Perancangan Alat Smart Collar Menggunakan Jsn-Sr04t Dan Mpu6050 Berbasis Iot Untuk Monitoring Kesehatan Sapi

1st Rizky Nur Fadillah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rizkynf@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dharu Arseno
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
darseno@telkomuniversity.ac.id

3rd Dhoni Putra
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
setiawandhoni@telkomuniversity.ac.id

***Abstrak* — Kebutuhan protein hewani merupakan hal pokok yang harus dipenuhi dalam kebutuhan pangan manusia. Untuk mendapatkan kualitas protein hewani yang baik, faktor kesehatan hewan ternak harus diperhatikan. Kendala yang umum dialami oleh peternak ialah kurangnya pengetahuan terkait indikator kesehatan ternak, yang juga diikuti dengan keterbatasan perangkat untuk mengontrol kesehatan hewan tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembuatan alat yang dapat memantau kesehatan hewan ternaknya, khususnya ditinjau dari indikasi posisi berdiri hewan. Pada pengujian ini memanfaatkan konsep dasar IoT untuk membuatan alat dalam bentuk *Smart Collar* dengan bantuan mikrokontroler esp8266, yang mendeteksi jarak posisi berdiri hewan dalam tiga sumbu berdasarkan hasil sensor JSN-SR04T dan MPU6050 ke aplikasi secara *real time*. Berdasarkan dari hasil pengamatan pada jarak leher sapi menuju tanah, menunujukan bahwa keadaan seluruh keadaaan sapi dalam kondisi berdiri dan memiliki variasi kemiring yang cukup variatif. Hasil tersebut dibuktikan dengan rerata keakuratan yang ditunjukkan pada seluruh sensor mencapai 98,11 %. Hasil tersebut dapat dinyatakan akurat, dengan persentase eror kurang dari 2%. Tingkat keakuratan tersebut didapatkan dengan cara membandingkan sensor pada sistem *smart collar* dengan alat yang sudah terverifikasi. Dalam pengujian juga didapatkan bahwa *Smart Collar* berjalan dengan baik.**

Kata kunci—MPU6050, JSN-SR04T, *Internet of Things*, Arduino IDE, esp8266

I. PENDAHULUAN

Hewan ternak merupakan salah satu sumber pangan yang sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pangan. Kebutuhan protein hewani merupakan hal pokok yang harus dipenuhi dalam kebutuhan pangan manusia. Sebagai salah satu negara dengan produktivitas peternakan yang cukup tinggi, mendukung peningkatan kebutuhan protein hewani di Indonesia, yang umumnya berasal dari hewan ternak berkaki empat seperti sapi[1]. Berkaitan dengan pemunuhan kebutuhan tersebut, maka diperlukan peningkatan kuantitas dan kualitas pasokan protein hewani, seperti hewan berkaki empat. Kualitas protein hewani ditentukan oleh berbagai faktor, salah satunya ialah kesehatan hewan itu sendiri. Kesehatan hewan ternak merupakan permasalahan yang umum terjadi di Negara-negara pemasok daging, seperti halnya Indonesia.

Beberapa waktu terakhir, terjadi serangan wabah penyakit hewan ternak yang menyerang mulut dan kuku, atau disebut dengan Penyakit Mulut dan Kuku (PMK)[2]. Hal ini tentunya berdampak besar bagi peternak, karena menentukan kelangsungan hidup dan kualitas hewan ternaknya. Seperti yang terjadi di Lembang, terdapat puluhan sapi yang terjangkit PMK. Selain PMK, terdapat pula hewan ternak yang terjangkit mastitis dan penyakit lainnya, yang dapat merugikan masyarakat secara umum, dan khususnya bagi peternak. Tingginya angka kematian akibat wabah penyakit pada hewan ternak, umumnya dipengaruhi oleh telatnya deteksi kesehatan hewan yang lebih dini. Sebagian besar peternak masih terkendala pengetahuan dan perangkat yang dapat mengontrol kesehatan ternaknya.

Indikator kesehatan hewan ternak merupakan hal terpenting yang peril dipahami oleh peternak untuk mengetahui kondisi kesehatan hewan ternak mereka miliki. Salah satu indikator kesehatan dari hewan ternak adalah posisi hewan itu sendiri. Posisi normal sapi ialah dalam keadaan berdiri dengan jarak berkisar 70-100 cm, selama lebih dari 12 jam[3]. Posisi sapi yang dekat dengan tanah dengan jarak kurang dari 70-100 cm, menandakan sapi sedang dalam posisi rebahan. Dengan posisi rebahan dalam waktu lebih dari 12 jam dapat mengindikasikan sapi itu sakit[4]. Meskipun demikian, jarak tubuh setiap hewan terhadap tanah dalam kondisi berdiri ialah berbeda-beda. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengukuran sudut antara hewan terhadap tanah untuk mengetahui posisi hewan itu sendiri.

Untuk memudahkan peternak dalam melakukan pengukuran, maka perlu dilakukan pembuatan alat yang dapat memantau kesehatan hewan ternaknya, terutama berdasarkan indikasi posisi berdiri hewan[3]. Salah satu gagasan agar bisa memantau sekaligus mengetahui tingkat kesehatan hewan ternak adalah sebuah kalung pintar (*Smart Collar*) yang dapat dipasangkan pada leher hewan ternak. *Smart Collar* tersebut dihubungkan dengan aplikasi berbasis android, untuk memantau kinerja *Smart Collar* tersebut. Dengan adanya *Smart Collar*, maka diharapkan peternak dapat lebih mudah memantau dan mengetahui kondisi kesehatan dari hewan ternak yang mereka miliki.

II. KAJIAN TEORI

A. *Internet of Things*

Perkembangan *Internet* pada saat ini sudah sangat pesat, pemanfaatan yang lebih maksimal sangat membantu

kemudahan kegiatan maupun urusan manusia. Salah satunya yaitu *internet of Things.* Dengan *Internet of Things* terdapat banyak penggunaan dalam kehidupan sehari hari seperti rumah pintar, kendaraan pintar, dan peternakan pintar. *Internet of Things* merupakan jaringan perangkat berbentuk fisik yang terhubung saling terkoneksi dengan internet, dengan mengirimkan data untuk melakukan komunikasi yang saling berhubungan antar perangkat. *Internet of Things* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan perangkat yang mencakup produktivitas dan kenyamanan penggunaan. Melalui efisiensi ini, didapatkan konektivitas yang lebih luas dan pengumpulan data yang lebih akurat dengan perangkat pintar[5]. Perangkat pintar menggunakan prosesor dan sensor untuk mengirimkan data tersebut. Pengiriman data pada jaringan ini dilakukan tanpa campur tangan manusia, dimana manusia hanya memberikan perintah pada alat agar dapat mengakses data dari perangkat lunak melewati internet.

B. *Smart Collar*

Collar adalah kalung atau sesuatu yang dipasang melingkar di leher hewan. Dalam mencapai tujuan tertentu, dilakukan berbagai inovasi pada *Collar*, salah satunya ialah *Smart Collar*[6]. *Smart Collar* dirancang untuk memenuhi kebutuhan sebagai pendeteksi indikator kesehatan pada hewan ternak. Pendeteksian tersebut dilakukan dengan menggunakan beberapa sensor seperti sensor suhu, sensor detak jantung, sensor gerak, sensor jarak terhadap permukaan untuk mengukur berapa ketinggian sensor yang dipasang pada leher hewan ke permukaan tanah, dan sensor-sensor jenis lainnya. Sensor yang digunakan berfungsi untuk mendeteksi gerakan pada hewan berupa pemantau gerakan hewan karena memiliki *accelerometer* serta output berupa nilai kemiringan. Sensor jarak berfungsi untuk mengukur jarak antara leher hewan ke permukaan tanah sehingga hewan dapat diketahui kondisinya baik itu ketika berdiri hingga posisi tertidur dalam satuan jarak cm. Sensor-sensor tersebut diperlukan untuk mengetahui indikator kesehatan dari hewan ternak. *Smart collar* ini diharuskan untuk dapat mengirim data-data dari hasil pengukuran yang telah dilakukan oleh sensor ke firebase sehingga nantinya akan dapat dikirim kembali menuju aplikasi hingga akhirnya diterima oleh pengguna.

C. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang sering digunakan untuk mengedit, menyusun, dan mengunggah kode ke dalam Modul Arduino. Sedangkan Arduino merupakan *open-source platform* yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 2005, yang selanjutnya dapat diprogram dengan mudah dan dapat diperbarui kapan saja[7]. Mikrokontroler Arduino memiliki input dan output yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi dan berdasarkan data yang diterima. Mikrokontroler Arduino juga dapat mengirim dan menerima data melalui internet menggunakan permintaan HTTP, yang dapat terhubung ke internet adalah Esp board[8]. Mikrokontroler Esp dapat dihubungkan ke server Wi-Fi atau mereka dapat bertindak sebagai server Wi-Fi.IDE. Pada penelitian ini, mikrokontroler Esp yang digunakan untuk menjalankan sensor ialah Esp8266.

D. Mikrokontroler Esp8266

Mikrokontroler merupakan perangkat elektronik dengan unit pemrosesan sentral memori(CPU) dan perangkat masukan atau keluaran yang terintegrasi berbentuk board. Dengan ini peran mikrokontroler untuk mengendalikan perangkat lainnya dengan sistem yang terkontrol secara otomatis atau pengendalian sesuai program[7]. Mikrokontroler Esp8266 mengacu kepada aplikasi pemrograman untuk memberikan kontrol otomatis perangkat yang tersambung.

Esp8266 biasa digunakan untuk perangkat berbasis *Internet of Things* karena terdapat modul wifi yang memudahkan perangkat mengirimkan data. Pemilihan Esp8266 ini berdasarkan ukuran mikrokontroler yang relatif kecil dan merupakan versi terbaru dari versi Esp lainnya. Selain itu, Esp8266 ini memiliki pilihan pin yang banyak untuk dihubungkan dengan berbagai sensor yang digunakan.

E. Sensor JSN-SR04T

GAMBAR 1.
Sensor JSN-SR04T

JSN-SR04T/AJ-SR04M adalah modul sensor ultrasonik kedap air yang digunakan dalam pengukuran jarak non-kontak[9]. Dalam penelitian ini, fitur kedap air yang dimiliki oleh sensor ini berguna ketika sensor terkena tetesan air pada objek percobaan. Selain itu, JSN SR04T memiliki kapasitas rentang yang cukup luas antara 25cm hingga 450cm dan akurasi hingga 2mm, sehingga sensor ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi dengan nilai yang presisi[10]. Modul sensor ini merupakan versi *upgrade* dari HC-SR04. Prinsip kerja sensor ini mengandalkan hukum pemantulan, yaitu dengan menggunakan gelombang suara yang dipancarkan dan memerlukan benda untuk memantulkan sinyal yang kemudian diterima kembali oleh sensor[11]. Secara khusus, modul sensor JSN-SR04T terdiri dari dua komponen terpisah: transduser, yang bertindak sebagai elemen penginderaan, dan papan kontrol, yang memproses sinyal yang diterima.

F. Sensor MPU6050

GAMBAR 2.
Sensor MPU6050

Sensor MPU6050 menggabungkan akselerometer 3-sumbu dan giroskop 3-sumbu pada papan yang sama bersama dengan Digital Motion Processor onboard yang mampu memproses algoritma Motion Fusion 9-sumbu yang kompleks[12]. Perangkat ini digunakan sebagai alat untuk mengukur dan mempertahankan arah berdasarkan prinsip momentum sudut, yang dapat mengintegrasikan akselerometer dan giroskop (*Gyroscope*)[13]. Pada penelitian ini sensor akselerometer akan digunakan untuk mengukur sudut kemiringan posisi objek dalam tiga sumbu x, y, dan z .

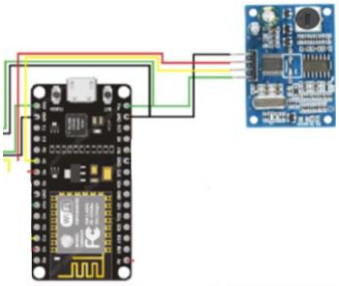
G. Modul TP4056

GAMBAR 3.
Modul TP4056

Modul TP4056 merupakan pengisi daya linier pada baterai ion Lithium dan Lithium Polimer (LIPO) yang terdiri dari sel tunggal[14]. Modul ini umum digunakan untuk pengisian daya 18650 sel dan jenis baterai 3,7V yang lain, karena modul ini mampu memasok daya sebesar 4,2V. Tegangan pengisian daya pada modul TP4056 ditetapkan sebatas 4.2V, sedangkan arus pengisian dayanya dapat diatur secara eksternal oleh sebuah resistor. Proses pengisian daya pada modul ini dapat dilakukan dengan menggunakan sumber USB, adaptor dinding, atau jenis sumber lainnya dengan pasokan daya sebesar 5V dan 1A[15]. Oleh karena itu, modul ini dipilih dalam penelitian ini untuk mengisi daya perangkat *Smart Collar*.

III. PERANCANGAN

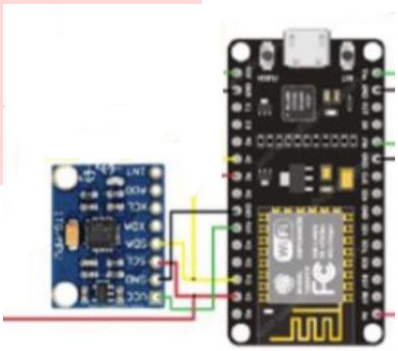
A. Perancangan smart collar dengan Sensor JSN-SR04T



GAMBAR 4.
Rancangan *Wiring* Sensor Jarak

Perancangan ini menghubungkan sensor jarak dengan nodemcu sebagai mikrokontroler, untuk mendapatkan jarak dengan cara mendeteksi gelombang ultrasonic yang dipantulkan oleh objek. Setelah gelombang ultrasonic dikirimkan melalui pin trig, maka gelombang tersebut akan diterima oleh pin echo untuk menerima kembali gelombang elektromagnetik. Sensor jarak membutuhkan daya sebesar 3V yang terhubung dengan pin 3V pada nodemcu, dimana sensor tersebut menghubungkan pin ground dari keduanya. Pada nodemcu dihubungkan dengan modul TP-4056 yang sudah disambung dengan baterai, sebagai sumber daya yang dibutuhkan agar dapat menyala. Nodemcu dihubungkan dengan kabel ke perangkat yang telah tersedia pada sketch yang sudah dibuat dalam software Arduino IDE. Sketch tersebut berisi perintah serta pustaka yang dibutuhkan perangkat sensor agar dapat berjalan sesuai yang diperintahkan. Selanjutnya data tersebut ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE dengan keluaran hasil yang diberikan oleh modul sensor.

B. Perancangan smart collar dengan Sensor MPU6050



GAMBAR 5.
Rancangan *Wiring* Sensor Gerak

Sensor gerak berperan sebagai perangkat yang akan mengambil dan mengirimkan data, dimana sensor ini dihubungkan dengan mikrokontroller untuk mendapatkan hasil nilai setiap sumbu. Hasil sumbu tersebut akan dikeluarkan dengan tiga macam yaitu sumbu X, Y, dan Z, yang sebelumnya sudah dikoneksikan dengan mikrokontroller. Untuk menghidupkan sensor gerak, dibutuhkan pin 3v yang dihubungkan dengan salah satu pin 3v pada mikrokontroller. Sedangkn untuk melakukan pengiriman data, dilakukan pada pin SCL(Serial Clock Line) dan SDA(Serial Data Line) untuk komunikasi dan mengirimkan data yang diterima oleh sensor ke mikrokontroller, serta mengatur kecepatan komunikasi perangkat yang terhubung. Perangkat ini juga dihubungkan dengan modul TP-4056 yang sudah memiliki daya, lalu disambungkan dengan baterai sebagai sumber daya. Untuk melakukan perintah dan sensor bekerja, penggunaan Sketch pada Arduino IDE dimasukan ke mikrokontroller, yang selanjutnya perangkat sensor akan berjalan dan mengirimkan hasilnya ke mikrokontrolller.

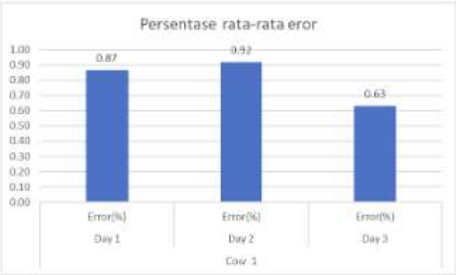
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran Tingkat Akurasi Sensor JSN-SR04T Terhadap Alat

Proses verifikasi dilakukan dengan cara mengukur jarak antara leher ternak dan tanah. Perlakukan verifikasi ini dilakukan setiap 10 menit sebanyak 6 kali dalam 1 jamnya dengan 3 hari pengukuran yang sama. Dengan satuan cm didapat pengukuran tingkat akurasi dari hasil pengukuran sensor dan hasil pengukuran meteran dengan total hasil dari 3 hari dan setiap 10 menit per jamnya sebanyak 36 hasil data

yang diperoleh. Dengan hasil pengukuran rata-rata kondisi keadaan sehat berdasarkan parameter yang sudah ada. Data ini juga digunakan untuk verifikasi tingkat akurasi alat dan menentukan alat bekerja dengan baik.

Dengan persentase rata-rata eror pada gambar 6, angka ini termasuk akurat, karena memiliki ketepatan yang sesuai dengan alat yang sudah ada dengan rata-rata eror pada hari pertama 0.87%. Hasil ini didapat dari perhitungan nilai rata-rata dalam satu hari dikurang dengan 100%. Untuk hari kedua nilai rata-rata eror yang didapat adalah 0.97% dari hasil selisih antara nilai keluaran sensor dengan alat yang sudah terverifikasi, dan pada hari terakhir didapatkan 0.63% rata-rata eror. Nilai ini berarti kurang dari rata-rata eror harian dibawah 1% yang membuktikan verifikasi alat yang digunakan sudah termasuk akurat. Berdasarkan parameter yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya, rentang jarak 70-110 cm tergolong dalam posisi berdiri sempurna. Dari data yang didapat, keadaan sapi dalam waktu 2 jam dari jam 14.00-15.00 dan 16.00-17.00 itu dalam keadaan berdiri dengan tidak adanya perubahan yang drastis dari jarak yang didapat.



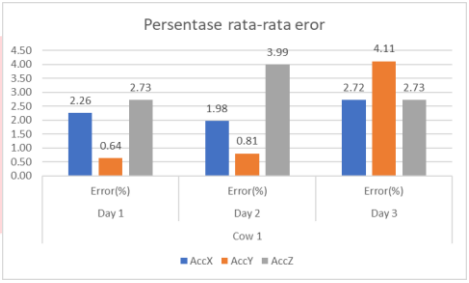
Gambar 6.
Grafik Rata-Rata Sensor Jarak

GAMBAR 7.
Implementasi Desain Sistem

Sensor bekerja dengan baik seperti pada gambar 7, sensor jarak dengan posisi terpasang miring karena pemasangan *Smart Collar* miring pada leher sapi. Hal ini agar kabel pada sensor jarak menghadap kebawah langsung kearah permukaan tanah sehingga mendapatkan nilai yang tepat. Pemasangan seperti ini membuat sapi tidak merasa tersakiti dan terganggu, ini bisa dilihat dari gerakan sapi yang normal dan tidak memberontak. Pemasangan dilakukan dengan pengikat menggunakan bahan velcro yang mudah dilepas pasang, sedangkan pengait di gunakan untuk mengencangkan *Smart Collar* pada leher sapi sehingga kencang.

B. Pengukuran Tingkat Akurasi Sensor MPU6050 Terhadap Alat

Verifikasi pada sensor dengan alat yang sudah ada dengan pengukuran sumbu X, Y, dan Z berdasarkan kemiringan sapi. Penggunaan sensor accelerometer pada *Smartphone* untuk verifikasi alat yang sudah ada, peverifikasian dilakukan seperti sensor lainnya dengan waktu setiap 10 menit sebanyak 6 kali dalam 1 jamnya yang dilakukan dalam 2 jam dengan 3 hari pengukuran. Pada sumbu didapatkan dengan satuan m/s2 berdasarkan gravitasi bumi. Dari data yang diperoleh didapatkan 36 hasil dari setiap sumbu agar akurasi data yang didapat semakin akurat. Data pada sensor dan alat yang terverifikasi dihitung selisihnya sebagai seberapa besar tingkat eror.



GAMBAR 8.
Grafik Rata-Rata Sensor Gerak

Dari tingkat eror setiap data 10 menitnya, dilakukan perhitungan rata-rata persentase eror yang memiliki presentase *e*rror perbedaan tertinggi hanya 4.11% pada sumbu Y di hari ketiga. Hal ini masih dalam batas toleransi ketepatan dengan alat yang sudah ada. Perbedaan akurasi tersebut dapat disebabkan oleh perubahan sudut yang cepat, sehingga memunculkan adanya nilai persentase. Dari persentase tersebut membuktikan verifikasi sensor gerak sudah akurat karena tingkat akurasi lebih dari 90% sudah sangat baik dengan perbedaan yang tidak signifikan. Pada seluruh data yang didapat keadaan sapi dalam keadaan normal dan berdiri selama pengambilan data dari pukul 14.00-15.00 dan 16.00-17.00, ini disebabkan nilai pada sumbu yang stabil dan termasuk kedalam rentang parameter yang sudah ditetapkan. Nilai Y dalam negatif disebabkan oleh posisi sensor yang berlawan arah (180°) dengan nilai X yang positif. Ketika terjadi pertambahan pada nilai X akan menyebabkan berkurangnya nilai Y, begitu juga sebaliknya. Sudut Z memberikan indikasi arah sebaliknya dengan keluaran hasil kemiringan. Saat sapi menggaruk tubuhnya menyebabkan perbedaan pada nilai sudut saat pengambilan data. Hasil analisis dari tabel tersebut yang dihubungkan dengan parameter, didapatkan bahwa kondisi sapi disetiap waktu dalam keadaan berdiri, hal ini dikarenakan nilai yang didapat tidak lebih dari parameter yang telah ditentukan yang dimana parameter tersebut apabila lebih diindikasikan dalam keadaan posisi miring atau rebah.

GAMBAR 9.
Implementasi Aplikasi

Tampilan pada aplikasi berisikan hasil setiap sumbu beserta parameter keadaan pada sapi yang menentukan kedaan sapi. Apabila nilai yang dikeluarkan setiap sumbu tidak sesuai dalam parameter yang sudah ditentukan maka posisi sapi bisa dikatakan dalam keadaan berbeda. Keadaan dalam parameter menentukan posisi sapi dalam keadaan berdiri sempurna, apabila nilai sumbu berbeda dari parameter mengindikasikan sapi dalam keadaan rebahan atau miring. Dalam aplikasi dapat mengeluarkan hasil sensor sehingga alat berjalan dengan baik dengan pemasangan yang benar. Hasil yang diperoleh dari pengamatan yang ditampilkan pada aplikasi terkait pada jarak leher sapi menuju tanah, menunujukan bahwa keadaan seluruh keadaaan sapi dalam posisi berdiri dan memiliki variasi kemiringan yang cukup variatif.

V. KESIMPULAN

Dalam melakukan pengujian sistem ini mendapatkan beberapa hasil yang sudah terverifikasi. Berdasarkan dari hasil pengamatan pada jarak leher sapi menuju tanah, menunujukan bahwa keadaan seluruh keadaaan sapi dalam posisi berdiri dan memiliki variasi kemiringan yang cukup variatif. Hasil tersebut dibuktikan dengan penghitungan nilai rerata keakuratan yang ditunjukkan pada seluruh sensor mencapai 98,11 %. Maka tingkat keakuratan pada sensor jarak dan sensor gerak dapat dinyatakan telah akurat, dengan persentase eror kurang dari 2%. Tingkat keakuratan tersebut didapatkan dengan cara membandingkan sensor pada sistem *smart collar* dengan alat yang sudah terverifikasi. Dalam pengujian ini juga didapatkan bahwa *Smart Collar* dapat berjalan dengan baik.

VI. REFERENSI

[1] P. S. Aji, "Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Impor Daging Sapi di Indonesia," *Univ. Islam Indones.*, vol. 3, no. 2, p. 6, 2021.

[2] F. R. Aldeyano, A. Sudrajat, and A. M. Susiati, "Level of Understanding of Dairy Cattle Farmers Againts Foot and Mouth Disease Cases in West Bandung Lembang," vol. 11, pp. 115–124, 2023.

[3] E. Morabito, H. W. Barkema, E. A. Pajor, L. Solano, D. Pellerin, and K. Orsel, "Effects of changing freestall area on lameness, lying time, and leg injuries on dairy farms in Alberta, Canada," *J. Dairy Sci.*, vol. 100, no. 8, pp. 6516–6526, 2017, doi: 10.3168/jds.2016-12467.

[4] M. R. Borchers, Y. M. Chang, I. C. Tsai, B. A. Wadsworth, and J. M. Bewley, "A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors," *J. Dairy Sci.*, vol. 99, no. 9, pp. 7458–7466, 2016, doi: 10.3168/jds.2015-10843.

[5] A. A. Laghari, K. Wu, R. A. Laghari, M. Ali, and A. A. Khan, "A Review and State of Art of Internet of Things (IoT)," *Arch. Comput. Methods Eng.*, vol. 29, no. 3, pp. 1395–1413, 2022, doi: 10.1007/s11831-021-09622-6.

[6] E. Williams, Z. Cleghern, M. Foster, T. Holder, D. Roberts, and A. Bozkurt, "A Smart Collar for Assessment of Activity Levels and Environmental Conditions for Guide Dogs," *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, vol. 2020-July, pp. 4628–4631, 2020, doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9175814.

[7] A. S. Ismailov and Z. B. Jo'rayev, "Study of arduino microcontroller board," *Sci. Educ. Sci. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 172–179, 2022.

[8] O. E. Amestica, P. E. Melin, C. R. Duran-Faundez, and G. R. Lagos, "An Experimental Comparison of Arduino IDE Compatible Platforms for Digital Control and Data Acquisition Applications," *IEEE Chil. Conf. Electr. Electron. Eng. Inf. Commun. Technol. CHILECON 2019*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/CHILECON47746.2019.8986865.

[9] S. Dswilan, Harmadi, and Marzuki, "Flood monitoring system using ultrasonic sensor SN-SR04T and SIM 900A," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1876, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1876/1/012003.

[10] A. Andang, N. Hiron, A. Chobir, and N. Busaeri, "Investigation of ultrasonic sensor type JSN-SRT04 performance as flood elevation detection," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 550, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/550/1/012018.

[11] M. I. Nari, A. Mufid, D. A. Tyagita, and E. M. Prasetya, "Implementasi Sensor Ultasonik Jsn-Sr04T Sebagai Alat Bantu Parkir Mobil Mpv Berbasis Arduino Uno," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 65–75, 2023, doi: 10.47134/jesty.v1i2.13.

[12] A. Albaghdadi and A. Ali, "An Optimized Complementary Filter For An Inertial Measurement Unit Contain MPU6050 Sensor," *Iraqi J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 15, no. 2, pp. 71–77, 2019, doi: 10.37917/ijeee.15.2.8.

[13] I. Rifajar and A. Fadlil, "The Path Direction Control System for Lanange Jagad Dance Robot Using the MPU6050 Gyroscope Sensor," *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–40, 2021, doi: 10.31763/ijrcs.v1i1.225.

[14] J. Chen, R. Ghannam, M. Imran, and H. Heidari, "Wireless Power Transfer for 3D Printed Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Systems," *Asia Pacific Conf. Postgrad. Res. Microelectron. Electron.*, vol. 2018-Octob, pp. 72–76, 2018, doi: 10.1109/PRIMEASIA.2018.8597848.

[15] T. Abuzairi, N. Imaniati Sumantri, A. Irfan, and R. Maulana Mohamad, "Infrared thermometer on the wall (iThermowall): An open source and 3-D print infrared thermometer for fever screening,"

HardwareX, vol. 9, p. e00168, 2021, doi: 10.1016/j.ohx.2020.e00168.