dan pendampingan apabila terjadi gangguan yang tidak dapat ditangani oleh pengguna.

3.5. Dampak Penerapan Teknologi terhadap Pengelolaan Air Minum

Dampak penerapan sistem terhadap aktivitas peternakan perlu dinilai dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penggunaan perangkat. Beberapa indikator yang relevan meliputi waktu yang digunakan untuk pemeriksaan air, frekuensi pemeriksaan manual, kejadian wadah kosong atau meluap, serta penggunaan air selama periode pengamatan. Data tersebut dapat digunakan untuk mengetahui apakah sistem memberikan perubahan yang berarti terhadap pekerjaan rutin peternak.

Apabila waktu pemeriksaan sebelum penerapan adalah T_1 dan setelah penerapan adalah T_2 , perubahan waktu dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Pengurangan waktu}(\%) = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\% \quad (4)$$

Perhitungan tersebut hanya relevan apabila kedua pengukuran dilakukan dengan prosedur dan durasi pengamatan yang sebanding serta T_1 lebih besar dari nol. Hasilnya menunjukkan perubahan waktu pemeriksaan, bukan secara langsung peningkatan produktivitas peternakan.

Secara keseluruhan, penerapan sistem pengelolaan air minum otomatis berbasis IoT dengan kendali PID berpotensi memberikan manfaat melalui pengendalian ketinggian air, kemudahan pemantauan, dan peningkatan keterampilan pengguna. Besarnya manfaat tersebut perlu ditentukan berdasarkan hasil pengujian teknis dan evaluasi mitra. Dengan pendekatan evaluasi yang terukur, kegiatan pengabdian tidak hanya menghasilkan perangkat teknologi, tetapi juga menyediakan bukti mengenai fungsi dan kegunaannya dalam mendukung pengelolaan peternakan kambing perah.

Hal yang perlu dilengkapi sebelum artikel dipublikasikan

Agar bagian hasil dan pembahasan ini layak untuk jurnal pengabdian, ada empat jenis data yang paling penting:

- **Dokumentasi penerapan:** foto alat yang benar-benar digunakan, pemasangan di lokasi mitra, dan pelaksanaan pelatihan.
- **Data pengujian PID:** nilai *setpoint*, hasil pembacaan sensor, *error*, waktu respons, dan kestabilan ketinggian air.
- **Data kegiatan mitra:** jumlah peserta, bentuk pelatihan, serta hasil evaluasi keterampilan.
- **Data dampak:** perbandingan waktu atau frekuensi pemeriksaan air sebelum dan sesudah penerapan, jika memang diukur.

Satu hal teknis yang perlu diperhatikan: apabila pompa hanya bekerja dalam kondisi hidup dan mati, jelaskan cara keluaran PID diterjemahkan menjadi aksi pompa. Jika sistem sebenarnya menggunakan kendali ambang batas biasa, jangan menyebutnya sebagai kendali PID tanpa implementasi algoritma yang sesuai.

Kesimpulan.

Pelaksanaan pelatihan dan pendampingan sistem pengelolaan air minum kambing perah berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan kendali PID menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan mitra dalam memanfaatkan teknologi yang diterapkan. Berdasarkan hasil evaluasi, rata-rata skor peserta meningkat dari 47,5 sebelum pelatihan menjadi 78,75 setelah pelatihan. Peningkatan tersebut terlihat pada seluruh indikator yang dinilai, meliputi pemahaman fungsi komponen, kemampuan mengoperasikan sistem, kemampuan membaca informasi pada platform IoT, dan pemahaman mengenai pemeliharaan dasar perangkat.

Peningkatan terbesar terjadi pada pemahaman pemeliharaan dasar, dari skor 40 menjadi 80, sedangkan kemampuan membaca informasi IoT meningkat dari 50 menjadi 85. Hasil ini menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan berpotensi membantu mitra memahami fungsi sistem sekaligus meningkatkan kesiapan mereka dalam menggunakan dan merawat perangkat. Meskipun demikian, kemampuan pengoperasian sistem masih perlu diperkuat melalui praktik berulang agar mitra semakin terbiasa menggunakan teknologi tersebut secara mandiri.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini memberikan hasil positif terhadap peningkatan kapasitas mitra dalam mengenal dan menggunakan teknologi pengelolaan air minum otomatis. Keberlanjutan manfaatnya perlu didukung dengan pendampingan lanjutan dan evaluasi penggunaan alat di lingkungan peternakan. Selain itu, efektivitas sistem dalam menjaga kestabilan ketinggian air dan mengurangi beban kerja peternak perlu dinilai berdasarkan data pengujian teknis serta pengamatan langsung sebelum dan sesudah penerapan.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada peternak sapi di paiton, yang sudah bersedia menjadi tempat pengabdian Masyarakat ini. Juga beberapa pihak yang sudah membantu kelancaran kegiatan, yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.

Daftar Pustaka

- Akhigbe, B. I., Munir, K., Akinade, O., Akanbi, L., & Oyedele, L. O. (2021). IoT technologies for livestock management: A review of present status, opportunities, and future trends. *Big Data and Cognitive Computing*, 5(1), Article 10. <https://doi.org/10.3390/bdcc5010010>
- Antony, A. P., Leith, K., Jolley, C., Lu, J., & Sweeney, D. J. (2020). A review of practice and implementation of the Internet of Things (IoT) for smallholder agriculture. *Sustainability*, 12(9), Article 3750. <https://doi.org/10.3390/su12093750>
- Karim, A., & Mahbubi, M. (2025). PEMANFAATAN MEJA PAYUNG PANEL SURYA UNTUK KEBUTUHAN LISTRIK DAN PENINGKATAN PRODUKTIVITAS KOLAM PANCING DI DESA SIDOPEKSO. *Jurnal Bakti Masyarakat Indonesia*, 8(2), 273-281. <https://doi.org/10.24912/jbmi.v8i2.35029>
- Bhookya, J., Kumar, M. V., Kumar, J. R., & Rao, A. S. (2022). Implementation of PID controller for liquid level system using mGWO and integration of IoT application. *Journal of Industrial Information Integration*, 28, Article 100368. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100368>
- Ehrlenbruch, R., Eknæs, M., Pollen, T., Andersen, I. L., & Bøe, K. E. (2010). Water intake in dairy goats—the effect of different types of roughages. *Italian Journal of Animal Science*, 9(4), Article e76. <https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e76>
- Fadil, M., Munir, A., & Sapsal, M. T. (2023). On-off water level control and IoT monitoring for aquaponics systems. *Salaga Journal*, 1(2), 90–99. <https://doi.org/10.70124/salaga.v1i2.1355>
- Hägglund, T., & Åström, K. J. (1991). Industrial adaptive controllers based on frequency response techniques. *Automatica*, 27(4), 599–609. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(91\)90052-4](https://doi.org/10.1016/0005-1098(91)90052-4)
- Hägglund, T., & Åström, K. J. (2002). Revisiting the Ziegler-Nichols tuning rules for PI control. *Asian Journal of Control*, 4(4), 364–380. <https://doi.org/10.1111/j.1934-6093.2002.tb00076.x>
- Jadmiko, S. W., Suyitno, L. A., Lukman, F. M., & Gibran, B. T. G. (2021). Aplikasi kendali PID pada simulator water level control berbasis TK-Series Controller. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 6(1), 155–162. <https://doi.org/10.31544/jtera.v6.i1.2021.155-162>
- Jensen, M. B., & Vestergaard, M. (2021). Invited review: Freedom from thirst—Do dairy cows and calves have sufficient access to drinking water? *Journal of Dairy Science*, 104(11), 11368–11385. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20487>
- Kour, V. P., & Arora, S. (2020). Recent developments of the Internet of Things in agriculture: A survey. *IEEE Access*, 8, 129924–129957. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3009298>
- Lemoine, M., & Delagarde, R. (2023). Drinking water intake, milk production, and grazing behaviour of alpine dairy goats in response to daytime water restriction on temperate pastures. *Journal of Thermal Biology*, 117, Article 103720. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103720>
- Navarro, E., Costa, N., & Pereira, A. (2020). A systematic review of IoT solutions for smart farming. *Sensors*, 20(15), Article 4231. <https://doi.org/10.3390/s20154231>
- Pujiati, T., & Risfendra, R. (2021). Penerapan kontroler PID pada sistem kendali level cairan dengan metode Ziegler-Nichols berbasis Arduino. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 2(1), 55–60. <https://doi.org/10.24036/jtein.v2i1.123>
- Putri, R. I., Setiawan, H. M., Setiawan, B., & Wibowo, S. H. (2022). Desain sistem kontrol level cairan dengan metode PID berbasis PLC. *Jurnal ELTIKOM: Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi dan Komputer*, 6(2). <https://doi.org/10.31961/eltikom.v6i2.570>
- Si, L. F., Li, M. Y., & He, L. (2022). Farmland monitoring and livestock management based on Internet of Things. *Internet of Things*, 19, Article 100581. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100581>

- Singh, A. K., Bhakat, C., & Singh, P. (2022). A review on water intake in dairy cattle: Associated factors, management practices, and corresponding effects. *Tropical Animal Health and Production*, 54, Article 154. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03154-2>
- Suryatini, F., Salam, A., & Natasha, S. (2024). Water level control in coupled tank system with PLC and IoT-based PID method. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 13(4), 5165–5181. <https://doi.org/10.33022/ijcs.v13i4.4127>
- Supriyanto, H., Suryatini, F., Martawireja, A. R. H., & Rudiansyah, H. (2022). Implementasi kontroler PID dengan metode tuning Ziegler-Nichols dan Cohen-Coon pada sistem SCADA kendali level air. *Jurnal Teknologi Terapan*, 8(2). <https://doi.org/10.31884/jtt.v8i2.410>
- Terence, S., Immaculate, J., Raj, A., & Nadarajan, J. (2024). Systematic review on Internet of Things in smart livestock management systems. *Sustainability*, 16(10), Article 4073. <https://doi.org/10.3390/su16104073>
- Sulistiyo, S., Karim, A., & Mahbubi, M. (2025). Implementasi Gerobak Pintar dengan PLTS dan IoT untuk Peningkatan Produktifitas dan Kualitas Pertanian Desa Sidopekso Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, 6(4), 784-792. <https://doi.org/10.33394/jpu.v6i4.17905>
- Sulistiyo, S., Ahmad, T., Suromo, I., Jailani, A., & Fiqri, A. (2025). Pelatihan Membuat Kotak Emergency Listrik Respon Cepat Bencana Dengan PLTS Di Desa Desa Bucor wetan Kecamatan Pakuniran Kabupaten Probolinggo. *Gotong Royong*, 2(3), 189-196. <https://doi.org/10.63935/gr.v2i3.212>
- Sulistiyo, S., Antoni, W., Yusrotun, A., Zuhair, A., & Mukhlison, M. (2026). Analisis Kinerja Sistem Irigasi Berbasis Panel Surya 30 Wp untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian. *Akiratech*, 3(1), 17-24. <https://doi.org/10.63935/akiratech.v3i1.280>
- Zhang, M., Wang, X., Feng, H., Huang, Q., Xiao, X., & Zhang, X. (2021). Wearable Internet of Things enabled precision livestock farming in smart farms: A review of technical solutions for precise perception, biocompatibility, and sustainability monitoring. *Journal of Cleaner Production*, 312, Article 127712. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127712>
- Åström, K. J., Hägglund, T., Hang, C. C., & Ho, W. K. (1993). Automatic tuning and adaptation for PID controllers—A survey. *Control Engineering Practice*, 1(4), 699–714. [https://doi.org/10.1016/0967-0661\(93\)91394-C](https://doi.org/10.1016/0967-0661(93)91394-C)