

# Arduino-Based Freeze Branding Tool Application for Cattle

## Aplikasi Alat Penandaan Beku Berbasis Arduino untuk Ternak Sapi

Avinda Arta Putra Sabhana<sup>1)</sup>, Dwi Hadidjaja Rasyid Saputra<sup>\*2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [DwiHadidjajaRasyidSaputra@umsida.ac.id](mailto:DwiHadidjajaRasyidSaputra@umsida.ac.id)

**Abstract.** *Livestock identification is a crucial aspect of livestock management, but conventional methods such as hot branding often cause tissue trauma and stress in animals. On the other hand, the freeze branding method using liquid nitrogen has high costs and difficult logistics for smallholder farmers. This research aims to design a portable freeze branding instrument based on thermoelectric technology as a more humane and economical livestock marking solution. This system was developed using a Peltier TEC1-12706 module as the main cooling actuator controlled by a 32-bit Arduino Uno R4 microcontroller for real-time processing of DS18B20 temperature sensor data. Laboratory testing results showed the device was able to achieve operational temperature stability between -7°C and -15°C. Field implementation on cleaned livestock hides showed that with a contact time of 180 to 300 seconds, this device was able to produce effective permanent marks. This innovation offers an alternative livestock identification method that is more controlled, safe for animals, and applicable to smallholder livestock farming.*

**Keywords** - Arduino UN; Freeze Branding; Peltier; Temperatur Sensor

**Abstrak.** *Identifikasi ternak merupakan aspek krusial dalam manajemen peternakan, namun metode konvensional seperti hot branding (besi panas) sering kali menyebabkan trauma jaringan dan stres pada hewan. Di sisi lain, metode freeze branding menggunakan nitrogen cair memiliki kendala biaya tinggi dan logistik yang sulit bagi peternak rakyat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang instrumen freeze branding portabel berbasis teknologi termoelektrik sebagai solusi penandaan ternak yang lebih manusiawi dan ekonomis. Sistem ini dikembangkan menggunakan modul Peltier TEC1-12706 sebagai aktuator pendingin utama yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno R4 berbasis 32-bit untuk pemrosesan data sensor suhu DS18B20 secara real-time. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan perangkat mampu mencapai stabilitas suhu operasional antara -7°C hingga -15°C Implementasi lapangan pada kulit ternak yang telah dibersihkan menunjukkan bahwa dengan durasi penekanan (contact time) selama 180 hingga 300 detik, alat ini mampu menghasilkan tanda permanen yang efektif. Inovasi ini menawarkan alternatif metode identifikasi ternak yang lebih terkontrol, aman bagi hewan, dan aplikatif untuk skala peternakan rakyat.*

**Kata Kunci** - Arduino Uno; Frezze Brending; Peltier; Temperatur Sensor

## I. PENDAHULUAN

Masalah manajemen aset di sektor peternakan, terutama di daerah berkembang seperti Desa Pancamarga, Tulang Bawang Barat, bukan sekadar urusan administrasi, melainkan tantangan vital dalam menjaga aset biologis. Di lapangan, peternak sapi Limosin dan Bali sering kali kesulitan melakukan pelacakan riwayat kesehatan dan populasi secara akurat. Kondisi ini sangat riskan, karena tanpa sistem identifikasi yang mumpuni, manajemen peternakan akan menghadapi kendala serius dalam optimalisasi produksi dan pelacakan aset biologis[1]. Oleh karena itu, kita membutuhkan sebuah sistem penandaan permanen yang tidak hanya sekadar label, tapi juga mendukung keberlanjutan industri peternakan lokal.

Fenomena ini menarik untuk dikaji lebih dalam karena pada dasarnya manusia mengembangkan teknologi dari sisi vital permasalahan yang dihadapi[2]. Selama ini, pilihan yang tersedia bagi peternak sangat dilematis. Di satu sisi, metode konvensional seperti hot branding (cap panas) sangat menyakitkan bagi ternak. Di sisi lain, teknologi modern pun punya celah, metode lain seperti ear tagging atau microchip terkadang memiliki risiko kehilangan atau kerusakan, serta memerlukan peralatan pembaca khusus[3]. Realita di lapangan menunjukkan bahwa alat yang terlalu rumit atau mahal justru jarang digunakan oleh peternak rakyat, sehingga diperlukan inovasi yang lebih tepat guna.

Jika kita melihat pertumbuhan industri secara nasional, peternakan sapi ini sudah dilakukan sejak tahun 2012 sampai sekarang, dengan jumlah sapi yang terus meningkat[4]. Sektor peternakan memegang peran krusial dalam mencukupi kebutuhan pangan nasional yang kian melonjak. Dinamika pertumbuhan ini dipicu oleh penambahan populasi penduduk di Indonesia serta membaiknya tingkat pendapatan masyarakat, yang secara langsung berimplikasi pada peningkatan standar hidup para produsen pangan seperti petani dan nelayan[5]. Urgensi ini semakin nyata mengingat daging sapi merupakan bahan pangan yang sangat bermanfaat bagi manusia karena banyak mengandung zat-zat makanan yang dibutuhkan oleh manusia[6]. Namun, pertumbuhan populasi ini akan sia-sia jika penanganan

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

identifikasi di tingkat peternak masih menggunakan cara-cara yang merusak kualitas kulit atau menurunkan kesejahteraan hewan.

Masalah etika dalam peternakan menjadi poin krusial yang sering kali terabaikan dalam metode hot branding. Prosedur tradisional ini menyisakan banyak masalah, termasuk kerusakan yang mahal pada kulit dan kekhawatiran terhadap kesejahteraan hewan akibat prosedur yang menyakitkan[7]. Secara klinis, branding yang panas ternyata merupakan salah satu penyebab penurunan kualitas sapi tersebut yang menyebabkan lebih banyak dampak buruk respon kortisol yang lebih jelas branding dengan freeze branding pada 40 menit[8]. Maka wajar jika belakangan ini pencitraan merek beku sering kali dipandang sebagai alternatif yang lebih etis dibandingkan pencitraan merek panas tradisional, sehingga para ahli menyerukan pelarangan pencitraan merek panas demi teknik kriogenik[9]. Penggunaan besi panas dalam praktik peternakan terbukti menghasilkan luka bakar yang parah yang justru merugikan nilai jual ternak itu sendiri.

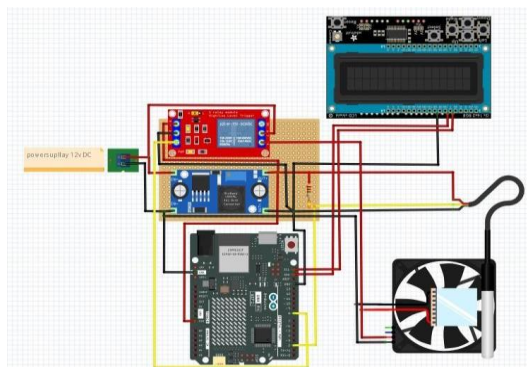
Berdasarkan kegelisahan teknis tersebut, penelitian ini mencoba menawarkan solusi berupa alat freeze branding berbasis Peltier. Inovasi ini hadir untuk memutus ketergantungan peternak pada nitrogen cair yang sulit didapat di pelosok Lampung. Pemberian cap beku atau kriobranding untuk identifikasi ternak pertama kali dijelaskan pada tahun 1966[10], namun pengembangannya menjadi alat elektrik portable masih sangat jarang dilakukan. Dalam pengembangannya, integrasi Arduino R4 sangat penting untuk memastikan keamanan sistem[11], terutama dalam menjaga akurasi suhu. Untuk mengawasi fluktuasi termal pada perangkat secara akurat, instrumen ini mengintegrasikan sensor DS18B20 yang memiliki kemampuan monitoring suhu pada kondisi mesin yang dinamis [12]. Dengan kendali digital ini, kita ingin memastikan bahwa teknologi tidak hanya canggih di atas kertas, tapi benar-benar aman dan aplikatif saat diterapkan ke tubuh ternak.

## II. METODE

Tahap awal penelitian difokuskan pada pengembangan instrumen freeze branding yang mengintegrasikan beberapa komponen elektronika utama untuk mencapai target suhu kriogenik. Pemanfaatan efek Peltier menjadi basis operasional sistem ini, di mana modul thermoelectric cooler (TEC) diintegrasikan sebagai komponen pengatur suhu utama. Prinsip kerja alat mengandalkan fenomena perpindahan energi termal yang dihasilkan melalui aliran arus searah pada sambungan dua bahan semikonduktor yang berbeda, sehingga menciptakan sisi dingin yang dibutuhkan untuk proses branding. Secara spesifik, penelitian ini menggunakan modul TEC1-12706 yang memiliki karakteristik teknis berupa ukuran presisi 40 X 40 MM dengan ketebalan 3,8 mm[13]. Modul ini mampu menghasilkan perbedaan temperatur maksimal antara sisi panas dan dingin hingga 66°C dengan batas tegangan operasional maksimal sebesar 14,4 V. Pemilihan modul ini didasarkan pada dimensinya yang kompak serta penggunaan material keramik insulator jenis Alumina yang memungkinkan perangkat beroperasi hingga temperatur maksimal 138°C

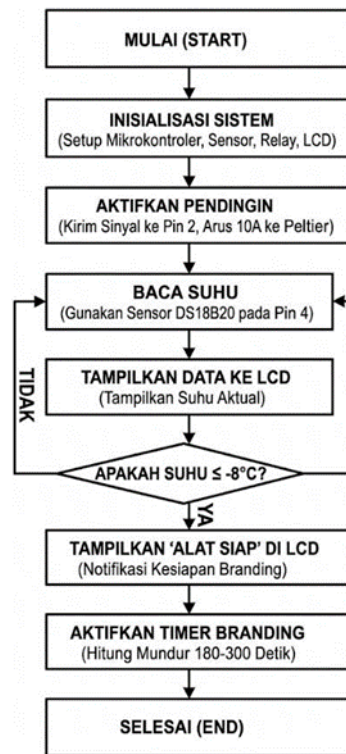
Unit pemrosesan data menggunakan Arduino Uno R4 yang bertugas mengelola input dari sensor suhu secara real-time. Pemilihan papan mikrokontroler ini didasarkan pada untuk menghasilkan frekuensi antara 100 kHz hingga 1 MHz[14]. yang memberikan kemampuan pemrosesan data lebih cepat dan stabil untuk menangani sistem monitoring suhu yang kompleks. Terintegrasi dengan unit ini, penggunaan sensor suhu DS18B20 berperan untuk memonitor suatu kondisi suhu pada peralatan yang nilainya dapat berubah-ubah secara dinamis. Untuk menjamin keberhasilan proses pendinginan, sistem catu daya menggunakan adaptor 12V 10A yang dirancang untuk memberikan suplai daya yang stabil bagi modul Peltier. Berdasarkan prinsip keamanan beban (load safety)[15], pengaturan arus dan tegangan yang stabil sangat krusial guna mencegah kerusakan pada komponen internal akibat fluktuasi daya serta memastikan sistem dapat bekerja secara kontinu pada performa maksimal. Untuk menjaga performa pendinginan tetap optimal pada sisi panas Peltier, penelitian ini mengintegrasikan kombinasi heatsink aluminium dan kipas pendingin (cooling fan) berkecepatan tinggi guna membuang kalor secara efektif ke lingkungan.

**Gambar 1.** Wiring Diagram



Gambar 1 menunjukkan integrasi sistem freeze branding yang dirancang dalam penelitian ini. Prinsip kerja alat diawali dengan suplai daya dari power supply 12V 10A menuju Arduino Uno R4 sebagai otak pengendali. Mikrokontroler kemudian memproses data suhu dari sensor DS18B20 untuk memastikan modul Peltier TEC1-12706 beroperasi pada rentang suhu operasional  $-7^{\circ}\text{C}$  hingga  $-7^{\circ}\text{C}$ . Sisi panas Peltier didinginkan secara konveksi paksa menggunakan kombinasi heatsink dan fan untuk menjaga efisiensi penurunan suhu pada sisi dingin tetap optimal selama proses penandaan.

Gambar 2. Flow Chart



Gambar 2 menunjukkan alur logika sistem yang berjalan pada mikrokontroler. Proses dimulai dengan inialisasi pin digital 2 sebagai *output* untuk kendali *relay* dan pin digital 4 sebagai *input* untuk sensor DS18B20. Secara sekuensial, sistem akan mengaktifkan *relay* agar Peltier bekerja mendinginkan plat *branding*. Program akan terus melakukan perulangan (*looping*) pembacaan suhu dan menampilkannya pada LCD I2C. Notifikasi 'konsidi suhu dan kondisi peltier on atau off'.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN






#### A. Analisis Kinerja Sistem Pendingin

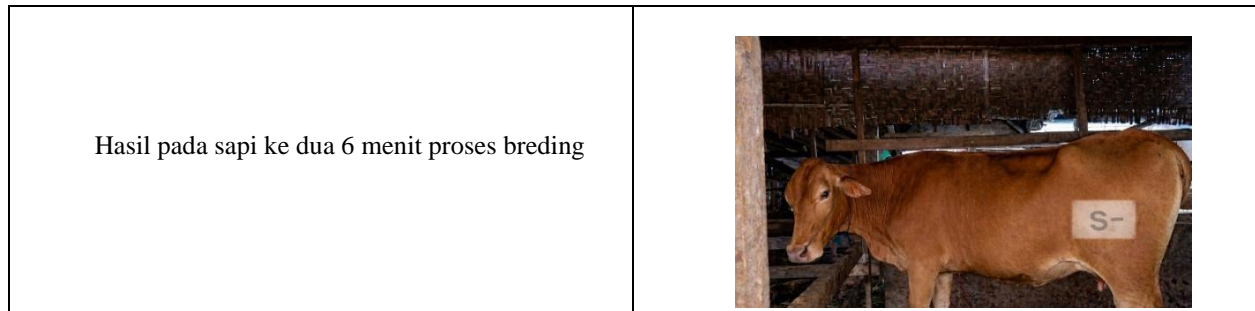
Berdasarkan rancangan sistem pada Bab II, instrumen freeze branding telah direalisasikan dan diuji secara laboratorium untuk mengetahui karakteristik penurunan suhu pada plat branding. Pengujian dilakukan pada suhu lingkungan rata-rata  $29^{\circ}\text{C}$  dengan catu daya stabil 12V 10A.

Waktu (Menit)	Suhu Plat ( $^{\circ}\text{C}$ )	Arus Relay (A)	Status Sistem
0	29.0	0	Inisialisasi
5	12.4	5.8	Pendinginan Aktif
7	2.1	5.9	Pendinginan Aktif
9	-3.5	6.1	Pendinginan Aktif
15	-7.2	6.2	Pendinginan Aktif

Berdasarkan Tabel 1, sistem memerlukan waktu kurang lebih 20 menit untuk mencapai suhu operasional  $-7^{\circ}\text{C}$ . Peningkatan konsumsi arus pada modul Peltier TEC1-12706 seiring penurunan suhu menunjukkan adanya usaha kompensasi termal untuk menjaga gradien suhu tetap stabil.

**B. Hasil Implementasi Pada Ternak Sapi dan Foto Alat**

Keterangan	Hasil Foto
Foto alat	
Foto alat	
Foto alat	
Proses Freeze Branding	
Hasil pada sapi pertama 5 menit proses breeding	



Berdasarkan data pada Tabel 2, terlihat bahwa sistem kendali suhu yang dirancang mampu mempertahankan suhu operasional pada rentang  $-7^{\circ}\text{C}$  saat diaplikasikan langsung pada objek ternak. Perbedaan durasi branding antara Sapi 1 (5 menit) dan Sapi 2 (6 menit) sebesar 11% dipengaruhi oleh faktor konduktivitas termal pada permukaan kulit masing-masing subjek. Sapi 1 memiliki lapisan rambut yang lebih tebal, sehingga memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai titik beku yang optimal pada lapisan dermis.

Keberhasilan penandaan yang ditunjukkan dengan matinya pigmen rambut secara permanen membuktikan bahwa penggunaan modul Peltier sebagai pengganti nitrogen cair memiliki efektivitas yang setara namun dengan kontrol suhu yang lebih stabil. Hal ini memvalidasi bahwa integrasi sensor DS18B20 dan relay mampu merespons beban termal (panas tubuh sapi) secara *real-time* untuk menjaga suhu plat tetap berada di bawah ambang batas penandaan.

#### IV. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merealisasikan prototipe alat freeze branding berbasis Arduino Uno R4 yang mampu mencapai suhu operasional target  $-8^{\circ}\text{C}$  dalam waktu rata-rata 20 menit, membuktikan bahwa teknologi termoelektrik dapat menjadi alternatif yang handal dan ekonomis menggantikan nitrogen cair. Implementasi lapangan pada ternak sapi menunjukkan stabilitas suhu yang terjaga meskipun terpapar beban termal tubuh hewan, di mana durasi penandaan selama 5-6 menit terbukti efektif menghasilkan identifikasi permanen yang jelas tanpa menyebabkan trauma jaringan yang parah. Sebagai inovasi pertama yang dikembangkan, alat ini tidak hanya menunjukkan keberhasilan integrasi perangkat keras dan lunak, tetapi juga menawarkan pendekatan yang lebih manusiawi (animal welfare) serta efisien bagi manajemen peternakan rakyat di Desa Pancamarga.

#### REFERENSI

- [1] R. T. Reis, B. Pereira Barella, and M. H. Stoppa, "Management and Control of Cattle Using Identification by RFID Technology," 2019.
- [2] M. B. Ulum, D. Hadidjaja, and R. Saputra, "INTERNATIONAL JOURNAL ON HUMAN COMPUTING STUDIES OTOMATIS SPRAY DESINFEKTAN KANDANG AYAM DENGAN ANDROID BERBASIS ARDUINO UNO," 2020, [Online]. Available: <http://ai2.appinventor.mit.edu>.
- [3] C. G. Lombard and T. Du Plessis, "The Socio-onomastic Features of American Cattle Brands," *Names*, 2019, doi: 10.1080/00277738.2018.1490517.
- [4] S. Elida, "Potency and developmental strategy of dairy cattle bussines in Pangkalan Kerinci, Pelalawan district," *Gontor AGROTECH Science Journal*, vol. 2, no. 2, Jun. 2016, doi: 10.21111/agrotech.v2i2.413.
- [5] G. Siregar, "ANALISIS KELAYAKAN DAN STRATEGI PENGEMBANGAN USAHA TERNAK SAPI POTONG."
- [6] M. H. Hidayatullah et al., "ANALISIS PERMINTAAN DAGING SAPI DI KABUPATEN JEMBER," *Jurnal Mahasiswa Entrepreneur (JME) FEB UNARS*, vol. 2, no. 12, pp. 2754–2764.
- [7] "Pemberian Merek pada Sapi: Pertimbangan Kesejahteraan Hewan, Implikasi Hukum dan Alternatif | The Cattle Site." Accessed: May 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.thecattlesite.com/articles/4465/branding-cattle-animal-welfare-considerations-legal-implications-and-alternatives>
- [8] K. S. Schwartzkopf-Genswein, J. M. Stookey, A. M. De Passillé, and J. Rushen, "Comparison of hot-iron and freeze branding on cortisol levels and pain sensitivity in beef cattle 1."
- [9] S. J. J. Adcock and C. B. Tucker, "The effect of disbudding age on healing and pain sensitivity in dairy calves," *J. Dairy Sci.*, vol. 101, no. 11, pp. 10361–10373, Nov. 2018, doi: 10.3168/jds.2018-14987.
- [10] T. A. Mitchell, T. A. Schroder, K. P. McGovern, and L. C. Cancio, "Case Report Freeze branding: a novel injurious mechanism for humans," 2021. [Online]. Available: [www.IJBT.org](http://www.IJBT.org)

- [11] M. H. Aprianto, A. Wisaksono, and S. Syahririni, “SNESTIK Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika Rancang Bangun Sistem Peringatan Overheating pada Suhu Kampas Rem Mobil dengan Telegram”, doi: 10.31284/p.snestik.2023.4301.
- [12] M. Bagus, R. Huda, and W. D. Kurniawan, “ANALISA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN SENSOR DS18B20 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO.”
- [13] A. A. Rokhim, L. Endahwati, and S. Sutiyono, “Pemanfaatan Energi panas menggunakan Termoelektrik Generator dengan Variasi Peltier,” vol. 14, no. 1, pp. 19–23
- [14] F. Baringin, J. W. Samosir, and S. Rizqika Akbar, “Implementasi Arduino UNO R4 Pulse Width Modulation pada Sistem Penghantar Daya Nirkabel,” 2025. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [15] A. S. M. Jiaul Hoque, M. Kazi, N. Islam, M. A. Siddik, and S. Ahamed, “Design and Implementation of a Microcontroller Based 12V-7A/10A Smart Solar Battery Charge Controller.”

***Conflict of Interest Statement:***

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*