

Alat Bantu Pembuatan dan Monitoring Susu untuk Anak Kambing

Hanif Muhammad Vauzie¹, Alif Hidayah Rashal¹, Tito Yuwono^{1*}, Iftitah Imawati¹, Nur Adianto²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Pangan, Pertanian dan Perikanan Kementerian Pertanian, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah, Indonesia

*Corresponding Email: tito@uii.ac.id

ABSTRAK

Pada peternakan kambing perah, anak kambing diberi minum susu formula. Hal ini dikarenakan susu formula lebih murah dari susu induknya. Susu formula yang akan diberikan ke anak kambing harus dipanasi dengan suhu sekitar 35°C-37°C. Sehingga diperlukan peralatan yang mampu memanasi susu dengan stabil dalam range suhu tersebut. Disamping itu pengusaha peternakan kambing perah berkepentingan memantau pekerjaannya apakah memberikan susu kepada anak-anak kambing dengan benar dan disiplin. Pada penelitian ini telah didesain dan dibuat prototype alat bantu pembuatan susu yang mampu menghasilkan suhu dalam range 35°C–37 °C dan mampu dimonitor jarak jauh. Hasil uji kinerja menunjukkan alat mampu memanaskan susu hingga 37 °C dalam waktu rata-rata 30 menit dengan deviasi maksimal ±0,5 °C, mengaduk secara merata selama 5 menit, serta menjaga suhu dan volume dalam rentang sesuai target.

Kata kunci: Anak kambing, IoT, Pemanas susu, Stabil

ABSTRACT

On dairy goat farms, kids are fed formula milk. This is because formula milk is cheaper than their mother's milk. Formula milk to be fed to kids must be heated to a temperature of around 35°C-37°C. Therefore, equipment capable of heating milk stably within this temperature range is required. Furthermore, dairy goat farm owners are concerned with monitoring their workers to ensure that they are feeding the kids milk correctly and in a disciplined manner. In this study, a prototype milk-making aid was designed and built that can produce temperatures within this range 35°C–37 °C and can be monitored remotely. Performance test results showed that the device can heat milk to 37°C in an average of 30 minutes with a maximum deviation of ±0.5°C, stir evenly for 5 minutes, and maintain the temperature and volume within the target range.

Keywords: Goat kid, IoT, Milk heater, Stable

1. Pendahuluan

Pada peternakan kambing perah, susu induk dikumpulkan untuk dijual sebagai komoditas bernilai tinggi, sehingga anak kambing (cempe) bergantung sepenuhnya pada susu formula selama 4–6 minggu pertama kehidupannya. Susu kambing bubuk ini memiliki komposisi 3,99–4,16 % laktosa, 5,91–9,52 % protein, dan 6,7–7,5 % lemak pada 7–14 hari pertama, tapi efektivitas nutrisinya sangat bergantung pada suhu penyajian yang ideal, yaitu 35–37 °C (Abdelsattar et al., 2023; Zhang et al., 2024). Kajian manfaat susu kambing juga telah dilakukan oleh (Putri & Jamil, 2025; Surak et al., 2024; Falahudin et al., 2024; Aprianto et al., 2025).

Dalam praktik manual sehari-hari, peternak mencampur susu bubuk dengan air, mengaduknya, mengukur suhu dengan termometer, lalu menuang ke botol dot satu per satu, proses yang memakan lebih dari satu jam per sesi dan rawan kesalahan suhu. Hal ini dapat menimbulkan kesalahan yang dapat menurunkan produksi enzim pencernaan, memicu gangguan metabolisme lipid,

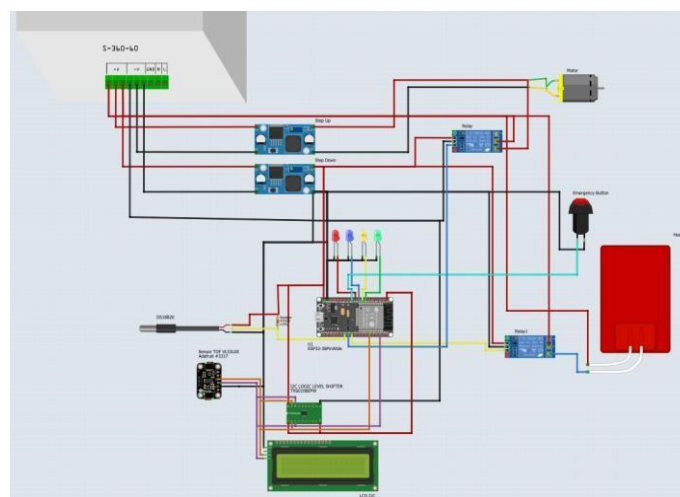
serta menurunkan kenaikan bobot harian anak kambing dari rata-rata 104 g/hari menjadi hanya 69 g/hari, bahkan menimbulkan diare.

Survei di Peternakan Bestary, Wonosobo, menunjukkan bahwa pemberian susu dua kali sehari (500 mL per sesi) sering terhambat oleh lamanya persiapan dan risiko inkonsistensi suhu, sehingga peternak menyambut baik ide alat otomatis yang mampu memonitor dan mengontrol suhu secara real-time sambil mengaduk dan mendistribusikan susu secara otomatis. Berangkat dari kondisi ini dan tantangan efisiensi waktu, penelitian ini mengusulkan perancangan sistem IoT berbasis ESP32 yang mengintegrasikan sensor DS18B20 untuk suhu, sensor VL53L0X untuk estimasi volume, motor DC untuk pengadukan, PTC heater yang dikendalikan PID, serta antarmuka LCD dan aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak jauh, dengan tujuan menyederhanakan proses dan menjaga konsistensi nutrisi anak kambing tanpa intervensi manual. Penelitian sejenis telah dilakukan dengan menggunakan Arduino Uno R3 namun masih kurang optimal (Purwandaru et al., 2021; Triwidyastuti et al., 2019; Putri et al., 2021; Setiawati et al., 2020).

Implementasi konsep ini diharapkan tidak hanya memangkas waktu persiapan hingga lebih dari 60 %, tetapi juga memastikan suhu berada tepat di kisaran optimal 35–37 °C dan volume susu yang terukur akurat, sehingga pertumbuhan dan kesehatan anak kambing dapat terjaga maksimal. Sebuah langkah maju menuju peternakan kambing perah yang lebih efisien dan modern.

2. Metode Penelitian

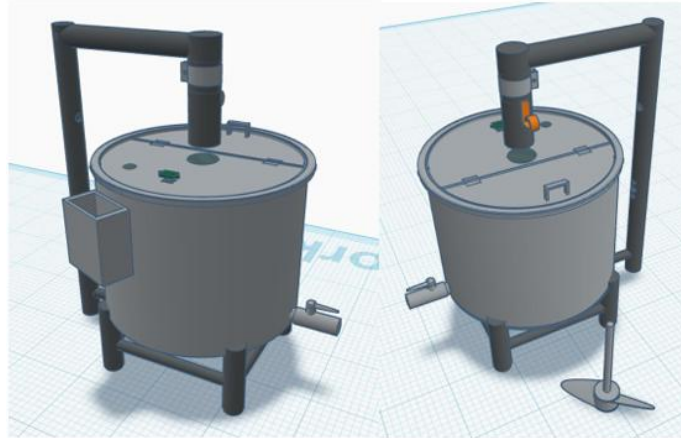
Desain rangkaian elektronik pada alat ini mengacu pada fungsi utama sistem, yaitu memanaskan, mengaduk, dan menjaga suhu susu formula secara otomatis dengan kontrol berbasis mikrokontroler ESP32. Sensor suhu DS18B20 digunakan untuk membaca suhu cairan secara digital melalui protokol *One Wire* dan dihubungkan ke pin GPIO 4 pada ESP32. Nilai suhu ini digunakan sebagai input untuk algoritma PID yang dijalankan secara manual dalam program, dengan konstanta Kp, Ki, dan Kd yang telah ditentukan, untuk mengontrol daya ke elemen pemanas (*heater*). Output dari PID digunakan untuk mengatur relay, yang dikendalikan melalui 51 pin GPIO 16, guna mengaktifkan atau menonaktifkan *heater* sesuai kebutuhan. Untuk mengetahui volume susu, digunakan sensor jarak VL53L0X berbasis I2C, yang dihubungkan ke pin SDA (GPIO 21) dan SCL (GPIO 22) pada ESP32. Sensor ini mengukur ketinggian permukaan susu dalam wadah, yang kemudian dikonversi ke volume berdasarkan dimensi silinder (diameter dan tinggi maksimum). Motor pengaduk dikontrol melalui pin GPIO 17, dengan kondisi hidup atau mati bergantung pada status tahapan sistem (*stirring*). Terdapat empat LED indikator sebagai visualisasi status sistem: LED biru (GPIO 25) untuk proses pemanasan (*Heating*), LED kuning (GPIO 33) untuk pengadukan (*Stirring*), LED hijau (GPIO 32) untuk kondisi susu sudah siap (*Keep Warm/Done*), dan LED merah (GPIO 26) untuk menandakan kondisi error atau susu habis. Semua status dan hasil pembacaan suhu serta volume ditampilkan melalui LCD I2C 16x2 pada alamat 0x27.



Gambar 1. Rangkaian Elektronis Sistem

Desain sistem pada Gambar 1 diatas merupakan prototipe pengolahan susu berbasis pemanasan dan pengadukan otomatis. Tangki utama berbentuk silinder dengan tinggi 22 cm dan

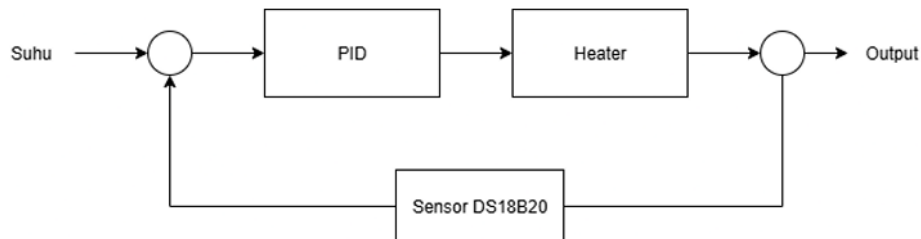
diameter sekitar 20 cm, memberikan volume efektif kurang lebih 6 liter. Tangki ini dirancang dengan penyangga berbentuk kaki silinder untuk menjaga kestabilan saat proses berlangsung. Di bagian atas tabung terdapat sistem pengaduk yang digerakkan oleh motor, serta sistem pemanas yang tertanam pada bagian bawah tangki. Penggunaan pengaduk ini berfungsi menjaga suhu susu merata dan mencegah penggumpalan selama pemanasan. Terdapat juga keran di bagian bawah sisi tabung yang digunakan untuk mengalirkan susu setelah selesai diproses, sehingga pengguna tidak perlu menuang secara manual. Desain 3D ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain 3D

Hasil Akhir Rancangan

Pada bagian ini ditampilkan hasil akhir perancangan yang memvisualisasikan logika kendali suhu melalui blok diagram PID. Diagram ini menggambarkan alur sinyal umpan balik dari sensor suhu ke pengendali PID, kemudian outputnya diteruskan untuk mengatur aktuasi *heater* dan motor pengaduk. Blok diagram PID ini menjadi dasar implementasi perangkat lunak pada ESP32, di mana setiap komponen pengendali (*proportional, integral, derivative*) berperan dalam menyesuaikan daya *heater* agar suhu susu selalu berada dalam rentang optimal. Diagram ini juga memudahkan penyesuaian parameter kontrol jika diperlukan saat pengujian performa alat. Gambar 3 menunjukkan Blok Diagram PID. Dan Gambar 4 menunjukkan hasil akhir rancangan.



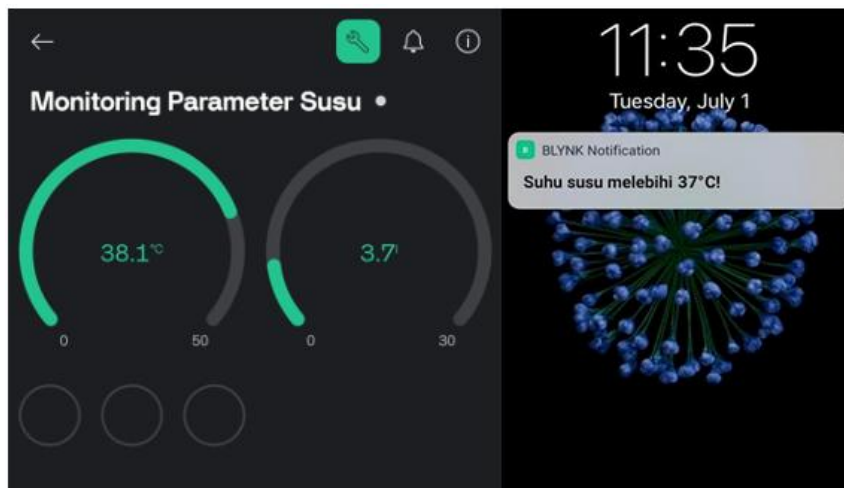
Gambar 3. Blok Diagram PID



Gambar 4. Hasil Akhir Rancangan

Pada Gambar 4, dapat terlihat bahwa alat pengaduk sekaligus pemanas susu yang sudah jadi. Penempatan setiap sensor nantinya akan berada di atas tabung, yang mana setiap sensor sudah memiliki lubang masing-masing, lubang sensor VL53L0X untuk memancarkan laser infrared ke permukaan susu, sedangkan lubang sensor DS18B20 untuk memasukkan sensor tersebut agar dapat mengukur suhu susu secara langsung.

Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur pemantauan jarak jauh menggunakan platform Blynk, yang berfungsi untuk menampilkan informasi kondisi suhu cairan serta volume susu secara real time. Tujuan dari fitur ini adalah untuk memberikan kemudahan kepada pengguna dalam memantau proses pemanasan dan pencampuran susu tanpa perlu melihat langsung ke alat. Dengan demikian, aspek kenyamanan dan fleksibilitas penggunaan alat menjadi lebih optimal. Tampilan antarmuka monitoring pada aplikasi Blynk terdiri dari dua elemen utama, yaitu monitor suhu dan monitor volume susu. Data suhu diperoleh dari sensor DS18B20 yang dikalibrasi, dan ditampilkan dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$), sedangkan data volume dihitung berdasarkan pembacaan jarak permukaan cairan menggunakan sensor VL53L0X, yang kemudian dikonversi menjadi satuan liter (L) melalui perhitungan geometris. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur notifikasi alarm melalui aplikasi Blynk yang akan aktif apabila suhu susu melebihi 37°C . Fitur ini dirancang untuk mencegah risiko overheat dan memastikan bahwa suhu susu tetap dalam batas aman bagi kesehatan anak kambing. Gambar 5 menunjukkan interface dengan menggunakan blynk.



Gambar 5. Interface & Notifikasi Alarm Blynk (Monitoring)

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Pengujian Ketepatan Sensor

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat ketepatan sensor-sensor yang digunakan dalam sistem, dengan membandingkan hasil pembacaannya terhadap nilai referensi yang diperoleh melalui alat ukur manual. Sensor yang diuji meliputi DS18B20 untuk membaca suhu cairan selama proses pemanasan, serta VL53L0X yang digunakan untuk mengukur jarak permukaan cairan dari sensor, lalu dikonversikan menjadi estimasi volume berdasarkan dimensi wadah. Pengumpulan data dilakukan secara bertahap pada berbagai kondisi operasional, seperti perubahan suhu secara bertahap dan variasi volume cairan, dengan mencatat hasil pengukuran sensor dan referensinya secara bersamaan.

Volume aktual diperoleh dari takaran manual, sedangkan tinggi cairan aktual diukur langsung menggunakan penggaris sebagai nilai pembanding. Dari data yang diperoleh, dilakukan pula perhitungan selisih nilai antara volume estimasi dan volume aktual, yang kemudian digunakan untuk menentukan persentase error dari sensor terhadap nilai referensinya. Hasil pengujian sensor suhu dan tinggi air ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Sensor DS18B20

No	Suhu Cairan (Air)		
	Nilai Referensi (°C)	Nilai Sensor (°C)	Error (°C)
1	25,0	24,8	0,2
2	26,2	26,0	0,2
3	29,4	29,2	0,2
4	30,3	30,1	0,2
5	31,5	31,3	0,2
6	32,5	32,3	0,2
7	33,5	33,3	0,2
8	35,0	34,8	0,2
9	36,4	36,2	0,2
10	37,6	37,2	0,2

Tabel 2. Data Sensor VL53L0X

No	Volume Aktual (L)	Tinggi Aktual (cm)	Jarak VL53L0X (cm)	Volume Estimasi (L)	Selisih (L)	Error (%)
1	1	1,3	1,5	0,1	0,9	90%
2	1,5	1,9	2,1	0,6	0,9	90%
3	2	2,6	2,3	1,1	0,9	90%
4	2,5	3,2	3,4	1,6	0,9	90%
5	3	3,9	4,1	2,1	0,9	90%
6	3,5	4,5	4,3	2,6	0,9	90%
7	4	5,2	4,5	3,1	0,9	90%
8	4,5	5,8	4,7	3,6	0,9	90%
9	5	6,5	4,9	4,1	0,9	90%
10	5,5	7,1	5,1	4,6	0,9	90%

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Setiap Sensor

No	Sensor	Parameter yang diukur	Nilai MAE	Persentase (%)	Satuan
1	DS18B20	Suhu Air	0,2	0,64%	°C
2	VL53L0X	Tinggi Air	0,27	3,16%	Cm
		Volume Estimasi	0,9	30,18%	L

Berdasarkan hasil pengujian sensor suhu DS18B20 yang ditunjukkan pada Tabel 3, diperoleh bahwa nilai error antara pembacaan sensor dengan nilai referensi bersifat konsisten, yaitu sebesar 0.2 °C pada setiap pengukuran. Nilai rata-rata MAE (Mean Absolute Error) juga sebesar 0.2 °C dengan persentase error terhadap rata-rata suhu referensi sebesar 0.64%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan cukup andal digunakan untuk pengukuran suhu cairan pada sistem pemanas, terutama pada rentang suhu 25 hingga 37 °C yang menjadi target operasi alat.

Untuk sensor VL53L0X, pengukuran tinggi permukaan cairan menghasilkan error yang relatif kecil, dengan MAE sebesar 0.17 cm dan persentase error sebesar 3.16%. Namun, ketika hasil pengukuran tinggi ini dikonversi ke dalam estimasi volume, ditemukan error yang jauh lebih besar, yaitu MAE sebesar 0.9 liter dengan persentase error mencapai 30.18%. Besarnya deviasi ini menunjukkan bahwa proses transformasi dari tinggi ke volume belum akurat, kemungkinan karena belum diterapkannya fungsi kalibrasi regresi atau pemodelan bentuk tabung yang sesuai secara matematis.

Secara keseluruhan, sensor DS18B20 dinilai layak digunakan karena memberikan pembacaan suhu yang presisi dan konsisten. Sementara itu, sensor VL53L0X memerlukan kalibrasi lanjutan agar konversi datanya dari jarak ke volume menjadi lebih representatif. Meskipun begitu, kombinasi kedua sensor tetap menjanjikan untuk diterapkan dalam sistem pemanas dan pengaduk cairan otomatis, asalkan data dari sensor jarak diproses lebih lanjut untuk menurunkan tingkat error dalam estimasi volume cairan.

3.2. Pengujian Waktu Pemanasan dan Stabilitas Suhu

Hasil pengujian waktu pemanasan dan stabilitas suhu disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Data Waktu Pemanasan

No	Volume Air	Suhu Awal (°C)	Waktu ke 35°C (mm:ss)	Waktu ke 37 °C (mm:ss)
1	6	26,6	30:43	40:28
2	6	26,6	29:56	40:13
3	6	26,6	29:24	40:06
4	6	26,6	28:49	39:49
5	6	26,6	28:32	39:32

Tabel 5. Data Stabilitas Suhu

No	Rentang Pengamatan (menit)	Suhu Rata-rata (°C)	Suhu Min (°C)	Suhu Max (°C)	Fluktuasi (Δ°C)
1	60	36,1	30,5	37,6	2,1
2	60	35,8	35,1	37,5	2,4
3	60	36,0	35,4	37,8	2,4
4	60	35,9	35,2	38,2	3,0
5	60	36,0	35,3	38,0	2,7

Berdasarkan Tabel 4, waktu rata-rata pemanasan 6L air awal bersuhu sekitar 26,6 °C hingga mencapai 35 °C tercatat pada kisaran 28:32 hingga 30:43, dengan nilai rata-rata sekitar 29 menit 25 detik. Selanjutnya, pemanasan lanjutan hingga 37 °C memerlukan tambahan waktu rata-rata sekitar 10 menit 10 detik, sehingga total waktu pemanasan hingga suhu maksimal berada di sekitar 40 menit. Waktu pemanasan ini dipengaruhi oleh sifat termal tabung stainless 304 yang memiliki kapasitas panas jenis cukup besar dan konduktivitas termal sedang, sehingga meskipun distribusi panas merata, dibutuhkan waktu untuk mengakomodasi massa material tabung dan volume air.

Tabel 5 menunjukkan hasil pengamatan stabilitas suhu selama rentang 60 menit setelah suhu mencapai set-point. Suhu rata-rata berada di kisaran 35,8 °C–36,1 °C dengan fluktuasi maksimum antara 2,1 °C hingga 3,0 °C. Selisih suhu minimum dan maksimum yang relatif kecil ini menegaskan efektivitas algoritma PID dalam menjaga kestabilan suhu dalam batas toleransi yang diinginkan. Pengaruh tabung stainless 304 juga terlihat pada pola fluktuasi, meski material memiliki kemampuan merata-kan panas, kehilangan panas ke lingkungan tetap terjadi, sehingga kendali PID secara kontinu melakukan koreksi untuk mempertahankan suhu dalam rentang optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis sistem otomatisasi pembuatan dan pendistribusian susu formula untuk anak kambing, dapat disimpulkan bahwa sistem ini mampu menjadi solusi efektif dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas nutrisi di peternakan kambing perah. Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor suhu DS18B20, sensor jarak (ToF/VL53L0X), dan pemanas Elemen *Heater*, berhasil melakukan pengadukan, pemanasan, dan penstabilan suhu secara otomatis. Dengan pengendalian suhu menggunakan algoritma PID, suhu susu berhasil dijaga dalam rentang ideal 35–37°C yang penting untuk kesehatan pencernaan anak kambing. Selain itu, integrasi IoT pada sistem ini melalui aplikasi Blynk, yang memudahkan

pemantauan suhu dan volume susu lewat aplikasi mobile. Secara keseluruhan, sistem ini dapat menjadi inovasi yang mendukung perkembangan peternakan modern, terutama di sektor peternakan skala kecil hingga menengah.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Elektro UII yang mendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdelsattar, W., Zhao, A. M., Saleem, A. E., Kholif, E., Vargas-Bello-Pérez, E., & Zhang, N. (2023). Physical, metabolic, and microbial rumen development in goat kids: A review on the challenges and strategies of early weaning. *Animals*, 13(15), 2420.
- Zhang, T., Zhang, M., Guo, M., et al. (2024). Early-life milk replacer feeding mediates lipid metabolism disorders induced by colonic microbiota and bile acid profiles to reduce body weight in goat model. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 15(1), 118.
- Purwandar, D. E., Faturrohman, A. R., Putri, R. P., Maghfiroh, M. R., Ridhollah, M. R., & Dewi, L. K. (2021). Rancang bangun fermentor yogurt susu kambing etawa dengan sistem kontrol sensor pH 4502C dan suhu DS18B20 berbasis Arduino UNO R3. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 9(3), 281–291.
- Triwidyastuti, M., Nizar, H., Jusak, H., & Harianto, H. (2019). Pengendali suhu pada proses pasteurisasi susu dengan menggunakan metode PID dan metode fuzzy Sugeno. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(4), 355–362.
- Putri, D. E., Faturrohman, K., Purwandar, R. P., Maghfiroh, M. R., Ridhollah, M. R., & Dewi, L. K. (2021). Model otomatisasi monitoring kandang untuk peternakan kambing berbasis Arduino Mega 2560. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 9(3), 292–300.
- Setiawati, M., Sari, D., & Hidayat, T. (2020). Rancang bangun alat pengaduk susu menggunakan sensor ultrasonik dilengkapi sistem sterilisasi berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 8(2), 129–135.
- Putri, & Jamil, M. (2025). Analisis manfaat susu kambing berdasarkan hadis dan relevansinya dengan kesehatan modern: Studi kasus Desa Kedai Durian Deli Tua Deli Serdang. *Ta'wiluna: Jurnal Ilmu Al-Qur'an, Tafsir dan Pemikiran Islam*, 6(2), 739–755.
- Surak, A., Ndaong, N., & Detha, A. (2024). Studi literatur bakteri asam laktat yang diisolasi dari susu kuda, susu kambing dan susu sapi. *Jurnal Veteriner Nusantara*, 7(2), 325–335.
- Falahudin, A., Widianingrum, D., Somanjaya, R., Yuliandri, L. A., Rahmah, U. I. L., & Imanudin, O. (2024). Pengolahan susu kambing pasteurisasi dengan penambahan sari buah mangga gedong gincu. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(3), 2171–2175.
- Aprianto, R., Supranoto, S., Nurnaningsih, W., & Sukmaningsih, T. (2025). Pengaruh penambahan sari buah lemon terhadap tekstur dan warna pada yoghurt susu kambing. *Media Peternakan*, 27(2), 37–43.