

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PROTOTIPE SISTEM PEMBERSIHAN KANDANG SAPI DAN PEMANTAUAN KETINGGIAN AIR BERBASIS IoT

Bayu Nugroho¹, *Yuda Septiawan², Danang Muktiawan³, Meiliza⁴, Agus Rahardi⁵

Sistem Komputer, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, Lampung, Indonesia^{1,3,5}

Teknik Informatika, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, Lampung, Indonesia²

Pendidikan Teknologi Informasi, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, Lampung, Indonesia⁴

bayu@darmajaya.ac.id¹, yuda.septiawan@darmajaya.ac.id², danang@darmajaya.ac.id³,
meiliza@darmajaya.ac.id⁴, agus.rahardi@darmajaya.ac.id⁵

**Corresponding Author*

ABSTRACT

Peternakan sapi merupakan salah satu sektor usaha yang berkembang di Indonesia, namun proses pembersihan kandang dan pemantauan ketersediaan air masih banyak dilakukan secara manual sehingga menimbulkan beban kerja tinggi dan risiko keterlambatan pembersihan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem pembersih kandang sapi berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu beroperasi secara otomatis dan terjadwal. Penelitian ini menggunakan pendekatan prototype development dengan arsitektur sistem yang terdiri dari NodeMCU ESP8266 sebagai unit kendali utama, aktuator berupa motor DC wiper dan dua pompa air DC, serta sensor ultrasonik HC-SR04 untuk monitoring level air tangki secara realtime. Antarmuka website berbasis XAMPP digunakan untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh. Pengujian dilakukan pada tiga skenario utama: jadwal pembersihan, kontrol otomatis pengisian tangki, dan kontrol manual via website. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan pembersihan kandang sesuai jadwal pada pukul 06.00, 12.00, dan 18.00 WIB dengan tingkat keberhasilan 100%, mengisi tangki air secara otomatis ketika level air kurang dari atau sama dengan 20%, serta menghentikan pengisian ketika level mencapai 90%. Waktu transmisi data dari NodeMCU ke website rata-rata kurang dari 2 detik. Sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi pengelolaan kebersihan kandang sapi secara signifikan.

Keywords : IoT, NodeMCU ESP8266, Otomasi Peternakan, Sensor Ultrasonik, Sistem Pembersih Kandang.

1. Introduction

Peternakan sapi merupakan salah satu subsektor peternakan strategis di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, populasi sapi potong di Indonesia mencapai sekitar 18,05 juta ekor, tersebar di berbagai provinsi dengan konsentrasi terbesar di Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Nusa Tenggara Timur. Salah satu faktor yang masih menjadi masalah utama adalah proses pembersihan kandang, khususnya pengelolaan kotoran sapi dan kontrol ketersediaan air yang masih banyak dilakukan secara manual. Proses manual ini menimbulkan beban kerja tinggi bagi peternak, meningkatkan risiko keterlambatan pembersihan, dan berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan akibat paparan amonia dari kotoran yang menumpuk. Para peternak harus membersihkan kotoran dan mengecek ketersediaan air dalam tangki secara langsung setiap hari, yang membutuhkan waktu dan tenaga yang tidak sedikit (Sulaiman et al., 2016).

Pada peternakan sapi, jumlah kotoran yang dikeluarkan setiap hari berkisar 12% dari berat tubuh sapi. Angka ini menunjukkan bahwa seekor sapi dengan berat 400 kg dapat menghasilkan sekitar 48 kg kotoran per hari, sehingga pembersihan berkala sangat diperlukan untuk mencegah penumpukan limbah yang dapat mengganggu kesehatan ternak dan lingkungan sekitar. Apabila kotoran dibiarkan menumpuk, hal tersebut akan berbahaya bagi kesehatan hewan ternak, menurunkan produktivitas, dan meningkatkan biaya perawatan veteriner (Sukamta et al., 2017). Kondisi ini diperparah dengan munculnya penyakit menular seperti Penyakit Mulut dan Kuku (PMK) atau Foot and Mouth Disease (FMD) yang menyerang hewan ternak sapi. Menurut Kementerian Pertanian RI (2022), penerapan biosekuriti kandang yang baik, termasuk pembersihan rutin dan desinfeksi, merupakan salah satu langkah pencegahan penyebaran PMK yang paling efektif. Dengan demikian, kebersihan kandang bukan sekadar soal kenyamanan

ternak, melainkan bagian integral dari manajemen kesehatan hewan secara ilmiah. Salah satu cara untuk meminimalisir penyebaran virus tersebut adalah dengan menjaga kebersihan kandang secara konsisten dan terjadwal.

Perkembangan teknologi informasi, khususnya Internet of Things (IoT), membuka peluang untuk mengotomasi proses pembersihan kandang dan pemantauan ketersediaan air. Dengan menerapkan IoT, sistem pembersih kandang dan monitoring air dalam tangki dapat terjadwal dan terkontrol dengan baik melalui website, kapanpun dan di manapun peternak berada (Tubagus Ilham Nurhuda, Yamato, 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji prototipe sistem pembersih kandang sapi berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu bekerja secara otomatis dan terjadwal, serta memantau dan mengontrol pengisian tangki air berdasarkan level sensor ultrasonik melalui antarmuka website. Sistem ini diharapkan berpotensi mengurangi beban kerja manual peternak dan meningkatkan konsistensi pengelolaan kebersihan kandang sapi.

2. Literature Review

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait sistem pembersih kandang sapi dan monitoring air berbasis IoT. Tubagus Ilham Nurhuda dan Yamato (2021) merancang sistem pembersih kotoran kandang sapi dan pemberi pakan otomatis berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik, motor driver, motor servo, motor konveyor, dan pompa air. Penelitian tersebut mengindikasikan bahwa penerapan smart farming dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan peternakan.

Sulaiman et al. (2016) mengembangkan sistem pembersih kandang sapi otomatis bertipe freestall menggunakan metode logika fuzzy dengan acuan nilai pH air. Sistem tersebut menggunakan PLC Siemens L300, sensor analog pH, dan antarmuka Labview. Penelitian ini menjadi referensi dalam pengembangan sistem kendali otomatis pada kandang sapi.

Ulumuddin et al. (2017) merancang prototipe sistem monitoring air pada tangki berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor ultrasonik. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sensor ultrasonik dalam kombinasi dengan NodeMCU mampu memonitor ketinggian air secara realtime dengan akurasi yang memadai. Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian tersebut, terdapat kesenjangan (gap) yang perlu diisi: belum ada penelitian yang mengintegrasikan sistem pembersih kandang terjadwal sekaligus monitoring dan pengisian tangki air otomatis dalam satu platform IoT berbasis website yang dapat dikontrol secara jarak jauh. Penelitian ini hadir untuk mengisi gap tersebut dengan mengembangkan sistem terintegrasi yang menggabungkan kedua fungsi tersebut pada miniatur kandang sapi, sehingga memberikan kontribusi berupa solusi otomasi peternakan yang lebih komprehensif dibandingkan penelitian terdahulu.

2.1 Kandang Sapi

Kandang sapi adalah bangunan sebagai tempat tinggal hewan ternak sapi yang bertujuan melindungi ternak dari berbagai gangguan. Tipe kandang yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe Conventional dengan sistem manure scraper untuk proses pembersihannya. Menurut HM dan Khairil (2020), terdapat beberapa tipe kandang sapi, yaitu: Conventional Type (sapi diikat dalam satu kandang untuk semua aktivitas), Loose Housing (aktivitas dilakukan di tempat terpisah), dan Freestall System (tanpa penyekat sehingga sapi dapat bergerak bebas).

2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep di mana sebuah objek memiliki kemampuan untuk mentransmisikan atau mengirimkan data melalui jaringan tanpa menggunakan bantuan perangkat komputer dan manusia secara langsung (Ulumuddin et al., 2017). Penerapan IoT pada bidang peternakan memungkinkan pemantauan dan kendali perangkat secara jarak jauh melalui jaringan internet. Dalam penelitian ini, arsitektur IoT yang digunakan terdiri dari tiga lapisan: (1) lapisan perangkat (device layer), yaitu NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan sensor ultrasonik, motor DC, dan pompa air; (2) lapisan jaringan (network layer), yaitu koneksi WiFi yang menghubungkan NodeMCU ke server lokal berbasis XAMPP; dan (3) lapisan aplikasi (application layer), yaitu antarmuka website yang memungkinkan peternak memantau kondisi sistem dan mengirimkan perintah kontrol aktuator secara realtime dari jarak jauh.

2.3 Sistem Kendali

Sistem kendali adalah suatu sistem yang keluarannya dikendalikan pada suatu nilai tertentu atau untuk mengubah beberapa ketentuan yang telah ditetapkan oleh masukan ke sistem (FX. Arinto Setyawan, Sri Ratna Sulistyanti, 2016). Sistem kendali terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu sistem kendali kalang terbuka (open loop) yang tidak memiliki umpan balik, dan sistem kendali kalang tertutup (closed loop) yang menggunakan umpan balik untuk memperbaiki nilai keluaran agar mendekati nilai yang diinginkan.

2.4 NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan mikrokontroler berbasis ESP8266 yang dilengkapi modul WiFi onboard. Board ini menggunakan standar wireless IEEE 802.11b/g/n dan memiliki 9 pin GPIO, 1 pin ADC, serta pin RX/TX untuk komunikasi serial. NodeMCU berfungsi sebagai pusat kendali sistem, mengirimkan data sensor ke server, sekaligus menerima perintah dari website untuk mengontrol aktuator. Pemilihan NodeMCU ESP8266 dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan utama: (1) harga yang terjangkau dan mudah diperoleh di pasaran; (2) dilengkapi modul WiFi onboard sehingga tidak memerlukan modul tambahan untuk konektivitas internet; (3) kompatibel dengan Arduino IDE sehingga mempermudah proses pemrograman; dan (4) memiliki spesifikasi yang memadai untuk kebutuhan sistem kendali IoT berskala prototipe.

2.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dengan frekuensi kerja 40 KHz. Sensor ini mampu mengukur jarak dalam rentang 2 cm hingga 400 cm menggunakan dua pin I/O, yaitu TRIGGER dan ECHO. Pada penelitian ini, sensor ultrasonik digunakan untuk memonitor level ketinggian air dalam tangki penampungan secara realtime.

3. Research Methods

Penelitian ini menggunakan pendekatan prototype development dengan enam tahapan operasional. (1) Identifikasi masalah: menganalisis kondisi peternakan sapi dan permasalahan pembersihan kandang manual melalui observasi dan wawancara. (2) Studi literatur: mengkaji penelitian terdahulu terkait IoT, sensor ultrasonik, dan sistem otomasi peternakan. (3) Analisis kebutuhan hardware dan software: menentukan komponen elektronik dan perangkat lunak yang dibutuhkan sesuai spesifikasi sistem. (4) Perancangan dan perakitan sistem: merancang skematik rangkaian menggunakan Fritzing, melakukan simulasi di Proteus 8, kemudian merakit komponen pada miniatur kandang sapi. (5) Pemrograman dan pengujian: menulis program NodeMCU menggunakan Arduino IDE, mengembangkan antarmuka website, lalu menguji setiap komponen dan fungsi sistem secara bertahap. (6) Evaluasi dan implementasi: mengevaluasi hasil pengujian berdasarkan indikator keberhasilan yang telah ditetapkan dan mendokumentasikan hasil implementasi pada miniatur kandang sapi. Miniatur kandang sapi yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dari rangka kayu dengan dimensi panjang 80 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 40 cm, mewakili satu petak kandang sapi tipe Conventional. Tangki air berbahan akrilik berukuran 20 cm x 15 cm x 20 cm ditempatkan di bagian atas sistem sebagai sumber air pembersih, dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dipasang di bagian atas tangki untuk mengukur level air secara realtime.

3.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Komponen hardware yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. NodeMCU ESP8266, sebagai mikrokontroler dan modul WiFi utama
2. Motor DC dengan driver L298N, sebagai penggerak wiper pembersih kandang
3. 2 unit Pompa Air DC, satu untuk menyemprotkan air pembersih kandang, satu untuk mengisi tangki
4. Sensor Ultrasonik HC-SR04, untuk memonitor level air dalam tangki
5. 2 unit Modul Relay, sebagai output kontrol untuk motor driver dan pompa air
6. Power Supply 5V, sebagai sumber energi sistem

3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Software yang digunakan dalam pengembangan sistem ini adalah:

1. Arduino IDE v1.8.13, untuk membuat dan mengupload program ke NodeMCU
2. Visual Studio Code v1.60.1, untuk pengembangan antarmuka website monitoring dan kontrol

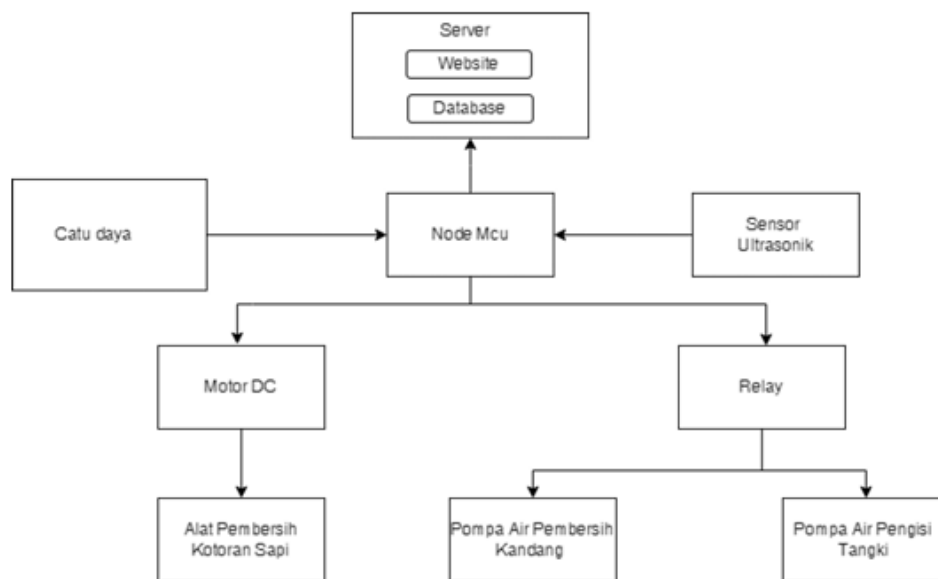
3. XAMPP, sebagai web server lokal
4. Fritzing v0.9.2b, untuk perancangan skematik rangkaian
5. Proteus 8 Professional, untuk simulasi rangkaian

3.3 Perancangan Sistem

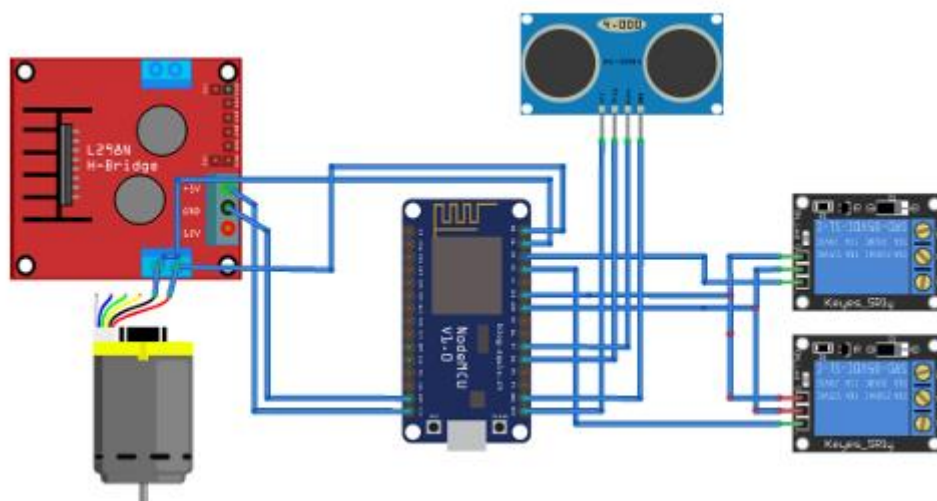
Sistem dirancang dengan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan jaringan WiFi dan server website. Terdapat dua subsistem utama: (1) subsistem pembersih kandang yang terdiri dari pompa air pembersih dan motor DC penggerak wiper, dan (2) subsistem monitoring dan pengisian tangki air menggunakan sensor ultrasonik dan pompa air pengisi tangki. Diagram blok sistem menggambarkan alur kerja sebagai berikut: NodeMCU tersambung dengan catu daya, kemudian membaca input dari sensor ultrasonik dan program penjadwalan internal. NodeMCU mengirimkan data ke server secara realtime dan memberikan perintah kepada modul relay untuk mengaktifkan motor DC maupun pompa air sesuai kondisi yang telah ditetapkan. Konversi jarak yang terbaca oleh sensor ultrasonik menjadi persentase level air dihitung menggunakan formula berikut: $\text{Level Air (\%)} = ((\text{Tinggi Tangki} - \text{Jarak Terbaca}) / \text{Tinggi Tangki}) \times 100\%$. Misalnya, jika tinggi tangki adalah 20 cm dan sensor membaca jarak 16 cm (berarti air setinggi 4 cm dari dasar), maka level air = $((20 - 16) / 20) \times 100\% = 20\%$. Sistem akan mengaktifkan pompa pengisian ketika level air kurang dari atau sama dengan 20%, dan menghentikannya ketika level air mencapai 90% atau lebih.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

Flowchart sistem menggambarkan dua alur kerja utama. Pertama, alur pembersihan kandang: ketika sistem menyala dan NodeMCU terhubung ke WiFi, sistem mengecek apakah sudah masuk jadwal pembersihan (pukul 06.00, 12.00, atau 18.00 WIB). Jika ya, pompa pembersih dan motor DC wiper diaktifkan. Jika tidak, tersedia tombol manual melalui website. Kedua, alur kontrol air tangki: sensor ultrasonik membaca level air secara realtime. Apabila level air kurang dari atau sama dengan 20%, pompa pengisi tangki dinyalakan secara otomatis. Apabila level mencapai 90% atau lebih, pompa dimatikan. Terdapat pula tombol manual pengisian air melalui website. Desain perangkat lunak website dikembangkan menggunakan PHP dengan XAMPP sebagai web server lokal. Struktur database menggunakan MySQL dengan tabel utama sebagai berikut: (1) tabel sensor_log yang menyimpan data pembacaan sensor ultrasonik berupa id, timestamp, dan water_level_percent; (2) tabel cleaning_schedule yang menyimpan jadwal pembersihan berupa id, jam, dan status_aktif; dan (3) tabel control_log yang mencatat setiap perintah kontrol manual berupa id, timestamp, jenis_aksi, dan sumber_perintah. Komunikasi antara NodeMCU dan server menggunakan protokol HTTP dengan metode GET dan POST. NodeMCU mengirimkan data sensor ke endpoint /api/sensor_update.php setiap 5 detik, sedangkan perintah kontrol dari website dikirim ke NodeMCU melalui endpoint /api/get_command.php yang dipolling oleh NodeMCU secara periodik. Halaman website terdiri dari tiga bagian utama: dashboard monitoring (menampilkan level air realtime dan status komponen), halaman jadwal (untuk mengatur jadwal pembersihan), dan halaman log (riwayat aktivitas sistem).



Gambar 1. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Rangkaian Keseluruhan Sistem

4. Hasil dan Diskusi

4.1 Hasil

Pengujian dilakukan secara bertahap pada setiap komponen sistem untuk memastikan seluruh rangkaian dapat bekerja sesuai fungsinya. Pengujian meliputi NodeMCU ESP8266, pompa DC, motor DC, dan sensor ultrasonik. Setiap skenario pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan untuk memperoleh data yang representatif. Indikator keberhasilan ditetapkan berdasarkan kesesuaian respons sistem dengan kondisi yang diharapkan. Pengukuran waktu transmisi data dari NodeMCU ke website juga dilakukan untuk memverifikasi klaim realtime sistem, dengan hasil rata-rata delay pengiriman data sebesar 1,2 hingga 1,8 detik tergantung kestabilan jaringan WiFi yang digunakan.

4.1.1 Hasil Pengujian NodeMCU

Pengujian NodeMCU dilakukan sebanyak 5 kali percobaan untuk memastikan kemampuan mikrokontroler dalam mengirimkan data sensor melalui jaringan WiFi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa saat pertama kali dinyalakan atau ketika koneksi terputus, NodeMCU melakukan looping untuk menyambungkan diri ke jaringan WiFi dengan waktu koneksi rata-rata 3–5 detik. Setelah berhasil terhubung, NodeMCU langsung dapat mengirimkan data sensor ke server dengan rata-rata delay 1,2–1,8 detik, memenuhi kriteria realtime yang ditetapkan. Seluruh

5 percobaan berhasil (tingkat keberhasilan 100%). Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian NodeMCU

No	Kondisi	Serial Monitor NodeMCU	Keterangan
1	Terputus	Menyambungkan WiFi	Mencari koneksi sesuai konfigurasi
2	Terkoneksi	Terhubung Dengan WiFi	NodeMCU terhubung dengan WiFi
3	Terkoneksi	Mengambil Data dari Sensor	Mengirim data sensor ke server

4.1.2 Hasil Pengujian Pompa DC

Pengujian pompa DC dilakukan untuk dua fungsi utama. Fungsi pertama adalah sebagai pompa pembersih kandang yang bekerja sesuai jadwal yang telah ditentukan, yaitu pukul 06.00, 12.00, dan 18.00 WIB. Fungsi kedua adalah sebagai pompa pengisi tangki air yang bekerja secara otomatis berdasarkan level air yang dipantau sensor ultrasonik. Pompa pengisi tangki aktif ketika level air kurang dari atau sama dengan 20% dan berhenti ketika level air mencapai 90% atau lebih.

4.1.3 Hasil Pengujian Motor DC

Motor DC berfungsi sebagai penggerak wiper pembersih kandang. Motor DC adalah perangkat elektromekanis yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak mekanis berdasarkan prinsip elektromagnetik (Zuhail, 2012). Pengujian menunjukkan motor DC berhasil mendorong wiper sesuai jadwal pembersihan, yaitu setelah pompa pembersih disemprotkan. Motor DC terhubung dengan NodeMCU melalui modul driver L298N pada pin D0 dan D1 dan bekerja sesuai program penjadwalan yang telah dikonfigurasi.

4.1.4 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik diuji kemampuannya dalam mengukur level air dalam tangki secara realtime dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap pengukuran manual menggunakan penggaris sebagai acuan, dilakukan sebanyak 5 kali pengukuran pada kondisi level air yang berbeda-beda. Hasil perbandingan menunjukkan rata-rata selisih (error) sebesar $\pm 0,5$ cm, dengan tingkat akurasi rata-rata 97,5% dari tinggi tangki 20 cm. Data langsung dikirimkan ke website dalam waktu 1,2–1,8 detik untuk ditampilkan kepada pengguna, dan semua skenario berhasil memicu respons pompa yang sesuai (tingkat keberhasilan 100%). Tabel 2 menampilkan kondisi kontrol pompa berdasarkan pembacaan sensor.

Tabel 2. Kondisi Kontrol Pompa Berdasarkan Level Air

No	Kondisi Level Air	Keterangan
1	Kurang dari 20%	Pompa pengisian tangki aktif
2	Lebih dari 90%	Pompa pengisian tangki berhenti

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian dengan tingkat keberhasilan 100% pada seluruh skenario uji, sistem pembersih kandang sapi berbasis IoT yang dirancang menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem dapat bekerja sesuai spesifikasi yang ditetapkan. NodeMCU ESP8266 berhasil berfungsi sebagai pusat kendali yang andal, mampu terhubung dengan jaringan WiFi secara otomatis dan mengirimkan data sensor ke server dengan rata-rata delay 1,2–1,8 detik.

Sistem penjadwalan pembersihan kandang berjalan tepat waktu pada tiga sesi per hari. Integrasi antara pompa air dan motor DC wiper memastikan kotoran terbilas kemudian didorong ke bak penampungan kotoran. Hal ini sejalan dengan penelitian Tubagus Ilham Nurhuda dan Yamato (2021) yang menunjukkan efektivitas kombinasi pompa air dan motor dalam sistem pembersih kandang berbasis IoT.

Subsistem monitoring tangki air juga menunjukkan kinerja yang baik. Sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mendeteksi level air dan mengendalikan pompa pengisi tangki secara otomatis, menghilangkan kebutuhan peternak untuk mengecek kondisi air secara manual. Temuan ini konsisten dengan penelitian Ulumuddin et al. (2017) tentang efektivitas sensor ultrasonik untuk monitoring tangki air berbasis IoT.

Antarmuka website yang dikembangkan memungkinkan peternak memantau jadwal pembersihan, level air tangki, dan melakukan kontrol manual dari jarak jauh. Fitur kontrol manual

ini memberikan fleksibilitas tambahan di luar jadwal otomatis yang telah ditentukan. Meskipun demikian, terdapat beberapa keterbatasan dan kendala yang ditemui selama pengujian sistem. Pertama, stabilitas koneksi WiFi sangat memengaruhi kinerja sistem; ketika jaringan WiFi tidak stabil, delay transmisi data meningkat di atas 2 detik dan perintah kontrol dapat mengalami keterlambatan. Kedua, percikan air dari pompa pembersih berpotensi mengenai komponen elektronik jika penempatan tidak dilakukan dengan hati-hati, sehingga diperlukan perlindungan tambahan berupa casing waterproof untuk implementasi pada kandang nyata. Ketiga, sensor ultrasonik HC-SR04 rentan terhadap gangguan uap air dan kotoran yang dapat menurunkan akurasi pembacaan jika dipasang terlalu dekat dengan area kandang yang lembab. Keempat, daya dorong wiper motor DC pada prototipe ini masih terbatas dan perlu ditingkatkan kapasitasnya untuk menangani volume kotoran pada kandang sapi sesungguhnya. Kendala-kendala ini perlu diatasi dalam pengembangan sistem ke skala penuh.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisa sistem yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem pembersih kandang sapi berbasis IoT yang dirancang berhasil bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem pembersihan kandang berjalan sesuai jadwal yang telah ditentukan (pukul 06.00, 12.00, dan 18.00 WIB) dengan tingkat keberhasilan 100% pada seluruh skenario pengujian. Monitoring level air pada tangki ditampilkan secara realtime pada website dengan rata-rata delay transmisi data 1,2–1,8 detik, dan pengisian tangki air berjalan secara otomatis ketika level air kurang dari atau sama dengan 20% serta berhenti pada level 90% atau lebih. Website juga menyediakan tombol kontrol manual untuk pembersihan dan pengisian air di luar jadwal otomatis, yang berhasil merespons perintah dalam seluruh pengujian.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan IoT pada bidang peternakan berpotensi mengurangi beban kerja manual peternak dan meningkatkan konsistensi pengelolaan kebersihan kandang sapi, meskipun perbandingan empiris waktu dan tenaga antara sistem otomatis dan manual masih perlu diteliti lebih lanjut. Adapun keterbatasan penelitian ini meliputi: sistem masih diuji pada skala miniatur kandang berukuran 80×50×40 cm, kinerja sistem bergantung pada stabilitas jaringan WiFi, serta belum diuji pada kondisi kandang sapi nyata dengan volume kotoran dan kondisi lingkungan yang sesungguhnya. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar sistem dikembangkan dengan penambahan sensor kualitas udara (amonia) atau sensor kotoran, dilengkapi casing waterproof untuk ketahanan terhadap percikan air, diuji pada kandang sapi skala penuh, serta dilengkapi data perbandingan efisiensi waktu pembersihan manual vs otomatis sebagai bukti empiris.

Referensi

- FX. Arinto Setyawan, Sri Ratna Sulistyanti, A. Y. (2016). Dasar Sistem Kendali. Retrieved from <http://repository.lppm.unila.ac.id>
- HM, Z., & Khairil, M. (2020). Sistem Manajemen Kandang pada Peternakan Sapi Bali di Cv Enhal Farm. *Peternakan Lokal*, 2(1), 15–19. <https://doi.org/10.46918/peternakan.v2i1.831>
- Sukamta, S., Abdus Shomad, M., & Wisnujati, A. (2017). Pengelolaan Limbah Ternak Sapi Menjadi Pupuk Organik Komersial di Dusun Kalipucang, Bangunjiwo, Bantul, Yogyakarta. *BERDIKARI: Jurnal Inovasi Dan Penerapan Ipteks*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.18196/bdr.5113>
- Sulaiman, R., Rudiansyah, H., & Supriyanto, H. (2016). Rancang Bangun Sistem Pembersih Kandang Sapi Tipe Freestall Dengan Metode Logika Fuzzy Menggunakan Antarmuka Labview, 27–31.
- Tubagus Ilham Nurhuda, Yamato, E. W. (2021). Rancang Bangun Sistem Pembersih Kotoran pada Kandang Sapi dan Pemberi Pakan Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT), 1–8.
- Ulumuddin, U., Sudrajat, M., Rachmildha, T. D., Ismail, N., & Hamidi, E. A. Z. (2017). Prototipe Sistem Monitoring Air Pada Tangki Berbasis Internet Of Things Menggunakan Nodemcu Esp8266 Sensor dan Ultrasonik. *Seminar Nasional Teknik Elektro 2017*, 100–105.
- Zuhal. (2012). *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya (Edisi Revisi)*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

- Farhan, M., & Siswanto, A. (2022). Smart Livestock Monitoring System Based on Internet of Things for Cattle Farm Management. *Journal of Physics: Conference Series*, 2394(1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2394/1/012011>
- Pratama, R. A., & Husodo, A. H. (2023). IoT-Based Automation System for Poultry and Livestock Cage Monitoring Using ESP8266 and Mobile Application. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 9(2), 458–470. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v9i2.6234>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Populasi Sapi Potong menurut Provinsi (ribu ekor), 2020–2022*. Jakarta: BPS. Diakses dari <https://www.bps.go.id> pada 10 Juni 2025.
- Dewantara, I. B. A., & Sasmoko, D. (2023). Implementasi Sistem Monitoring Ketinggian Air Menggunakan Sensor HC-SR04 Berbasis IoT. *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, 7(3), 401–409. <https://doi.org/10.35870/jtik.v7i3.1154>.