

*Embedded System, Internet of Things*

Sistem Pemandian dan Pembersihan Sangkar Burung Murai Batu Otomatis Berbasis Internet Of Things

Valiyana Savitri ¹, Nefy Puteri Novani ^{*2}

^{1,2} Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatra Barat, 25163

ARTICLE INFORMATION

Received: 29 September 2024
Revised: 26 April 2024
Available online: 31 April 2024

KEYWORDS

Sensor *Turbidity*, Sensor *Load Cell*, Sensor Ultrasonik, Sensor *Passive Infrared*, ESP32, Murai Batu

CORRESPONDENCE

E-mail: nefyputeri@fti.unand.ac.id

ABSTRACT

This study designs an automated bathing and cage cleaning system for Murai Batu birds based on the Internet of Things (IoT) using the NodeMCU ESP32 microcontroller. The system integrates a turbidity sensor to monitor water clarity, an ultrasonic sensor to measure water level, and a load cell sensor to detect waste weight. Additionally, a PIR sensor is used to detect the bird's presence, while a stepper motor and relay are employed to automate the opening and closing of the door. Cage cleaning is performed by operating a belt conveyor driven by a DC motor, and water replacement is conducted using a water pump. All components are controlled by the NodeMCU ESP32, with monitoring facilitated through the Telegram application. The implementation results demonstrate that the system is effective, achieving sensor accuracies of 95.4%, 97.7%, and 97.36%, respectively, and providing convenience for bird owners in managing and monitoring the system remotely.

PENDAHULUAN

Pemeliharaan burung sudah sangat populer di seluruh Indonesia terutama Jawa dan Bali. Penelitian di enam kota besar di Indonesia menemukan bahwa 35,7% rumah memelihara burung dan 57,6% telah memelihara dalam 10 tahun terakhir. Data menunjukkan jumlah burung yang dipelihara di kota besar hampir sebanyak dua juta dan setengahnya merupakan tangkapan burung liar. Dari jumlah tersebut, burung Murai Batu adalah salah satu diantara sepuluh spesies yang paling umum di penangkaran [1]. Namun pemelihara memiliki kesulitan dalam merawat burung Murai Batu karena memiliki kesibukan yang padat atau tidak dapat berada di rumah serta penangkaran dalam waktu yang lama. Seperti halnya bekerja atau keluar kota. Sedangkan untuk menghasilkan burung yang sehat, pemelihara perlu memperhatikan kondisi burung dengan melakukan perawatan harian. Membersihkan tubuh dan sangkar burung Murai Batu perlu dilakukan secara teratur untuk menghindari burung Murai

sakit [2]. Produktivitas Murai Batu dapat menurun karena kondisi kesehatan burung yang tidak baik. Dengan tingkat produktif Murai 65,77 % dan menghasilkan anakan dengan presentase kematian 31,87% dari hasil penangkaran [3].

Berdasarkan wawancara dari salah satu pemilik penangkaran burung Murai Batu di Padang, perawatan burung seperti pemandian menggunakan keramba dan menjaga kebersihan sangkar memerlukan perhatian khusus, namun sering terkendala oleh kesibukan pemelihara. Penelitian sebelumnya [2], [4] telah mengembangkan sistem otomatis untuk memandikan burung dengan penyemprot air berbasis timer atau RTC, serta penelitian [5], [6] sistem pembersihan menggunakan load cell dan belt conveyor. Meski begitu, sistem ini masih memiliki kekurangan, seperti risiko menyemprot mata burung, tidak adanya kontrol jarak jauh, kurangnya notifikasi, serta parameter pembersihan yang belum jelas, sehingga dibutuhkan solusi yang lebih aman dan efektif.

Berdasarkan permasalahan dan kekurangan penelitian sebelumnya, dirancang alat yang memungkinkan burung mandi dengan teknik keramba dan sangkar dibersihkan secara rutin menggunakan parameter yang jelas. Sistem ini memastikan burung mandi bebas tanpa risiko penyempotan ke mata, serta pembersihan sangkar lebih maksimal. Penelitian ini menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memungkinkan kontrol jarak jauh. Alat ini terdiri dari sensor turbidity untuk mengganti air keruh, sensor load cell untuk mendeteksi berat kotoran, dan pintu otomatis yang dikendalikan oleh sensor PIR. Penelitian ini berjudul "*Sistem Pemandian dan Pembersihan Pada Sangkar Burung Murai Batu Otomatis Berbasis Internet of Things*".

LANDASAN TEORI

Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor yang dapat mengukur jarak dari suatu objek mulai 2 cm hingga 450 cm. Pada sensor ini menggunakan dua pin digital untuk mengkomunikasikan jarak yang terbaca. Prinsip kerjanya yaitu dapat bekerja dengan mengirimkan pulsa elektronik sekitar 40 KHz yang dapat memantulkan kembali pulsa *echo* dalam waktu mikrodetik [20].



Gambar 1 Sensor Ultrasonik HC-SR04 [21]

Sensor Turbidity

Sensor *turbidity* merupakan modul sensor yang dapat membaca kekeruhan air yang dasarnya partikel kekeruhan tidak dapat dilihat langsung oleh mata. Tingkat kekeruhan yang tinggi dapat dilihat dari banyaknya partikel pada air dengan diikuti perubahan dari tegangan *output* sensor [22].



Gambar 2. Sensor *Turbidity* [22]

Sensor Load Cell

Sensor *loadcell* adalah modul timbangan yang ada pada timbangan digital yang tersusun dari *strain gauge*, konduktor, dan jembatan *wheatstone*. Fungsi dari sensor *load cell* yaitu untuk menghitung massa suatu benda. Sedangkan prinsip kerja *load cell*

yaitu saat proses penimbangan elemen logam akan menimbulkan gaya elastis. Regangan akan menimbulkan gaya yang nantinya akan diubah ke sinyal elektrik oleh *strain gauge* pada *load cell* [24]. Adapun bentuk fisik dari sensor *loadcell* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor *Load Cell* [24]

Sensor Passive Infrared

Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) merupakan sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia maupun hewan dengan menangkap pancaran sinyal inframerah yang dikeluarkan dari tubuh objek. Semakin panas suatu objek, maka energi radiasi yang dipancarkan akan semakin besar. Sensor PIR mendeteksi perubahan gerakan dengan membandingkan sinar inframerah yang diterima dalam setiap satuan waktu [26].



Gambar 4. Sensor PIR [27]

NodeMCU ESP32

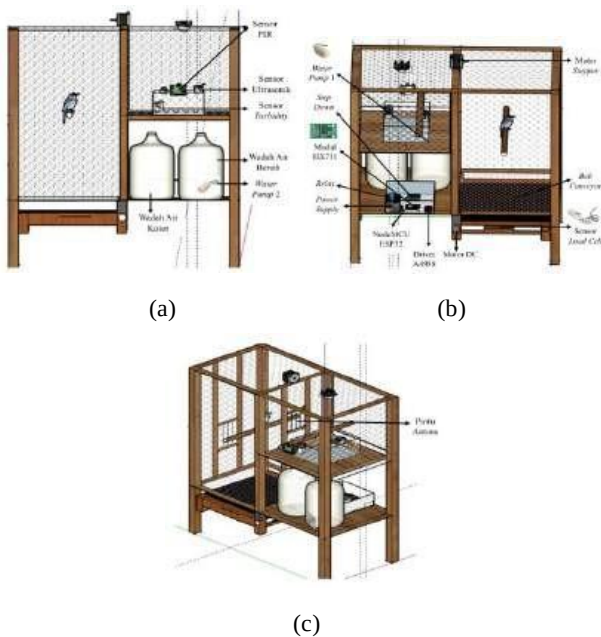
NodeMCU ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (*System on Chip*) yang sudah dilengkapi dengan WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2 dan berbagai periferal lainnya. *Chip* ESP32 mencakup prosesor, penyimpanan dan akses ke GPIO (*General Purpose Input Output*) sehingga bisa digunakan sebagai rangkaian pengganti pada Arduino. NodeMCU ESP32 memiliki dua versi, yaitu 30 pin GPIO dan 36 pin GPIO. Dari kedua versi yang tersedia, fungsi pada masing-masing versi memiliki banyak kesamaan tetapi versi 30 pin GPIO lebih banyak dipilih karena memiliki dua pin *ground*. *Board* ini juga dilengkapi dengan *interface USB to UART* dan dapat diprogram dengan aplikasi seperti Arduino IDE. Sumber daya *board* dapat diberikan melalui konektor USB mikro [29].



Gambar 5. NodeMCU ESP32 [31]

METODE

Rancangan Umum Sistem

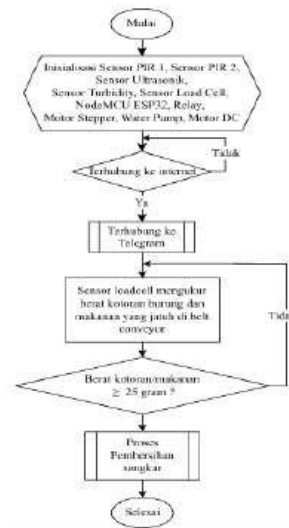


Gambar 6. (a) Rancangan Umum Sistem Keseluruhan (b) Rancangan Umum Sistem Dari Tampilan Belakang (c) Rancangan Umum Sistem Dari Tampilan Samping

Berdasarkan Gambar 6, sangkar burung Murai Batu dirancang berbentuk kotak, dengan tempat mandi terpisah yang disebut keramba. Sangkar ini dilengkapi dua sistem: pergantian air keruh menjadi bersih di keramba dan pembersihan kotoran di sangkar. Sistem menerima input dari sensor ultrasonik, sensor turbidity, sensor passive infrared receiver, dan sensor load cell, yang diproses oleh mikrokontroler.

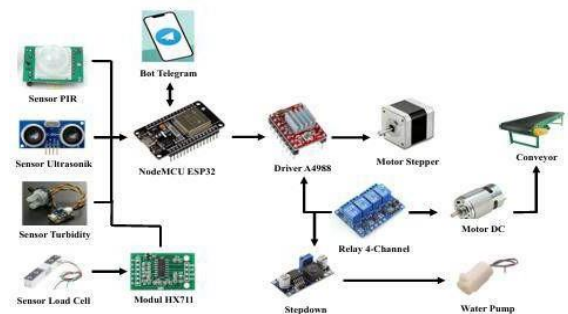
Sensor turbidity di keramba mendeteksi kekeruhan air, sedangkan sensor ultrasonik mengukur ketinggian air untuk memastikan jumlah yang tepat. Di tempat burung, sensor load cell mendeteksi berat kotoran dan makanan jatuh, dan sensor PIR mendeteksi keberadaan burung untuk mengatur pergantian air.

Input dari sensor-sensor ini diproses oleh NodeMCU ESP32 untuk mengatur pergantian air dan pembersihan sangkar. Pergantian air dilakukan melalui dua pompa: pompa pertama membuang air keruh, dan pompa kedua mengalirkan air bersih setelah burung keluar dari keramba. Pembersihan sangkar dilakukan dengan belt conveyor yang menggerakkan kotoran ke tempat pembuangan. Pintu antara keramba dan sangkar dibuka dan ditutup menggunakan motor stepper. Sistem ini terhubung ke aplikasi Telegram untuk memberi notifikasi kepada pemelihara.



Gambar 7. Rancangan Umum Proses

Pada Gambar 7, sistem dimulai dengan inisialisasi sensor komponen, yaitu dua sensor PIR, sensor ultrasonik, sensor turbidity, sensor *load cell*, NodeMCU ESP32, *relay*, motor stepper, water pump dan motor DC. Setelah inisialisasi, sistem memeriksa koneksi internet. Jika belum terhubung, sistem akan terus membaca hingga sistem berhasil terhubung ke internet. Jika sudah terhubung maka sistem menghubungkan ke aplikasi Telegram untuk menerima perintah dan notifikasi. Selanjutnya, sensor *load cell* akan mengukur berat kotoran atau makanan di *belt conveyor*. Apabila melebihi berat 25 gram, proses pembersihan sangkar dilakukan. Jika belum mencapai berat 25 gram, maka sensor akan lanjut membaca hingga mencapai batasnya. Setelah semua proses selesai, sistem kembali ke kondisi awal.

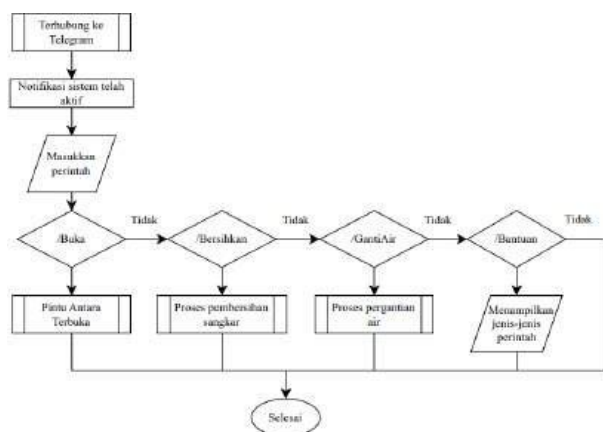


Gambar 8. Rancangan Perangkat Keras

Pada Gambar 8 merupakan rancangan perangkat keras yang akan digunakan sistem. Berikut kerja dari masing-masing perangkat :

1. Sensor *Turbidity* digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air pada wadah mandi burung.
2. Sensor Ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air pada wadah mandi burung.
3. Sensor *Load Cell* digunakan untuk mengukur berat dari kotoran yang jatuh ke *conveyor* seperti kotoran burung atau pakan yang terjatuh.

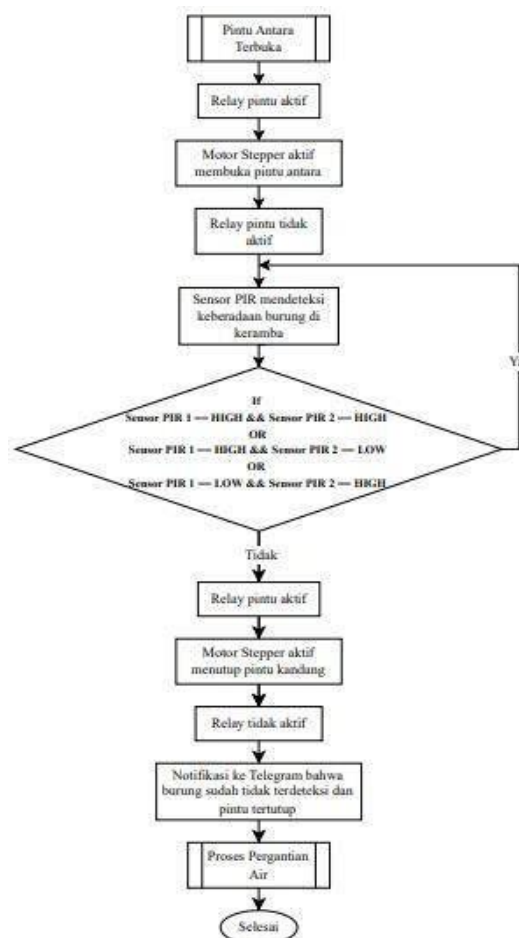
4. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi keberadaan burung.
5. NodeMCU ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler yang dapat mengolah data dan mengeluarkan *output* berupa penggerakan motor *stepper*, *water pump* serta *belt conveyor*. Selain itu, mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul WiFi sehingga sistem dapat dikoneksikan dengan internet dan mengirimkan notifikasi ke Telegram.
6. *Relay* digunakan untuk mengaktifkan dan mematikan *water pump*, motor DC serta motor *stepper*.
7. *Stepdown* digunakan sebagai penurun tegangan dari sumber daya 12v menjadi 5v agar sesuai dengan tegangan *water pump*.
8. *Water Pump* digunakan untuk menguras air keruh dan memompa air bersih dalam wadah mandi burung.
9. *Driver Motor A4988* digunakan sebagai menggerakkan motor *stepper*.
10. Motor *Stepper* digunakan untuk membuka dan menutup pintu kandang.
11. Motor DC digunakan untuk menggerakkan *belt conveyor*.



Gambar 9. Flowchart Sistem Menggunakan Telegram

Pada Gambar 9 ditunjukkan flowchart saat sistem terhubung ke aplikasi Telegram. Setelah terhubung, notifikasi akan dikirim ke pemelihara bahwa sistem siap digunakan. Pemelihara dapat mengirim beberapa perintah untuk menjalankan sistem.

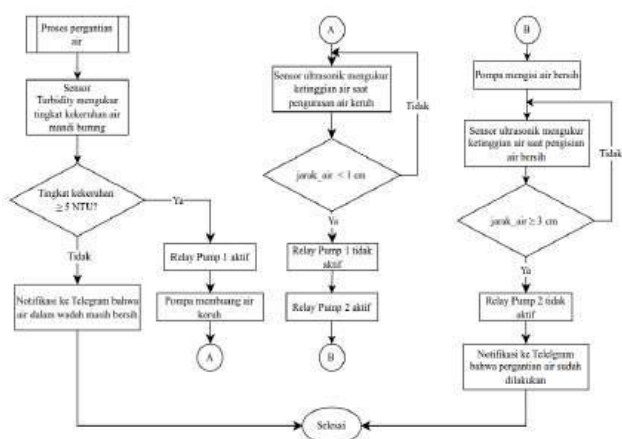
Jika pemelihara mengirim perintah '/Buka', pintu akan terbuka agar burung dapat pindah dari sangkar ke keramba untuk mandi. Perintah '/Bersihkan' akan memicu proses pembersihan sangkar dengan mengukur berat kotoran yang jatuh. Sementara itu, perintah '/GantiAir' akan mengatur pengantian air di wadah mandi berdasarkan tingkat kekeruhan. Terakhir, perintah '/Bantuan' dapat digunakan untuk mengetahui semua perintah yang tersedia di aplikasi Telegram.



Gambar 10. Flowchart Pintu Antara Sangkar

Pada Gambar 10, ditunjukkan subproses pembukaan pintu antara agar burung dapat masuk ke keramba dan tertutup kembali saat burung tidak terdeteksi. Proses ini dimulai ketika pemelihara mengirim perintah untuk membuka pintu melalui Telegram. Setelah perintah diterima, relay aktif dan motor stepper memutar tali pintu hingga terbuka.

Sensor PIR mendeteksi keberadaan burung di keramba. Terdapat dua sensor; jika salah satu atau keduanya bernilai HIGH, sensor akan terus membaca gelombang infra merah. Jika kedua sensor bernilai LOW, relay diaktifkan kembali dan motor stepper memutar tali pintu untuk menutupnya. Setelah pintu tertutup, notifikasi akan dikirim ke Telegram bahwa burung tidak terdeteksi, dan proses pengantian air akan dimulai dengan mengecek tingkat kekeruhan pada wadah mandi burung.



Gambar 11. Flowchart Proses Pergantian Air

Pada Gambar 11 Proses pergantian air dimulai dengan sensor turbidity mengukur tingkat kekeruhan. Jika kekeruhan mencapai 5 NTU atau lebih, NodeMCU ESP32 mengaktifkan relay pump 1 untuk membuang air keruh menggunakan water pump 1 ke tempat air kotor. Sensor ultrasonik memantau ketinggian air di keramba. Jika ketinggian air turun di bawah 1 cm, pump 1 dinonaktifkan. Jika masih di atas 1 cm, pembuangan air berlanjut hingga ketinggian tercapai.

Setelah pembuangan selesai, relay pump 2 diaktifkan untuk mengisi air bersih hingga ketinggian 3 cm. Pompa akan terus berjalan hingga ketinggian air tercapai, kemudian pump 2 dinonaktifkan. Notifikasi pergantian air berhasil dikirim ke Telegram. Jika kekeruhan air di bawah 5 NTU, sistem hanya mengirim notifikasi bahwa air masih bersih, dan proses berakhir.



Gambar 12. Proses Pembersihan Sangkar

Pada Gambar 12, proses pembersihan dilakukan ketika berat kotoran mencapai 25 gram atau lebih. NodeMCU ESP32 mengaktifkan *relay* untuk menggerakkan motor DC yang menjalankan *belt conveyor*. Setelah kotoran jatuh, sensor *load cell* mengukur kembali berat kotoran hingga mencapai 0 gram.

Jika kondisi terpenuhi, *relay* dinonaktifkan dan motor DC berhenti. Jika berat masih melebihi 0 gram, sensor *load cell* akan kembali mengukur berat hingga kondisi terpenuhi. Setelah motor Dc berhenti, notifikasi dikirim ke Telgeram pemelihat bahwa pembersihan selesai dan sistem kembali ke kondisi awal.

HASIL DAN DISKUSI

Implementasi perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan oleh sistem terdiri dari NodeMCU ESP32, sensor *passive infrared receiver*, sensor ultrasonik, sensor *turbidity*, sensor *load cell*, modul HX711, *relay 4-channel, step down*, *water pump*, motor *stepper*, motor *driver* A4988, motor dc dan *power supply* 12V.



(a)

(b)



(c)

Gambar 13. Implementasi Perangkat Keras Keseluruhan Sistem (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang (c) Tampak Samping

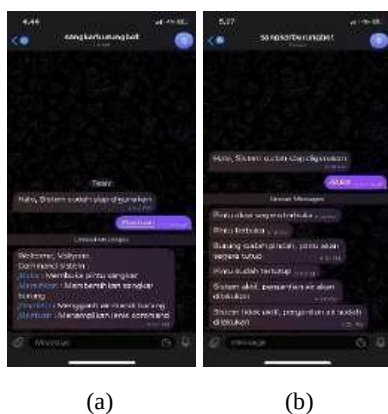
Pada Gambar 13 merupakan implementasi perangkat keras pada keseluruhan sistem yang dapat dilihat dari beberapa arah seperti depan, belakang dan samping. Pada penelitian ini sistem dibagi menjadi tiga yang mana memiliki fungsinya masing-masing, bagian sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Sistem 1 merupakan *conveyor* yang perangkat kerasnya berupa sensor *load cell* dan motor dc yang dapat menggerakkan *belt conveyor*.

- Sistem 2 merupakan keramba yang terdapat sensor ultrasonik, sensor *turbidity*, sensor PIR (*passive infrared receiver*), *water pump* untuk pengurusan air keruh dan motor *stepper* yang dapat membuka serta menutup pintu antara.
- Sistem 3 terdapat kotak untuk meletakkan beberapa komponen dalam satu tempat seperti NodeMCU ESP32, *relay 4-channel*, *stepdown*, modul sensor *turbidity*, modul HX711, motor *driver A4988* dan *power supply 12v*.

Implementasi Perangkat Lunak

Pada aplikasi telegram, pengguna dapat memberikan perintah untuk menjalankan sistem tertentu dan mendapatkan notifikasi mengenai sistem. Untuk sistem ini hanya bisa digunakan oleh satu pengguna karena menggunakan *user ID* yang didapatkan dari akun telegram. Dengan adanya notifikasi dan perintah yang dikirimkan ke telegram dapat memudahkan pengguna untuk mengawasi kebersihan pada sangkar burung. Adapun fitur – fitur dari aplikasi Telegram yang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 14. Tampilan Telegram (a) Perintah pada Telegram (b) Notifikasi pada Telegram

Pengujian Perangkat Keras

1. Sensor *Passive Infrared Receiver*

Pengujian sensor *Passive Infrared Receiver* bertujuan untuk mengetahui berapa jauh jangkauan yang dapat dideteksi oleh sensor berdasarkan jarak dan sudut tertentu. Untuk mengetahui jangkauannya, sensor akan digerakkan sesuai jarak dan sudut yang sudah ditentukan. Keluaran dari sensor berupa logika *HIGH* jika mendeteksi suatu pergerakan dan logika *LOW* jika tidak terdeteksi suatu pergerakan.

Tabel 1. Pengujian Sensor PIR 1 dan PIR 2

Percobaan ke-	Jarak (cm)	Sudut						
		30°	40°	60°	90°	120°	140°	150°
1	10	LOW	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	LOW
2	30	LOW	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	LOW
3	50	LOW	LOW	HIGH	HIGH	HIGH	LOW	LOW
4	70	LOW	LOW	HIGH	HIGH	HIGH	LOW	LOW
5	100	LOW	LOW	LOW	HIGH	LOW	LOW	LOW

Pada Tabel 1, kedua sensor PIR menunjukkan pola deteksi yang sama pada berbagai jarak dan sudut yang diuji, meskipun tidak semua sudut dan jarak terdeteksi. Pada jarak 10 cm hingga 30 cm, sensor PIR mendeteksi pergerakan pada sudut 40°-140°, tetapi tidak pada sudut 30° dan 150°. Pada jarak 50 cm dan 70 cm, sudut yang terdeteksi menyempit menjadi 60°-120°, sementara sudut 30°, 40°, 140°, dan 150° tidak terdeteksi. Pada jarak 100 cm, hanya sudut 90° yang berhasil dideteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kemampuan deteksi sensor PIR menurun seiring bertambahnya jarak dan melebar jangkauan sudut, karena keterbatasan fisik sensor dalam menangkap perubahan radiasi inframerah dari objek bergerak, sesuai dengan spesifikasinya yang optimal untuk jarak dekat hingga menengah. Untuk meningkatkan cakupan dan akurasi deteksi, digunakan dua sensor PIR yang memiliki pola deteksi sama, ditempatkan di bagian atas dan samping keramba. Penempatan ini mengurangi potensi area tak terdeteksi, memperluas cakupan sudut, dan memastikan sistem lebih menyeluruh serta responsif dalam mendeteksi pergerakan.

2. Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 bertujuan untuk mengukur tingkat keakuratan jarak yang dibaca oleh sensor. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan pengukuran manual yaitu penggaris. Sensor ultrasonik akan diarahkan ke permukaan air pada wadah mandi burung untuk mengetahui hasil dari ketinggian air yang ada.

Tabel 2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Percobaan ke-	Pengukuran (cm)		Selisih Pengukuran (cm)	Error (%)
	Penggaris	Sensor Ultrasonik		
1	2 cm	1.88 cm	0.12 cm	6
2		1.92 cm	0.08 cm	4
3		1.92 cm	0.08 cm	4
4		1.92 cm	0.08 cm	4
5		1.88 cm	0.12 cm	6
6	3 cm	2.5 cm	0.5 cm	16.67
7		2.5 cm	0.5 cm	16.67
8		2.5 cm	0.5 cm	16.67
9		2.5 cm	0.5 cm	16.67

10	4 cm	2.5 cm	0.5 cm	16.67
11		4.25 cm	-0.25 cm	-6.25
12		4.25 cm	-0.25 cm	-6.25
13		4.25 cm	-0.25 cm	-6.25
14		4.25 cm	-0.25 cm	-6.25
15		4.25 cm	-0.25 cm	-6.25
16	5 cm	5.14 cm	-0.14 cm	-2.8
17		5.17 cm	-0.17 cm	-3.4
18		5.17 cm	-0.17 cm	-3.4
19		5.14 cm	-0.14 cm	-2.8
20		5.17 cm	-0.17 cm	-3.4
21	6 cm	6.03 cm	-0.03 cm	-0.5
22		6.03 cm	-0.03 cm	-0.5
23		6.03 cm	-0.03 cm	-0.5
24		6.03 cm	-0.03 cm	-0.5
25		6.03 cm	-0.03 cm	-0.5
Rata - Rata			0.0316 cm	2.3%

Dari hasil pengujian sensor ultrasonik sebanyak 25 kali percobaan dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa keberhasilan pembacaan sensor ultrasonik sebesar 97.7%.

3. Sensor Turbidity

Pengujian sensor *turbidity* bertujuan untuk mengukur tingkat keakuratan dari pembacaan sensor dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur turbidimeter. Percobaan yang dilakukan sebanyak tujuh kali dengan tujuh sampel air yang berbeda. Sampel yang digunakan berupa air keran kos, air minum, air mandi burung, air yang tercampur dengan kotoran burung, air tepung dan air kopi.

Tabel 3. Pengujian Sensor Turbidity

Percobaan ke-	Pengukuran (NTU)			Selisih pengukuran (NTU)	Error (%)
	Sampel	Turbidimeter	Turbidity		
1	Air keran kos	0.03 NTU	0.03 NTU	0	0
2	Air gelas muraqua	0.06 NTU	0.06 NTU	0	0
3	Air mandi burung 1	0.74 NTU	0.61 NTU	0.13	17
4	Air mandi burung 2	3.68 NTU	3.26 NTU	0.42	11
5	Air yang tercampur kotoran burung	98.2 NTU	95.30 NTU	2.9	2.95

6	Air tepung	606 NTU	601.16 NTU	4.84	0.8
7	Air kopi	618 NTU	617.22 NTU	0.78	0.13
Rata – rata				1.3 NTU	4.6%

Dari hasil pengujian sensor *turbidity* sebanyak 7 percobaan dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa tingkat keberhasilan pembacaan sensor *turbidity* sebesar 4.6%.

4. Sensor Load Cell

Pengujian sensor *load cell* bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari pembacaan berat dalam satu gram. Pengujian dilakukan dengan meletakkan beban yang akan diukur pada bagian atas sensor *load cell* dengan jumlah kotoran dan makanan yang jatuh secara berbeda-beda. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur timbangan.

Tabel 4. Pengujian Sensor Load Cell

Percobaan ke-	Pengukuran (gram)		Selisih pengukuran (gram)	Error (%)
	Timbangan	Load cell		
1	14 gram	12 gram	2	14.28
2	22 gram	21 gram	1	4.55
3	33 gram	32 gram	1	3.03
4	47 gram	47 gram	0	0
5	52 gram	51 gram	1	1.92
6	64 gram	62 gram	2	3.13
7	74 gram	73 gram	1	1.35
8	85 gram	84 gram	1	1.18
9	90 gram	90 gram	0	0
10	100 gram	103 gram	-3	-3
Rata – rata			0.6 gram	2.64%

Dari hasil pengujian sensor *turbidity* sebanyak 10 percobaan dapat dilihat pada Tabel 4 bahwa tingkat keberhasilan pembacaan sensor *load cell* sebesar 2.64%.

Pengujian dan Analisa Fungsional Sistem

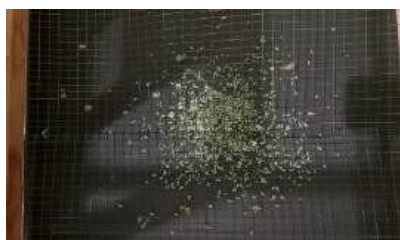
1. Sistem Dapat Melakukan Pembersihan Sangkar

Pengujian pembersihan sangkar dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam membersihkan kotoran dan makanan yang jatuh ke *belt conveyor* secara otomatis. Tujuan dari pengujian ini untuk memastikan bahwa sistem mampu mengaktifkan motor DC dan menjalankan conveyor dengan lancar, serta dapat membersihkan area sangkar ketika berat sudah melebihi 25 gram.

Tabel 5. Hasil Pengujian Pembersihan Sangkar

No	Sensor Load Cell Sebelum Pembersihan	Motor DC	Sensor Load Cell Setelah Pembersihan	Motor DC	Keterangan
1	17 gram	Tidak Aktif	-	Tidak Aktif	Sangkar bersih
2	27 gram	Aktif	0 gram	Tidak Aktif	Pembersihan sangkar dilakukan
3	14 gram	Tidak Aktif	-	Tidak Aktif	Sangkar bersih
4	29 gram	Aktif	0 gram	Tidak Aktif	Pembersihan sangkar dilakukan

Proses pembersihan dilakukan saat berat yang terdeteksi oleh sensor load cell mencapai atau melebihi 25 gram, parameter yang ditentukan untuk memastikan kotoran cukup terkumpul sebelum dibersihkan, mengingat kotoran burung yang mengering dapat mengurangi beratnya. Ketika berat mencapai 25 gram atau lebih, motor DC aktif menggerakkan belt conveyor hingga kotoran atau makanan jatuh ke tempat penampungan. Motor DC akan berhenti ketika berat yang terbaca kembali ke 0 gram. Berdasarkan Tabel 5, proses pembersihan dilakukan pada pengujian kedua dan keempat, dengan berat masing-masing sebesar 27 gram dan 29 gram, sementara pada pengujian pertama dan ketiga pembersihan tidak dilakukan karena berat belum mencapai parameter. Belt conveyor memiliki kelemahan dalam membersihkan kotoran burung murai batu yang mengering, meninggalkan bekas putih, tetapi kotoran yang menggumpal masih bisa dibersihkan dengan bantuan sikat di bawah belt conveyor yang membantu menjatuhkan kotoran ke tempat penampungan.

**Gambar 15. Belt Conveyor Sebelum Dibersihkan****Gambar 16. Belt Conveyor Sesudah Dibersihkan**

2. Sistem Dapat Membuka dan Menutup Pintu Sangkar

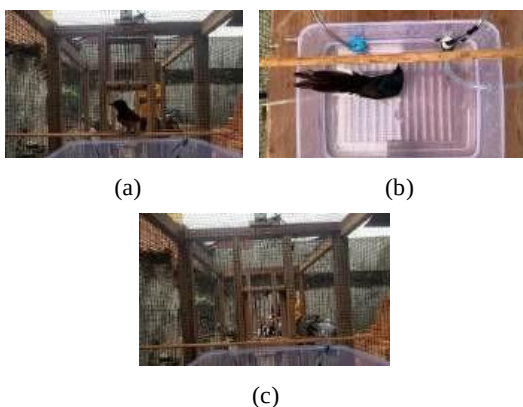
Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengendalikan pintu antara sangkar secara otomatis berdasarkan perintah yang diberikan dan kondisi sensor *Passive Infrared Receiver*. Dalam pengujian ini, sistem mampu mengaktifkan motor *stepper* untuk mengendalikan pintu dan sensor PIR dapat mendeteksi keberadaan burung di dalam keramba.

Tabel 6. Hasil Pengujian Membuka dan Menutup Pintu Sangkar

No	Perintah Dikirimkan	Sensor PIR 1	Sensor PIR 2	Motor Stepper	Kondisi Pintu Sangkar	Notifikasi
1	Iya	-		Aktif	Terbuka	Ada
2	-	HIGH	LOW	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
3	-	LOW	HIGH	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
4	-	LOW	HIGH	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
5	-	HIGH	HIGH	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
6	-	LOW	LOW	Aktif	Tertutup	Ada
7	Iya	-	-	Aktif	Terbuka	Ada
8	-	LOW	HIGH	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
9	-	HIGH	HIGH	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
10	-	LOW	HIGH	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
11	-	LOW	HIGH	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
12	-	LOW	HIGH	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
13	-	LOW	HIGH	Tidak Aktif	Terbuka	Ada
14	-	LOW	LOW	Aktif	Tertutup	Ada

Sistem membuka pintu antara sangkar dan keramba dengan mengirimkan perintah '*Buka*' melalui aplikasi Telegram, yang mengaktifkan motor stepper untuk membuka pintu. Sensor PIR kemudian mendeteksi keberadaan burung di keramba; pintu tetap terbuka jika salah satu atau kedua sensor PIR bernilai HIGH, dan akan tertutup saat keduanya bernilai LOW. Motor stepper hanya bekerja saat membuka atau menutup pintu, sementara selama pintu terbuka, motor tidak aktif. Notifikasi dikirim setiap ada perubahan kondisi pintu atau deteksi burung. Berdasarkan Tabel 6, perintah hanya dikirim pada pengujian pertama dan ketujuh,

sedangkan pada pengujian lainnya, sistem otomatis mendeteksi pergerakan burung melalui sensor PIR tanpa perintah tambahan. Motor stepper aktif pada pengujian pertama dan ketujuh untuk membuka pintu, serta pada pengujian keenam dan keempat belas untuk menutupnya ketika sensor PIR bernilai LOW.



Gambar 17. (a) Pintu Terbuka (b) Burung Murai (c) Pintu Tertutup

3. Sistem Dapat Melakukan Pergantian Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam melakukan pergantian air secara otomatis berdasarkan tingkat kekeruhan air. Dalam pengujian ini, sistem mampu melakukan pergantian air ketika kekeruhan air sudah melewati 5 NTU dan pengurasan air serta pengisian air dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan tinggi air yang dibaca oleh sensor ultrasonik. Pengurasan air akan berhenti ketika sensor ultrasonik sudah membaca ketinggian air sebesar 0 cm dan pengisian air akan berhenti ketika sensor ultrasonik sudah membaca ketinggian air sebesar 3 cm.

Tabel 7. Hasil Pengujian Pergantian Air

No	Sensor Turbidity	Water Pump 1	Water Pump 2	Sensor Ultrasonik	Keterangan
1	3.15 NTU	Tidak Aktif	Tidak Aktif	-	Air masih bersih
2	6.89 NTU	Tidak Aktif	Aktif	0 cm	Pergantian air dilakukan
		Tidak Aktif	Aktif	2 cm	
		Tidak Aktif	Aktif	4 cm	
3	-3.88 NTU	Tidak aktif	Tidak Aktif	-	Air masih bersih
4	6.12 NTU	Aktif	Tidak Aktif	2 cm	Pergantian air
		Aktif	Tidak Aktif	1 cm	

		Aktif	Tidak Aktif	2 cm	dilakukan
		Aktif	Tidak Aktif	1 cm	
		Tidak Aktif	Aktif	0 cm	
		Tidak Aktif	Aktif	1 cm	
		Tidak Aktif	Aktif	2 cm	
		Tidak Aktif	Aktif	3 cm	

Pergantian air dilakukan saat sensor turbidity mendeteksi kekeruhan air melebihi 5 NTU, di mana water pump 1 menguras air keruh hingga sensor ultrasonik membaca ketinggian air kurang dari 1 cm. Setelah itu, water pump 2 mengisi air bersih hingga ketinggian mencapai 3 cm, meskipun terkadang pengisian melebihi target akibat interval waktu pembacaan sensor ultrasonik selama 40 detik. Interval waktu ini diterapkan untuk mencegah water pump 1 tetap menguras air saat water pump 2 aktif, yang disebabkan posisi selang pengurasan mengarah ke bawah dan kondisi wadah yang tidak rata. Pada pengujian kedua dan keempat, pergantian air berhasil dilakukan meskipun pembacaan sensor ultrasonik masih kurang akurat karena air dalam wadah yang tidak tenang memengaruhi pantulan gelombang. Meski terdapat ketidakakuratan kecil, proses pergantian air tetap berjalan sesuai kebutuhan.



Gambar 18. Wadah Mandi Sudah Kosong



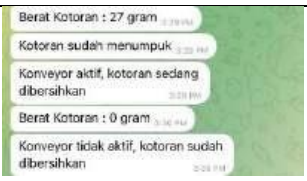
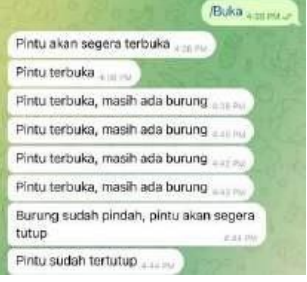
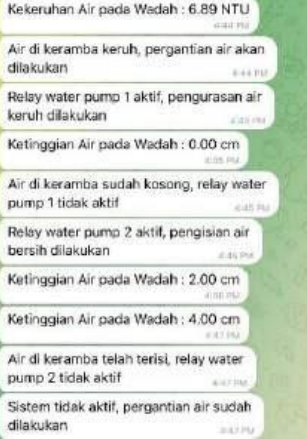
Gambar 19. Proses Pengisian Air Bersih

4. Notifikasi Telegram

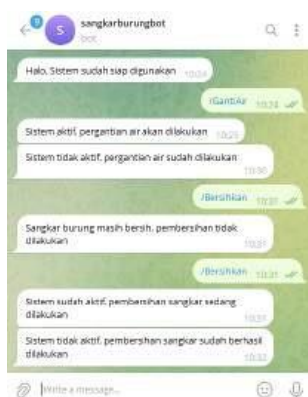
Notifikasi pada sistem digunakan sebagai informasi terhadap pemelihara bahwa sistem berjalan. Sistem secara otomatis mengirimkan pesan ke aplikasi Telegram mengenai kondisi kebersihan sangkar, status pintu, keberadaan burung dalam keramba, proses pergantian air di keramba. Dengan notifikasi, sistem dapat terhubung dengan pemelihara sehingga pembersihan

sangkar dan pergantian air mandi burung dapat dipantau dari jarak jauh.

Tabel 8. Notifikasi Telegram Pada Sistem

No	Kondisi Sistem	Gambar
1	Pembersihan Sangkar	
2	Membuka dan Menutup Pintu	
3	Pergantian Air	

Selain sistem dapat berjalan secara otomatis, sistem bisa membersihkan sangkar dan mengganti air mandi burung menggunakan aplikasi Telegram. Sistem ini merupakan sistem tambahan yang dapat memberikan perintah disaat pengguna ingin membersihkan sangkar atau mengganti air mandi burung. Sistem berjalan apabila memenuhi kondisi dari perintah yang dikirimkan.



Gambar 20. Input Dari Perintah Bot Telegram

Pada Gambar 20 merupakan tampilan dari perintah yang dikirimkan beserta notifikasi yang diterima. Saat perintah

‘/GantiAir’ dikirimkan, sistem aktif melakukan proses pergantian air dikarenakan tingkat kekeruhan yang dideteksi melebihi parameter yang diinginkan dan notifikasi terkirim ke telegram pengguna. Lalu, pada perintah selanjutnya sistem tidak aktif melakukan proses pembersihan karena berat yang ada belum memenuhi kondisi yang diinginkan sehingga saat perintah ‘/Bersihkan’ dikirim hanya ada notifikasi yang ditampilkan. Untuk perintah ‘/Bersihkan’ yang kedua, sistem aktif melakukan proses pembersihan dengan menggerakkan *belt conveyor* dikarenakan sensor *load cell* memenuhi kondisi yaitu berat yang dicapai melebihi 25 gram. Setelah itu, notifikasi akan terkirim ke telegram pengguna sebagai pemberitahuan bahwasanya proses pembersihan telah dilakukan.

KESIMPULAN

1. Sangkar burung dirancang untuk pemandian dan pembersihan kotoran burung murai batu dengan menggunakan sistem yang dilengkapi dengan sensor PIR, sensor *turbidity*, sensor ultrasonik, *relay*, motor *stepper* dan *water pump* untuk proses pergantian air bagian pemandian. Proses pembersihan sangkar dilakukan dengan menggunakan sensor *load cell*, *relay*, motor DC dan *belt conveyor*. Semua komponen tersebut diproses oleh NodeMCU ESP32 sebagai pengontrol utama dalam sistem ini.
2. Sistem mampu mendeteksi tingkat kekeruhan air menggunakan sensor *turbidity* dengan akurasi sensor sebesar 95.4% dan mampu melakukan pergantian air keruh menjadi air bersih sesuai jarak air pada wadah mandi burung menggunakan sensor ultrasonik yang memiliki akurasi sensor sebesar 97.7% dan *water pump*.
3. Sistem mampu menutup pintu secara otomatis disaat kedua sensor PIR sudah tidak mendeteksi keberadaan burung di dalam keramba dengan pendeteksian yang bisa dilakukan oleh kedua sensor PIR adalah jarak 10 cm – 30 cm pada sudut 40° dan 140°, jarak 10 cm – 70 cm pada sudut 60° dan 120° serta jarak 100 cm pada sudut 90° yang dibantu oleh motor *stepper* dalam menutup pintu antara.
4. Sistem mampu mengukur berat kotoran atau makanan yang jatuh menggunakan sensor *load cell* dengan akurasi sensor sebesar 97.36% dan mampu membersihkan sangkar burung secara berkala dengan menggerakkan *belt conveyor* oleh motor DC.
5. Sistem mampu memberikan notifikasi melalui aplikasi Telegram kepada pemelihara ketika proses pintu antara

terbuka, proses pergantian air dan proses pembersihan sangkar.

REFERENCES

- [1] P. Jepson and R. J. Ladle, "Governing bird-keeping in Java and Bali : evidence from a household survey," *Fauna & Flora International*, vol. 43, no. 3, pp. 364-374, 2009.
- [2] A. Khumaidi, "Rancang Bangun Prototype Alat Otomatis Untuk Pemberi Pakan Dan Mandi Burung Kicau Menggunakan Mikrokontroller Arduino," *JIIFOR*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2017.
- [3] S. Kamalia, B. Masy'ud and J. B. Hemowo, "Pola Reproduksi dan Faktor Penentu Produktivitas Murai Batu (*Copsychus malabaricus*) di Bowo Bird Farm Bogor," *Undergraduated Theses*, 2021.
- [4] Santos and L. A. M. Dos, "Perancangan dan Pembuatan Sangkar Burung Otomatis Dengan Memandikan Memberi Pakan dan Minum Burung yang Dilengkapi Dengan Terapi Suara Berbasis Arduino," *Skripsi*, Januari 2020.
- [5] N. D. Setiawan, "Perancangan Sistem Monitoring Dan Otomasi Pemberian Pakan Burung Lovebird Menggunakan Arduino Dan Android Berbasis IoT (Internet of Things)," *Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 10, no. 1, Juli 2019.
- [6] A. R. Wibowo, "Rancang Bangun Sangkar Burung Pintar Berbasis Arduino Uno," in *Skripsi. Tidak Diterbitkan*, Institut Bisnis dan Informatika STIKOM: Jawa Timur, 2019.
- [7] Y. I. Nurhakim, *Sukses Budidaya Burung Kicau Lovebird & Murai Batu*, Ilmu Cemerlang Group, 2018.
- [8] S. Akdiatmojo, in *Panduan Menangkarkan Murai Batu*, Jakarta, AgroMedia Pustaka, 2017, pp. 2-4.
- [9] E. Mustaqim, T. Kurtini and R. Riyanti, "Karakteristik Sifat Kualitatif Induk Murai Batu (*Copsychus malabaricus*) Siap Produksi," *Peternakan Terpadu*, vol. 4, no. 3, pp. 204-210, 2016.
- [10] A. D. Saputro, K. Nova and T. Kurtini, "Perilaku Burung Murai Batu (*Copsychus Malabaricus*) Siap Produksi," *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, vol. 4, no. 3, pp. 188-194, 2016.
- [11] Prayoga, "Ukuran Kandang Ternak Murai Batu Yang Ideal : Sederhana dan Minimalis," *birdsny*, [Online]. Available: <https://www.birdsny.com/ukuran-kandang-temak-murai-batu/>. [Accessed 15 Juli 2023].
- [12] S. Susanto and e. al, "Pengaruh Penggunaan Keramba Terhadap Pertumbuhan dan Kesehatan Burung Murai Batu," *Peternakan Modern*, vol. 5, no. 2, pp. 123-132, 2019.
- [13] Suryobroto, "Behavioural Response of White-Rumped Shama (*Copsychus Malabaricus*) to Bathing Facilities in Captivity," *Experimental Zoology India*, vol. 20, no. 1, pp. 155-159, 2017.
- [14] NN, *Guidelines for Drinking Water Quality Vol.1*, Belgium: World Health Organization, 1998.
- [15] T. Darmana, M. N. Qosim, S. Hidayat and Ariman, "Sistem Deteksi Kejernihan Air Dengan Menggunakan LoRa," *Prosiding Seminar Nasional Energi, Kelistrikan, Teknik dan Informatika*, vol. 3, 2022.
- [16] M. R. Anshori, "4 Jenis Keramba Mandi Burung Yang Banyak Digunakan," *Beritakbb*, 23 Maret 2023. [Online]. Available: <https://beritakbb.pikiran-rakyat.com/gaya-hidup/pr-966462904/4-jenis-keramba-mandi-burung-yang-banyak-digunakan-seperti-apa-saja-simak-di-sini-beserta-manfaatnya?page=2>. [Accessed 15 Juli 2023].
- [17] F. Adani and S. Salsabil, "Internet of Things : Sejarah Teknologi dan Penerapannya," *Isu Teknologi*, vol. 14, no. 2, pp. 92-99, 2019.
- [18] R. Setiawan, "Memahami Apa Itu Internet of Things," *Dicoding*, 8 September 2021. [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-internet-of-things/>. [Accessed 9 April 2023].
- [19] A. Junaidi, "Internet of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya : Review," *Elektronik Universitas Widyatama*, vol. 1, no. 3, pp. 62-66, 2015.
- [20] Puspasari, F. Fahrurrozi, I. Satya, T. P. Setyawan, G. Fauzan, M. R. Al, Admoko and E. M. Dwi, "Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Uno Untuk Sistem Monitoring Ketinggian," *Fisika dan Aplikasinya*, vol. 15, no. 2, pp. 37-39, 2019.
- [21] E. J. Morgan, "HC-SR04 Datasheet, ETC," *edukasi elektronik*, 14 November 2014. [Online]. Available: <https://www.datasheet4u.com/datasheet-pdf/ETC/HC-SR04/pdf.php?id=1380136>. [Accessed 22 Oktober 2024].
- [22] F. Fatturahman and Irawan, "Monitoring Filter Pada Tangki Air Menggunakan Sensor Turbidity Berbasis Arduino

- Mega 2560 Via Sms Gateway," *Komputasi*, vol. 7, no. 2, pp. 19-29, 2019.
- [23] "DIY Turbidity Meter Using Turbidity Sensor & Arduino," how2electronics, 22 Agustus 2022. [Online]. Available: https://how2electronics.com/diy-turbidity-meter-using-turbidity-sensor-arduino/#google_vignette. [Accessed 24 Oktober 2024].
- [24] eprints.polsri, [Online]. Available: <http://eprints.polsri.ac.id/4573/3/BAB%202.pdf>. [Accessed 9 April 2023].
- [25] D. Y. Aina Nurul Fitria, "Rancang Bangun Pelembab Udara Ruangan (Humidifier) berbasis Mikrokontroler," *Computer Hardwarer, Signal Processing, Embedded System and Networking*, vol. 4, no. 1, pp. 61-70, 2023.
- [26] W. G. R. T. Siswanto, "Kendali Ruang Server Menggunakan Sensor Suhu DHT 22, Gerak Pir dengan Notifikasi Email," *Prosiding Seminar Nasional SISFOTEK*, pp. 134-142, 2017.
- [27] "PIR Motion Sensor," [Online]. Available: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor.pdf>. [Accessed 18 Oktober 2024].
- [28] "HC-SR01 PIR Sensor," 18 Juli 2021. [Online]. Available: <https://components101.com/sensors/hc-sr501-pir-sensor>. [Accessed 18 Oktober 2024].
- [29] M. Nizam, H. Yuana and Z. Wulansari, "Mikrokontroler ESP 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 6, no. 2, pp. 767-772, 2022.
- [30] E. A. Yulanda and R. Kurniawan, "Perancangan Kandang Pintar Menggunakan NodeMCU ESP32 dan Platform Blynk," *Jurnal Ilmu Komputer dan Science*, vol. 3, no. 8, pp. 1968-1976, 2024.
- [31] "NodeMCU ESP32," arduitech, 26 September 2018. [Online]. Available: https://cdn-reichert.de/documents/datenblatt/A300/SBC-NODEMCU-ESP32-DATASHEET_V1.2.pdf. [Accessed 8 November 2024].
- [32] P. W. K. Destiarini, "Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno Atmega328," *Informatika*, vol. 5, no. 1, pp. 18-25, 2019.
- [33] eprints.umm.ac.id, [Online]. Available: <https://eprints.umm.ac.id/94458/3/BAB%20II.pdf>. [Accessed 8 Juni 2023].
- [34] A. Alfajri and M. Muskhir, "Sistem Kontrol Temperatur Metode PidHeatbeddan Ekstruderpada Printer Tiga Dimensi," *Multidisciplinary Research and Development*, vol. 5, no. 2, pp. 94-104, 2023.
- [35] N. Saputra, "Making CNC Milling Router For Wood Material," September 2019. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/335969589_Making_CNC_Milling_Router_For_Wood_Material. [Accessed 23 Juli 2024].
- [36] "Control Stepper Motor with A4988 Driver Module & Arduino," Last Minute Enguneers, [Online]. Available: <https://lastminuteengineers.com/a4988-stepper>.
- [37] B. C. Wibowo and F. Nugraha, "Stepper Motor Speed Control Using Start-Stop Method Based On PLC," *Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 10, no. 3, pp. 213-220, 2021.
- [38] P. P. Kalatiku and Y. Y. Joefrie, "Pemrograman Motor Stepper Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman C," *Mektek*, vol. 13, no. 1.
- [39] D. Kho, "Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya," *Teknik Elektronika*, [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/>. [Accessed 9 April 2023].
- [40] R. E. P. Chairunnisa, "Rancang Bangun Alat Pembuat Minuman Kawa Daun Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Computer Hardware, Signal Processing, Embedded System and Networking*, vol. 3, no. 2, pp. 120-130, 2022.
- [41] I. Nugrahanto, "Pembuatan Water Level Sebagai Pengendali Water Pump Otomatis Berbasis Transistor," *Ilmu-Ilmu Teknik*, vol. 13, no. 1, pp. 59-70.
- [42] [Online]. Available: <https://5.imimg.com/data5/IQ/GJ/PF/SELLER-1833510/dc-mini-submersible-water-pump.pdf>. [Accessed 18 Oktober 2024].
- [43] A. Siswanto and e. al, "Meja Tulis Adjustable dengan Konsep Smart Furniture," *Widya Teknik*, vol. 19, no. 2, pp. 98-108, 2020.
- [44] "Pengertian Conveyor dan Beberapa Spesifikasinya," dnm.co.id, 13 Maret 2019. [Online]. Available: <https://www.dnm.co.id/pengertian-conveyor-dan-spesifikasinya-mulai-roller-conveyor/>. [Accessed 9 April 2023].
- [45] "Conveyor Belt : Prinsip Kerja dan Komponennya," Indonetwork, [Online]. Available:

<https://blog.indonetwork.co.id/conveyor-belt-prinsip-kerja-dan-komponennya/>. [Accessed 9 April 2023].

- [46] D. Y. Dedi Hermanto, "Rancang Bangun Sistem Pembersih Kotoran Otomatis Pada Kandang Kelinci Berbasis IOT (Internet Of Things)," *Computer Hardware, Signal Processing, Embedded System and Networking*, vol. 3, no. 2, pp. 146-154, 2022.
- [47] E. P. Sitohang, D. J. Mamahit and N. S. Tulung, "Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535," *Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 2, pp. 135-142, 2018.
- [48] K. Qamar and S. Riyadi, "Efektivitas Blended Learning Menggunakan Aplikasi Telegram," *Ilmu Tarbiyah*.
- [49] H. Soeroso, A. Z. Arfianto and N. E. Mayangsari, "Penggunaan Bot Telegram Sebagai Announcement System Pada Instansi Pendidikan," in *Seminar MASTER*, Surabaya, 2017.