

RANCANG BANGUN SISTEM PEMISAH TELUR FERTIL DAN INFERTIL OTOMATIS DENGAN METODE *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

Fadiyah Noviani¹⁾, Irma Salamah²⁾, Lindawati³⁾

1. Jurusan Teknik Elektro, Program Studi DIV Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia
2. Jurusan Teknik Elektro, Program Studi DIV Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia
3. Jurusan Teknik Elektro, Program Studi DIV Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: *Convolutional Neural Network* (CNN); Klasifikasi Gambar; Pemilahan Telur Fertil dan Infertil

Keywords: *Convolutional Neural Network* (CNN); Image Classification; Sorting of Fertile and Infertile Eggs

Article history:

Received 2 June 2024

Revised 20 July 2024

Accepted 4 August 2024

Available online 1 September 2024

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v9i3.6101>

* Corresponding author.

Corresponding Author

E-mail address:

irma.salamah@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sistem yang secara otomatis memisahkan telur subur dan tidak dibuahi dengan menggunakan metode convolutional neural network (CNN). Metode ini digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi telur berdasarkan gambar lilin. Pengujian dilakukan pada kumpulan data yang terdiri dari telur subur dan tidak dibuahi. Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata akurasi sistem yang dikembangkan adalah 85%, dengan akurasi 90% untuk telur fertil dan akurasi 80% untuk telur tidak dibuahi. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem ini dapat diandalkan untuk aplikasi praktis, meskipun terdapat beberapa kasus pendeteksian kondisi telur yang tidak konsisten. Namun, validasi dan penyempurnaan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan akurasi sistem sehingga hasilnya akurat secara konsisten dalam berbagai kondisi. Pengenalan sistem ini diharapkan dapat mendukung proses pemisahan telur secara efisien dan efektif, membantu meningkatkan produktivitas dan kualitas produk dalam peternakan.

ABSTRACT

The purpose of this research is to design and build a system that automatically separates fertile and unfertilized eggs using the convolutional neural network (CNN) method. This method is used to classify the condition of eggs based on wax images. Tests were conducted on a data set consisting of fertile and unfertilized eggs. Based on the research results, the average accuracy of the developed system is 85%, with 90% accuracy for fertile eggs and 80% accuracy for unfertilized eggs. These results show that the system is reliable for practical applications, although there are some cases of inconsistent egg condition detection. However, further validation and refinement is required to improve the accuracy of the system so that the results are consistently accurate under various conditions. The introduction of this system is expected to support the egg separation process efficiently and effectively, helping to improve productivity and product quality in animal husbandry.

I. PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan masyarakat terhadap produk hewani seperti daging, susu, dan telur sebagai sumber protein terus meningkat. Telur adalah sumber protein hewani berkualitas tinggi dan mudah dicerna. Jenis telur yang paling banyak dikonsumsi adalah telur tanpa kandang dan telur ayam kampung [1]. Penetasan telur yang efisien memiliki implikasi ekonomi yang signifikan dalam industri peternakan telur. Dengan menggunakan teknologi modern, seperti sistem deteksi berbasis algoritma Convolutional Neural Network (CNN), peternak dapat secara akurat memisahkan telur yang subur dari yang tidak, sehingga mengurangi pemborosan sumber daya dan biaya yang terkait dengan proses penetasan telur yang tidak dibuahi. Industri peternakan telur memainkan peran penting dalam industri makanan karena menyediakan sumber protein bagi penduduk dunia. Efisiensi produksi telur sangat penting untuk memenuhi permintaan konsumen yang terus meningkat. Salah satu cara untuk meningkatkan tingkat keberhasilan penetasan adalah dengan menggunakan teknik lilin

untuk memilih dan memisahkan telur yang berembrio (telur terbuahi) dan telur tanpa embrio (telur tidak subur)[2]. Proses penetasan yang mahal dan memakan waktu dapat diminimalkan, meningkatkan produktivitas dan profitabilitas bagi peternak, serta memungkinkan penetasan telur dalam skala yang lebih besar untuk memenuhi kebutuhan sumber protein hewani.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian[1] dengan menggunakan Arduino Nano dapat disimpulkan bahwa nilai akurasi yang diperoleh alat untuk telur ayam negeri ini didasarkan pada nilai tegangan yang dibandingkan dengan referensi yaitu 90 % Saya bisa. Telur yang telah dibuahi dapat menetas karena mengandung sperma ayam sehingga dapat dikonsumsi atau ditetaskan. Telur yang dibuahi biasanya menetas setelah sekitar 21 hari [3]. Namun, tantangan utama bagi para peternak adalah pemborosan sumber daya yang disebabkan oleh penetasan telur yang tidak dibuahi. Meskipun telur yang tidak dibuahi tidak berkembang menjadi embrio saat menetas, proses penetasan masih sangat mahal dan memakan waktu. Oleh karena itu, diperlukan solusi efektif untuk memisahkan telur subur dan tidak dibuahi sebelum menetas untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi pemborosan sumber daya.

Telur yang tidak dibuahi tidak menghasilkan anakan dan cenderung menjadi tempat berkembang biaknya bakteri dan jamur karena perbedaan suhu telur dengan suhu yang diukur dengan termometer penetasan[4]. Dalam menghadapi tantangan utama pemborosan sumber daya akibat penetasan telur yang tidak dibuahi, inovasi terbaru dalam teknologi menjadi sangat penting. Penggunaan alat seleksi modern, termasuk sistem berbasis CNN, telah terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi produksi. Deteksi telur yang tidak dibuahi dapat dilakukan dengan mengarahkan telur pada sumber cahaya dengan intensitas konstan[5]. Cara yang umum dilakukan peternak untuk menyortir telur adalah dengan menggunakan senter di tempat yang gelap. Jika telur terlihat terang di bawah senter, berarti telur tersebut dalam kondisi baik atau masih segar. Jika gelap, kondisinya buruk atau busuk. Teknologi dalam industri peternakan mengalami kemajuan pesat dalam beberapa dekade terakhir, termasuk pengembangan peralatan seleksi dan inkubasi telur. Alat tersebut dapat menggunakan berbagai metode, termasuk cahaya, suhu, dan sensor biologis, untuk mengidentifikasi telur yang berpotensi menetas. Teknologi ini mampu melakukan pemilihan telur dengan lebih cepat dan akurat dibandingkan metode tradisional, seperti penggunaan senter di ruang gelap, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan kemungkinan kesalahan manusia. Secara keseluruhan, integrasi teknologi seperti CNN dalam industri peternakan telur tidak hanya memberikan keuntungan ekonomi, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan, menjadikan praktik pertanian lebih bertanggung jawab dan efisien.

Convolutional Neural Network (CNN) adalah algoritma pembelajaran mendalam yang merupakan penyempurnaan dari multilayer perceptron (MLP) dan dirancang khusus untuk memproses data dalam bentuk dua dimensi. Algoritma CNN ini digunakan untuk secara otomatis mendeteksi dan mengenali pohon kelapa sawit pada gambar perkebunan yang diambil menggunakan teknik penginderaan jauh. Dengan menggunakan CNN, penghitungan dan identifikasi pohon palem dapat dilakukan secara otomatis tanpa campur tangan manusia[6]. Penerapan algoritma convolutional neural network digunakan untuk mengklasifikasikan telur ayam yang dibuahi dan tidak dibuahi. Proses klasifikasi memperoleh nilai akurasi sebesar 98% dan nilai error sebesar 5% [3]. Dengan menerapkan algoritma *convolutional neural network* (CNN), pemilihan telur dapat dilakukan lebih efektif dan memudahkan para peternak telur. Seleksi dilakukan dengan mengamati cangkang telur dan mengolah hasil observasi tersebut menggunakan algoritma CNN dengan menggunakan dataset yang dikumpulkan melalui studi lapangan. Dengan menggunakan metode ini, dimungkinkan untuk mengklasifikasikan telur ayam yang subur dan tidak dibuahi [3].

II. METODE PENELITIAN

A. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan. Bentuk keseluruhan pada tahapan penelitian ini akan menghasilkan suatu sistem yang dapat bekerja dengan baik. Dapat dilihat dari gambar 2.1 menunjukkan kerangka keseluruhan penelitian ini.

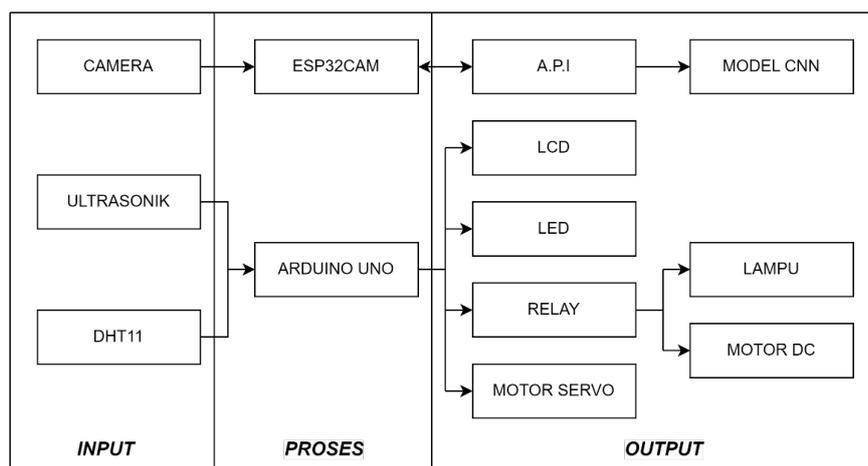


Gambar 1. Kerangka Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi tantangan dalam mengklasifikasikan telur fertile dan infertile serta menetapkan tujuan untuk mengembangkan alat otomatis yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan landasan teori dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan internet. Proses perancangan meliputi desain komponen-komponen perangkat keras termasuk sensor dan mikrokontroler, serta pengembangan perangkat lunak dengan implementasi kerangka *Convolutional Neural Network* (CNN) yang terintegrasi dengan Flask sebagai API untuk menghubungkan alat dengan model CNN. Flask merupakan web framework yang ditulis dengan bahasa Python dan termasuk dalam kategori sebagai microframework[7]. Uji coba dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat dalam mengklasifikasikan telur, yang diikuti dengan analisis hasil untuk menyusun laporan akhir beserta rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut.

B. Perancangan Perangkat

Perancangan perangkat pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras dimulai dengan merancang diagram blok keseluruhan sistem. Diagram blok memegang peranan yang sangat penting dalam proses penelitian.



Gambar 2. Blok Diagram Perangkat Keras

Dapat dilihat dari gambar 2 berikut adalah penjelasannya :

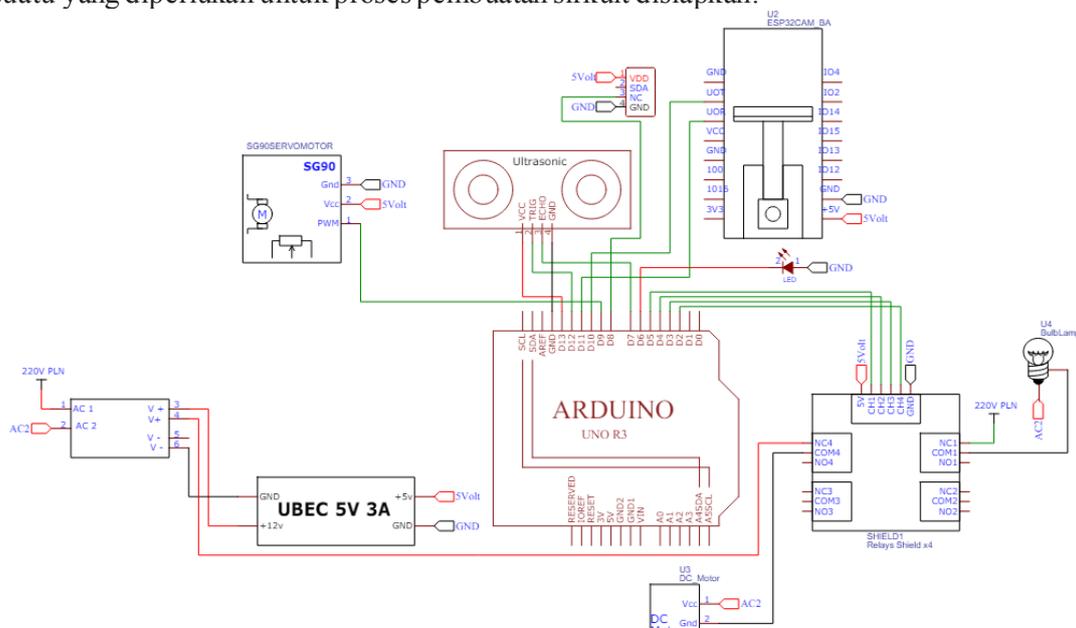
1. Arduino uno berfungsi sebagai Mikrokontroler utama yang mengontrol seluruh sistem berdasarkan input dari sensor. Memproses data dari sensor DHT11 dan sensor ultrasonik, serta mengontrol perangkat output seperti relay, motor servo, dan LED.
2. ESP32-CAM adalah sebuah platform pengembangan yang menggabungkan mikrokontroler ESP32 dengan modul kamera, sehingga memungkinkan pemantauan secara real-time melalui koneksi Wi-Fi yang terintegrasi[8] kamera ini akan mengambil foto dari telur yang diletakkan di bawahnya dan membandingkannya

dengan dataset yang telah diuji sebelumnya untuk menentukan klasifikasi telur.

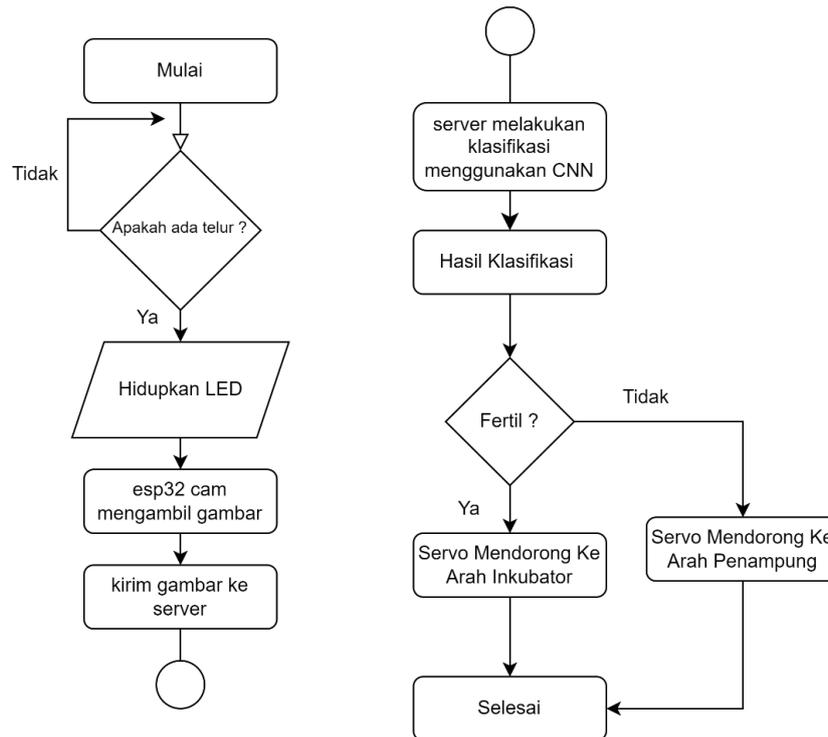
3. Ultrasonic Sensor ultrasonik adalah jenis sensor yang menggunakan gelombang suara untuk mendeteksi objek dan mengukur jarak[9] ini dapat digunakan untuk memverifikasi posisi atau telur yang ada di bawah esp32cam.
4. Sensor DHT11 merupakan modul sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban lingkungan[10] yang berfungsi Mengukur suhu dan kelembaban di dalam incubator, kelembaban yang tepat sangat penting untuk memelihara kesehatan telur selama proses penetasan.
5. LED digunakan untuk menerangi telur agar gambar yang diambil oleh ESP32Cam menjadi lebih jelas dan akurat.
6. A.P.I (Application Programming Interface) berfungsi Mengirim data gambar dari ESP32-CAM ke model CNN untuk diproses. A.P.I memungkinkan integrasi dengan server atau platform analisis eksternal yang menjalankan model CNN untuk mendeteksi dan memisahkan telur fertil dan infertil.
7. LCD (Liquid Crystal Display) berfungsi Memberikan umpan balik visual kepada pengguna tentang kelembapan didalam incubator, jarak telur, dan status telur (fertil atau infertil).
8. Motor servo adalah perangkat berputar yang menggunakan sistem kontrol umpan balik loop tertutup untuk mengatur posisi sudut poros keluarannya[11] yang berfungsi akan menggerakkan telur ke tempat penampungan yang telah ditentukan berdasarkan hasil deteksi, yaitu ke incubator jika telur fertile dan ke kotak penampungan biasa jika telur infertile.
9. Relay adalah komponen kelistrikan yang menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk membuka atau menutup jalur listrik[12]. Relay berfungsi Mengontrol daya untuk komponen lain seperti lampu atau motor. Relay memungkinkan sistem untuk secara otomatis menghidupkan atau mematikan perangkat berdasarkan hasil analisis atau kondisi tertentu.
10. Lampu berfungsi sebagai sumber panas utama dalam inkubator telur. Lampu ini membantu menjaga suhu yang stabil dan ideal untuk perkembangan embrio dalam telur.
11. Motor DC berfungsi untuk menggerakkan rak atau keranjang yang memutar telur. Biasanya, motor ini terhubung ke mekanisme gear atau belt yang menggerakkan telur secara perlahan sesuai jadwal yang telah ditentukan.

C. Skematik Rangkaian Perangkat

Gambar dibawah ini merupakan proses desain elektronik, komponen dipilih sesuai dengan kebutuhan dan segala sesuatu yang diperlukan untuk proses pembuatan sirkuit disiapkan.



Gambar 3. Skematik Perangkat Keras



Gambar 4. Flowchart cara kerja sistem

Prinsip kerja alat ini dimulai dengan meletakkan telur di atas LED untuk memberikan pencahayaan yang optimal sehingga gambar yang diambil oleh kamera ESP32Cam menjadi jelas dan akurat. Setelah itu, kamera mengambil gambar telur dan mengirimkannya ke algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk diproses. Algoritma ini membandingkan gambar dengan dataset yang telah diuji sebelumnya guna mengklasifikasikan telur sebagai fertile atau infertile. Hasil deteksi kemudian disimpan di server untuk ditampilkan secara real-time kepada pengguna, serta untuk analisis lebih lanjut. Setelah diklasifikasikan, motor servo mengambil tindakan berdasarkan hasil deteksi: jika telur diklasifikasikan sebagai fertile, motor servo mengarahkannya ke incubator untuk proses penetasan. Sebaliknya, telur yang diklasifikasikan sebagai infertile akan didorong ke kotak penampungan biasa. Kolaborasi antara semua komponen dalam sistem ini mendukung tujuan utama proyek, yaitu melakukan pemisahan dan klasifikasi telur secara otomatis berdasarkan gambar yang diambil.

D. Pengujian Kinerja Sistem

Sistem ini bertujuan untuk mengklasifikasikan telur berdasarkan fertilitasnya dan mengarahkan telur-telur tersebut ke kotak penampungan yang sesuai. Pengujian ini akan memastikan bahwa alat bekerja dengan benar dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Pengujian sistem pemilah telur fertil dan infertil melibatkan dua bagian utama, yaitu:

1. Pengujian alat pengklasifikasi telur fertile dan infertile otomatis dengan cara menguji ketepatan alat dalam mengklasifikasi telur fertile dan infertile sesuai dengan kotak penampungan yang telah disediakan.
2. Pengujian keakuratan model klasifikasi menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dalam mengklasifikasikan telur sebagai fertile atau infertile. Berikut proses pengujian tingkat akurasi digunakan rumus sebagai berikut:

$$akurasi = \frac{(TP + TN)}{TP + TN + FP + FN}$$

Penjelasan Komponen Akurasi:

- True Positive (TP): Telur fertil yang diklasifikasikan dengan benar sebagai fertil.
- True Negative (TN): Telur infertil yang diklasifikasikan dengan benar sebagai infertil.
- False Positive (FP): Telur fertil yang diklasifikasikan sebagai infertil.
- False Negative (FN): Telur infertil yang diklasifikasikan sebagai fertil.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancangan Alat Klasifikasi Telur Fertile dan Infertil

Penelitian ini menghasilkan dua aspek utama yaitu: perancangan perangkat keras (hardware) dan Hasil pembangunan model algoritma Convolutional Neural Network (CNN).



Gambar 5. Alat pemisah telur fertil dan infertile

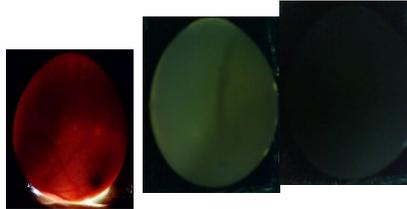
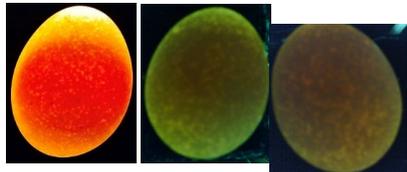
Hasil dari perancangan perangkat keras secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.1. Bagian pendeteksian telur, seperti yang terlihat pada Gambar 4.2, melibatkan penggunaan kamera Esp32Cam untuk mengambil citra telur yang diletakkan di bawahnya. Kamera ini dikontrol menggunakan Arduino dimana Arduino akan memberikan perintah foto ke esp32cam Ketika terdapat telur dalam jarak ultrasonic. Untuk memasok tegangan ke Esp32Cam, digunakan ubec sebagai penurun tegangan dari 12 volt menjadi 5 volt. Sebagai tambahan, sebuah lampu LED juga ditambahkan untuk penerangan.



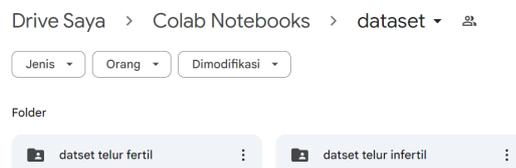
Gambar 6. kotak Rangkaian

Proses pengumpulan dataset dilakukan menggunakan citra telur utuh, yang diambil berdasarkan parameter untuk kedua label klasifikasi. Penelitian ini menggunakan dua label klasifikasi utama, yaitu telur fertile dan telur infertile, dengan total 626 data latih, di mana setiap label memiliki 313 data latih. Contoh-contoh dari data latih dapat dilihat pada gambar

TABEL I
 DATASET CITRA TELUR

No	Label Klasifikasi	Contoh Dataset
1.	Telur Fertil	
2.	Telur Infertil	

Pada gambar 7 dapat dilihat dataset disimpan dalam Google Drive dan dibagi menjadi dua folder dengan nama yang sesuai dengan kategori masing-masing, yaitu Dataset Telur Fertil dan Dataset Telur Infertil



Gambar 7. Folder Dataset Sesuai Label

```

epoch 1/50 ..... loss: 0.1411 - accuracy: 0.9625 - val_loss: 0.1411 - val_accuracy: 0.9750
epoch 2/50 ..... loss: 0.1378 - accuracy: 0.9750 - val_loss: 0.1330 - val_accuracy: 0.9750
epoch 3/50 ..... loss: 0.1350 - accuracy: 0.9825 - val_loss: 0.1300 - val_accuracy: 0.9750
epoch 4/50 ..... loss: 0.1300 - accuracy: 0.9850 - val_loss: 0.1270 - val_accuracy: 0.9750
epoch 5/50 ..... loss: 0.1250 - accuracy: 0.9875 - val_loss: 0.1240 - val_accuracy: 0.9750
epoch 6/50 ..... loss: 0.1200 - accuracy: 0.9900 - val_loss: 0.1210 - val_accuracy: 0.9750
epoch 7/50 ..... loss: 0.1150 - accuracy: 0.9925 - val_loss: 0.1180 - val_accuracy: 0.9750
epoch 8/50 ..... loss: 0.1100 - accuracy: 0.9950 - val_loss: 0.1150 - val_accuracy: 0.9750
epoch 9/50 ..... loss: 0.1050 - accuracy: 0.9975 - val_loss: 0.1120 - val_accuracy: 0.9750
epoch 10/50 ..... loss: 0.1000 - accuracy: 0.9950 - val_loss: 0.1090 - val_accuracy: 0.9750
epoch 11/50 ..... loss: 0.0950 - accuracy: 0.9925 - val_loss: 0.1060 - val_accuracy: 0.9750
epoch 12/50 ..... loss: 0.0900 - accuracy: 0.9900 - val_loss: 0.1030 - val_accuracy: 0.9750
epoch 13/50 ..... loss: 0.0850 - accuracy: 0.9875 - val_loss: 0.1000 - val_accuracy: 0.9750
epoch 14/50 ..... loss: 0.0800 - accuracy: 0.9850 - val_loss: 0.0970 - val_accuracy: 0.9750
epoch 15/50 ..... loss: 0.0750 - accuracy: 0.9825 - val_loss: 0.0940 - val_accuracy: 0.9750
epoch 16/50 ..... loss: 0.0700 - accuracy: 0.9800 - val_loss: 0.0910 - val_accuracy: 0.9750
epoch 17/50 ..... loss: 0.0650 - accuracy: 0.9775 - val_loss: 0.0880 - val_accuracy: 0.9750
epoch 18/50 ..... loss: 0.0600 - accuracy: 0.9750 - val_loss: 0.0850 - val_accuracy: 0.9750
epoch 19/50 ..... loss: 0.0550 - accuracy: 0.9725 - val_loss: 0.0820 - val_accuracy: 0.9750
epoch 20/50 ..... loss: 0.0500 - accuracy: 0.9700 - val_loss: 0.0790 - val_accuracy: 0.9750
epoch 21/50 ..... loss: 0.0450 - accuracy: 0.9675 - val_loss: 0.0760 - val_accuracy: 0.9750
epoch 22/50 ..... loss: 0.0400 - accuracy: 0.9650 - val_loss: 0.0730 - val_accuracy: 0.9750
epoch 23/50 ..... loss: 0.0350 - accuracy: 0.9625 - val_loss: 0.0700 - val_accuracy: 0.9750
epoch 24/50 ..... loss: 0.0300 - accuracy: 0.9600 - val_loss: 0.0670 - val_accuracy: 0.9750
epoch 25/50 ..... loss: 0.0250 - accuracy: 0.9575 - val_loss: 0.0640 - val_accuracy: 0.9750
epoch 26/50 ..... loss: 0.0200 - accuracy: 0.9550 - val_loss: 0.0610 - val_accuracy: 0.9750
epoch 27/50 ..... loss: 0.0150 - accuracy: 0.9525 - val_loss: 0.0580 - val_accuracy: 0.9750
epoch 28/50 ..... loss: 0.0100 - accuracy: 0.9500 - val_loss: 0.0550 - val_accuracy: 0.9750
epoch 29/50 ..... loss: 0.0050 - accuracy: 0.9475 - val_loss: 0.0520 - val_accuracy: 0.9750
epoch 30/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9450 - val_loss: 0.0490 - val_accuracy: 0.9750
epoch 31/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9425 - val_loss: 0.0460 - val_accuracy: 0.9750
epoch 32/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9400 - val_loss: 0.0430 - val_accuracy: 0.9750
epoch 33/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9375 - val_loss: 0.0400 - val_accuracy: 0.9750
epoch 34/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9350 - val_loss: 0.0370 - val_accuracy: 0.9750
epoch 35/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9325 - val_loss: 0.0340 - val_accuracy: 0.9750
epoch 36/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9300 - val_loss: 0.0310 - val_accuracy: 0.9750
epoch 37/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9275 - val_loss: 0.0280 - val_accuracy: 0.9750
epoch 38/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9250 - val_loss: 0.0250 - val_accuracy: 0.9750
epoch 39/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9225 - val_loss: 0.0220 - val_accuracy: 0.9750
epoch 40/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9200 - val_loss: 0.0190 - val_accuracy: 0.9750
epoch 41/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9175 - val_loss: 0.0160 - val_accuracy: 0.9750
epoch 42/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9150 - val_loss: 0.0130 - val_accuracy: 0.9750
epoch 43/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9125 - val_loss: 0.0100 - val_accuracy: 0.9750
epoch 44/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9100 - val_loss: 0.0070 - val_accuracy: 0.9750
epoch 45/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9075 - val_loss: 0.0040 - val_accuracy: 0.9750
epoch 46/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9050 - val_loss: 0.0010 - val_accuracy: 0.9750
epoch 47/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9025 - val_loss: 0.0000 - val_accuracy: 0.9750
epoch 48/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.9000 - val_loss: 0.0000 - val_accuracy: 0.9750
epoch 49/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.8975 - val_loss: 0.0000 - val_accuracy: 0.9750
epoch 50/50 ..... loss: 0.0000 - accuracy: 0.8950 - val_loss: 0.0000 - val_accuracy: 0.9750

```

Gambar 8. Log Pelatihan Model CNN

Dapat dilihat pada gambar 8 Pelatihan model ini menggunakan total 50 periode untuk *Convolutional Neural Network* (CNN). Di setiap era, model ini menunjukkan kemajuan signifikan dalam hal akurasi dan pengurangan kerugian. Pada epoch pertama, model mencapai akurasi 96,25% dengan penurunan sebesar 0,1411 dan pada epoch ke-21, akurasi meningkat menjadi 98,75% dengan penurunan sebesar 0,0359. Nilai validasinya juga memberikan hasil yang konsisten, dengan akurasi maksimal sebesar 97,50%.

B. Pengujian dan Hasil Ujicoba

Ujicoba dilakukan dengan membandingkan hasil uji 10 telur fertil dan 10 telur infertil secara manual dan menggunakan alat yang telah dirancang dimana hasilnya akan mendapatkan persentase keberhasilan alat dalam membedakan atau mengklasifikasikan telur fertil dan infertil.

TABEL II
 DATA HASIL UJI COBA TELUR FERTIL

No	Kelas Klasifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1	Fertil	Fertil	Sesuai
2	Fertil	Fertil	Sesuai
3	Fertil	Infertil	Tidak Sesuai
4	Fertil	Fertil	Sesuai
5	Fertil	Fertil	Sesuai
6	Fertil	Fertil	Sesuai
7	Fertil	Fertil	Sesuai
8	Fertil	Fertil	Sesuai
9	Fertil	Fertil	Sesuai
10	Fertil	Fertil	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada tabel diatas dapat ditentukan model confusion matrix seperti berikut :

TABEL III
 CONFUSION MATRIX TELUR FERTIL

KELAS KLASIFIKASI	BENAR SALAH	HASIL PREDIKSI	
		POSITIF TP = 9 FN = 0	NEGATIF FP = 1 TN = 0

Dilihat dari table diatas hasil prediksi sebanyak 10 kali pengujian. Dimana untuk data positif yang diprediksi benar (TP) sebanyak 9 kali dan data positif prediksi salah (FP) sebanyak 1 kali. Untuk data negatif yang diprediksi salah (FN) dan data negative yang diprediksi benar (TN) tidak digunakan dalam proses pengujian ini karena tidak termasuk dalam model yang dilakukan sebagai penelitian. Dari hasil yang didapat dapat dihitung untuk nilai akurasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{(TP+TN)}{TP+TN +FP+FN} \times 100\% \\
 &= \frac{(9+0)}{(10)} \times 100\% \\
 &= 90\%
 \end{aligned}$$

TABEL IV
 DATA HASIL UJI COBA TELUR INFERTIL

No	Kondisi Telur	Hasil Uji	Keterangan
1	Infertil	Infertil	Sesuai
2	Infertil	Infertil	Sesuai
3	Infertil	Infertil	Sesuai
4	Infertil	Infertil	Sesuai
5	Infertil	Fertil	Tidak Sesuai
6	Infertil	Infertil	Sesuai
7	Infertil	Fertil	Tidak Sesuai
8	Infertil	Infertil	Sesuai
9	Infertil	Infertil	Sesuai
10	Infertil	Infertil	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada tabel diatas dapat ditentukan model confusion matrix seperti berikut :

TABEL V
 CONFUSION MATRIX TELUR INFERTIL

KELAS KLASIFIKASI	BENAR SALAH	HASIL PREDIKSI	
		FERTIL TP = 8 FN = 0	INFERTIL FP = 2 TN = 0

Dilihat dari table diatas hasil prediksi sebanyak 10 kali pengujian. Dimana untuk data positif yang diprediksi

benar (TP) sebanyak 8 kali dan data positif prediksi salah (FP) sebanyak 2 kali. Untuk data negatif yang diprediksi salah (FN) dan data negative yang diprediksi benar (TN) tidak digunakan dalam proses pengujian ini karena tidak termasuk dalam model yang dilakukan sebagai penelitian. Dari hasil yang didapat dapat dihitung untuk nilai akurasinya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{(TP+TN)}{TP+TN + FP+FN} \times 100\% \\ &= \frac{(8+0)}{(10)} \times 100\% \\ &= 80\% \end{aligned}$$

TABEL VI
HASIL CONFUSION MATRIX KESELURUHAN DATA

KELAS KLASIFIKASI	JUMLAH DATA UJI	AKURASI
TELUR FERTIL	10	90 %
TELUR INFERTIL	10	80%
AKURASI RATA-RATA		85%

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemisah telur fertil dan infertil menggunakan metode CNN. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki keandalan yang tinggi dengan akurasi rata-rata 85%. Akurasi untuk telur fertil mencapai 90%, sedangkan untuk telur infertil mencapai 80%. Meskipun terdapat beberapa kasus ketidaksesuaian, sistem ini umumnya dapat diandalkan untuk aplikasi praktis dalam lingkungan penelitian atau produksi. Validasi dan penyempurnaan tambahan disarankan untuk memastikan konsistensi dan ketepatan hasil di berbagai kondisi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Karimah, I. Yanti, and M. Puzan, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Dan Penyortir Kualitas Telur Unggas Berbasis Arduino Nano," *JIPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 8, no. 4, pp. 1388–1399, 2023, doi: 10.29100/jipi.v8i4.4014.
- [2] N. F. Arini, A. Ubaidillah, K. A. Wibisono, and M. Ulum, "Identifikasi embrio dalam telur berbasis image processing," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 11–19, 2020, doi: 10.32528/elkom.v2i1.3137.
- [3] M. R. Firdaus, "Penerapan Algoritma Convolutional Neural Network dalam Klasifikasi Telur Ayam Fertil dan Infertil Berdasarkan Hasil Candling," *J. Inform. Univ. Pamulang*, vol. 5, no. 4, p. 563, 2021, doi: 10.32493/informatika.v5i4.8556.
- [4] G. W. Heitschmidt, D. P. Smith, K. C. Lawrence, and G. W. Heitschmidt, "Fertility and Embryo Development of Broiler Hatching Eggs Evaluated with a Hyperspectral Imaging and Predictive Modeling System. Fertility and Embryo Development of Broiler Hatching Eggs Evaluated with a Hyperspectral Imaging and Predictive Modeling System," *Int. J. Poult. Sci.*, vol. 7, no. 10, pp. 1001–1004, 2008, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/43310437>
- [5] M. Z. Nawawi, R. F. Rahmat, and M. F. Syahputra, "Klasifikasi Telur Fertil dan Infertil Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Multilayer Perceptron Berdasarkan Ekstraksi Fitur Warna dan Bentuk," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 4, no. 2, pp. 100–109, 2015.
- [6] I. Alfredo and Suharjo, "Perbaikan Model Alexnet Untuk Mendeteksi Kematangan Tbs Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Image Enhancement Dan Hyperparameter Tuning," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 27, no. 1, pp. 56–68, 2022, doi: 10.35760/tr.2022.v27i1.5973.
- [7] R. Irsyad, "Penggunaan Python Web Framework Flask Untuk Pemula," *Khazanah Inform. J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–15, 2018.
- [8] D. Setiawan, H. Jaya, S. Nurarif, T. Syahputra, and M. Syahril, "Implementasi Esp32-Cam Dan Blynk Pada Wifi Door Lock System Menggunakan teknik Duplex," *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 5, no. 1, p. 159, 2022, doi: 10.54314/jssr.v5i1.807.
- [9] Z. Budiarmo, "Implementasi Sensor Ultrasonik Untuk Mengukur Panjang Gelombang Suara Berbasis Mikrokontroler Sensor merupakan sebuah peralatan yang diperlukan untuk mendukung penerapan teknologi digital besaran-besaran analog menjadi tantangan dengan menggunakan sensor," vol. 20, no. 2, pp. 171–177, 2015.
- [10] A. Hartono and A. Widjaja, "Prototype Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Flame, Sensor Dht11 Dan Mikrokontroler Nodemcu Esp8266 Berbasis Website," *Semin. Nas. Mhs. Fak. Teknol. Inf. Jakarta-Indonesia*, no. September, pp. 734–741, 2022.
- [11] U. Latifa and J. Slamet Saputro, "Perancangan Robot Arm Gripper Berbasis Arduino Uno Menggunakan Antarmuka Labview," *Barometer*, vol. 3, no. 2, pp. 138–141, 2018, doi: 10.35261/barometer.v3i2.1395.
- [12] A. M. Arham, A. Nugroho Jati, and A. Mulyana, "Desain Dan Implementasi Panel Surya Pada Sistem Pendeteksi Banjir Yang Menggunakan Wireless Sensor Network Design and Implementation of Solar Panel on the Flood Detection System Using Wireless Sensor Network," *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, no. 2, p. 3347, 2015.