



Penerapan Model MobileNetV2 Untuk Prediksi Tingkat Roasting Biji Kopi Berbasis Gambar Pada Bot Telegram

Nur Pratama¹, Aswan Supriyadi Sunge², Eko Budiarto³

¹²³Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹nurpratama001@mhs.pelitabangsa.ac.id, ²aswan.sunge@pelitabangsa.ac.id, ³ekobudiarto@pelitabangsa.ac.id

Abstrak

Proses penilaian tingkat roasting biji kopi secara manual sering kali bersifat subjektif dan tidak konsisten, sehingga diperlukan sistem otomatis berbasis citra yang mampu melakukan klasifikasi secara akurat. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model klasifikasi tingkat roasting biji kopi menggunakan arsitektur MobileNetV2 yang ringan dan efisien. Dataset terdiri dari 1.600 gambar yang dikategorikan ke dalam empat kelas: green, light, medium, dan dark. Model dilatih tanpa proses fine-tuning dan dievaluasi menggunakan metrik akurasi, loss, precision, recall, f1-score, serta confusion matrix. Hasil evaluasi pada data uji menunjukkan akurasi sebesar 98,50% dan f1-score rata-rata 0,98, menandakan performa tinggi dalam kondisi data terkontrol. Model kemudian diimplementasikan ke dalam platform bot Telegram yang memungkinkan pengguna mengirim gambar dan menerima hasil prediksi secara otomatis. Meskipun sistem menunjukkan respons cepat, pengujian terhadap gambar dari luar dataset menunjukkan penurunan akurasi hingga 45%. Hal ini mengindikasikan perlunya peningkatan kemampuan generalisasi model. Sistem ini berpotensi diterapkan sebagai alat bantu digital dalam pengawasan mutu roasting biji kopi, terutama pada skala usaha kecil dan menengah.

Kata kunci: klasifikasi, Deep Learning, MobileNetV2, Citra digital, bot Telegram.

1. Latar Belakang

Industri kopi mengalami pertumbuhan signifikan dalam dekade terakhir, baik dari sisi produksi maupun konsumsi[1]. Salah satu aspek penting dalam proses produksi kopi adalah tahap roasting (sangrai), yang sangat menentukan cita rasa akhir kopi yang dikonsumsi[2]. Tingkat roasting, seperti green, light, medium, dan dark, menjadi parameter krusial dalam menjaga konsistensi dan kualitas produk kopi[3]. Namun, proses klasifikasi tingkat roasting secara manual masih bersifat subjektif dan memerlukan keahlian khusus, sehingga dapat menimbulkan inkonsistensi dalam hasil[4].

Seiring dengan kemajuan teknologi di bidang kecerdasan buatan, pemanfaatan *deep learning* dalam pengolahan citra telah banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah klasifikasi visual secara otomatis[5]. Salah satu model *Deep Learning* yang banyak digunakan karena efisiensinya adalah *MobileNet*, yang dirancang untuk perangkat dengan keterbatasan komputasi seperti smartphone dan *embedded system*[6].

Penelitian-penelitian terdahulu yang dilakukan oleh M. Irvai, dkk telah menunjukkan bahwa *MobileNetV2* efektif dalam klasifikasi objek berbasis citra pada citra pertumbuhan tomat dengan performa yang kompetitif namun tetap ringan secara komputasi dengan akurasi mencapai 93,26%[7]. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Nagala, dkk dengan menggunakan model *MobileNetV2* untuk klasifikasi jenis ayam mendapatkan akurasi pelatihan sebesar 95,5%[8]. Meski demikian, belum banyak kajian yang secara khusus mengkaji penerapan *MobileNet* dalam klasifikasi visual tingkat roasting biji kopi, terlebih lagi dalam bentuk layanan otomatis berbasis aplikasi seperti bot *Telegram*[9].

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab kebutuhan akan solusi klasifikasi tingkat roasting biji kopi yang efisien, akurat, dan mudah diakses[10]. Mengingat para pelaku industri kopi kini mulai beradaptasi dengan teknologi digital, integrasi model *deep learning* dengan platform komunikasi seperti *Telegram* dipandang strategis untuk meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas dalam proses klasifikasi visual roasting[11]. Selain itu, pendekatan ini juga menawarkan otomatisasi yang dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga ahli dan mempercepat proses pengambilan keputusan dalam rantai produksi kopi[12].

Tujuan utama dari penelitian ini adalah membangun dan menguji performa model *MobileNetV2* untuk klasifikasi tingkat roasting biji kopi berbasis gambar yang diintegrasikan dengan bot *Telegram*[13]. Dengan menggabungkan kemampuan *MobileNetV2* dalam mengenali pola visual serta kemudahan interaksi bot *Telegram*, penelitian ini berupaya menawarkan solusi praktis dalam mendukung proses quality control produk kopi secara digital dan real-time.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode eksperimen untuk membangun dan menguji sistem klasifikasi tingkat roasting biji kopi berbasis citra. Eksperimen dilakukan dengan memanfaatkan arsitektur *MobileNetV2* yang dikenal ringan namun efisien dalam menangani tugas pengenalan visual. Proses dimulai dari pengumpulan data, pra-pemrosesan gambar, pelatihan model dengan teknik transfer learning, hingga evaluasi performa menggunakan berbagai metrik pengukuran seperti akurasi, *loss*, *precision*, *recall*, dan *f1-score*.

Setelah model dikembangkan, tahap implementasi dilakukan dengan mengintegrasikan model ke dalam sebuah bot Telegram, sehingga memungkinkan pengguna akhir untuk memanfaatkan model secara langsung melalui perangkat mobile. Pendekatan ini tidak hanya mengevaluasi performa model secara statistik, tetapi juga menguji kegunaan dan efisiensi model dalam skenario dunia nyata. Dengan demikian, penelitian ini mencakup aspek teknis dan aplikatif dari pengembangan sistem klasifikasi visual berbasis AI.

2.1 Dataset dan Sumber

Dataset diperoleh dari platform Kaggle, dataset ini terdiri dari gambar biji kopi yang dikategorikan dalam empat tingkat roasting: Green, Light, Medium, dan Dark. Jumlah total data adalah 1600 gambar dengan distribusi merata di setiap kelas (400 gambar per kelas). Data dibagi menjadi 1200 gambar untuk pelatihan (train) dan 400 gambar untuk pengujian (test) tanpa replikasi.



Gambar 2.1 Dataset gambar biji kopi

2.2 Pra-Pemrosesan

Seluruh gambar dikonversi ke format RGB dan diubah ukurannya menjadi 224×224 piksel untuk menyesuaikan input *MobileNetV2*. Proses pra-pemrosesan menggunakan fungsi *preprocess_input* dari *MobileNetV2* yang menyesuaikan skala piksel sesuai dengan standar pelatihan awal pada dataset *ImageNet*. Augmentasi data diterapkan pada data pelatihan menggunakan *ImageDataGenerator* dengan parameter sebagai berikut:

Tabel 2.1 Parameter Augmentasi

| Parameter | Keterangan |
|--------------------------|--|
| Rotation_range = 20 | Untuk rotasi acak gambar hingga ± 20 derajat |
| Width_shift_range = 0.2 | Untuk translasi horizontal hingga 20% |
| Height_shift_range = 0.2 | Untuk translasi vertikal hingga 20% |
| Shear_range = 0.2 | Untuk transformasi geser hingga 20 derajat |
| Zoom_range = 0.2 | Untuk perbesaran acak hingga 20% |
| Horizontal_flip = True | Untuk pembalikan horizontal secara acak |
| Fill_mode = 'nearest' | Untuk pengisian piksel kosong menggunakan nilai terdekat |

Augmentasi ini diterapkan hanya pada data pelatihan untuk meningkatkan keragaman data dan mencegah overfitting. Untuk data pengujian, hanya diterapkan *resizing* dan *preprocessing* tanpa augmentasi. Label kelas dikonversi menjadi format *one-hot encoding* sebelum digunakan dalam pelatihan.

2.3 Arsitektur dan Pelatihan Model

Model yang digunakan adalah *MobileNetV2*, arsitektur *Convolutional Neural Network* ringan yang dikembangkan untuk efisiensi komputasi tinggi. Bobot awal model diambil dari hasil pelatihan pada dataset ImageNet (`weights='imagenet'`) dengan `include_top=False`, sehingga hanya memuat bagian feature extractor. Selanjutnya, ditambahkan *Layer GlobalAveragePooling2D*, *Dense layer* dengan aktivasi *ReLU*, dan *Output layer* dengan 4 neuron (untuk 4 kelas roasting) dan aktivasi *Softmax*.

Model dilatih dengan konfigurasi yaitu Optimizer Adam, Learning rate disetting sebesar 0.0001, Loss function dengan Categorical Crossentropy, Batch size sebesar 32, Epoch sebanyak 20, dan menggunakan Callback sebagai early stopping untuk menghentikan pelatihan ketika terjadi *overfitting* pada proses pelatihan dengan menggunakan konfigurasi *Earlystopping (patience=5)* dan *ModelCheckpoint* digunakan untuk menyimpan hasil pelatihan terbaik jika terdapat peningkatan hasil pada setiap akhir pelatihan.

Selama pelatihan, hanya lapisan atas (custom classifier) yang disetel ulang (trainable), sedangkan lapisan *MobileNetV2* tetap beku (frozen). Ini dimaksudkan untuk menjaga kestabilan bobot pralatih sambil mengadaptasikan model pada data roasting kopi.

```
Total params: 2,422,468 (9.24 MB)
Trainable params: 164,484 (642.52 KB)
Non-trainable params: 2,257,984 (8.61 MB)
```

Gambar 2.2 Jumlah parameter model *MobileNetV2*

Pelatihan dilakukan menggunakan *TensorFlow 2.18* pada GPU *Google Colab*. Proses pelatihan berjalan stabil tanpa *overfitting*, dengan hasil akurasi validasi yang tinggi dan konsisten.

2.4 Evaluasi

Evaluasi model dilakukan menggunakan data uji sebanyak 400 gambar yang terdiri dari empat kelas tingkat roasting biji kopi, yaitu green, light, medium, dan dark. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana model mampu melakukan generalisasi terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya selama proses pelatihan. Pengujian dilakukan setelah proses pelatihan selesai, menggunakan data yang telah dipisahkan sejak awal (hold-out validation) untuk menjaga objektivitas hasil.

Metrik evaluasi yang digunakan meliputi akurasi, *loss*, *precision*, *recall*, *f1-score*, dan *confusion matrix*. Penghitungan dilakukan menggunakan fungsi *classification_report* dari pustaka *Scikit-learn*, yang secara otomatis menghasilkan ringkasan metrik per kelas serta nilai rata-rata makro dan tertimbang. Selain itu, *confusion matrix* digunakan untuk mengamati persebaran kesalahan klasifikasi antar kelas, guna mengidentifikasi kelas mana yang cenderung tertukar. Evaluasi ini memberikan gambaran menyeluruh tentang kekuatan dan kelemahan model dalam mengenali citra tingkat roasting, serta menjadi dasar untuk mengukur efektivitas sistem sebelum diimplementasikan lebih lanjut.

2.5 Implementasi pada bot Telegram

Model diekspor dalam format .keras dan diintegrasikan menggunakan *python-telegram-bot (v13)*. Alur sistemnya pertama User mengirim gambar biji kopi ke bot *Telegram*, kemudian bot akan menyimpan gambar lalu melakukan

preprocessing dan inferensi, terakhir bot mengirimkan hasil prediksi tingkat roasting ke user. Respon inferensi bot rata-rata kurang dari 2 detik per gambar. Sistem diuji secara lokal dan mendukung penggunaan berulang tanpa penurunan performa.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Hasil Pelatihan dan Pengujian Model

Model *MobileNetV2* yang digunakan dalam penelitian ini dilatih menggunakan 1.200 gambar biji kopi dan diuji pada 400 gambar dengan distribusi yang merata ke dalam empat kategori tingkat roasting, yaitu green, light, medium, dan dark. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model mencapai akurasi sebesar 98,91% pada data latih, dengan nilai loss akhir 0,0668. Evaluasi pada data uji memperlihatkan performa yang hampir setara, dengan akurasi 98,50% dan nilai loss 0,0876, menunjukkan bahwa model tidak mengalami overfitting yang signifikan.

```
13/13 ————— 8s 308ms/step - accuracy: 0.9891 - loss: 0.0668
Test Loss: 0.08762034773826599
Test Accuracy: 0.9850000143051147
```

Gambar 3.1 Hasil evaluasi model

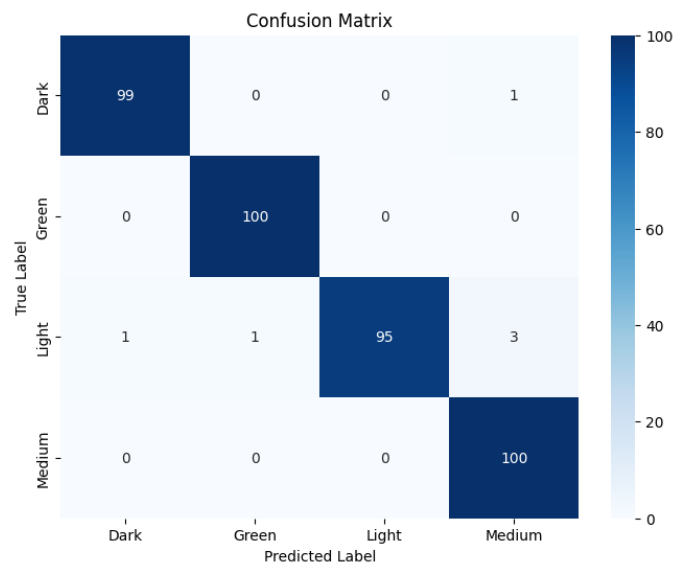
Pada tabel 3.1 menyajikan hasil evaluasi performa model pada setiap kelas berdasarkan metrik *precision*, *recall*, dan *f1-score*. Keempat kelas menunjukkan skor yang sangat tinggi, dengan *f1-score* terendah sebesar 0,97 pada kelas Light. Meskipun nilai recall pada kelas tersebut sedikit lebih rendah, *precision*-nya tetap sempurna, menandakan bahwa model tidak salah dalam mengenali kelas lain sebagai Light, namun sebagian kecil gambar Light diklasifikasikan ke kelas lain yang mirip secara visual.

Tabel 3.1 *Classification Report*

| Kelas | Precision | Recall | F1-Score | Jumlah Sampel |
|-----------------|-----------|--------|----------|---------------|
| Dark | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 100 |
| Green | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 100 |
| Light | 1.00 | 0.95 | 0.97 | 100 |
| Medium | 0.96 | 1.00 | 0.98 | 100 |
| Rata-rata makro | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 400 |

3.2 Analisis Performa Model

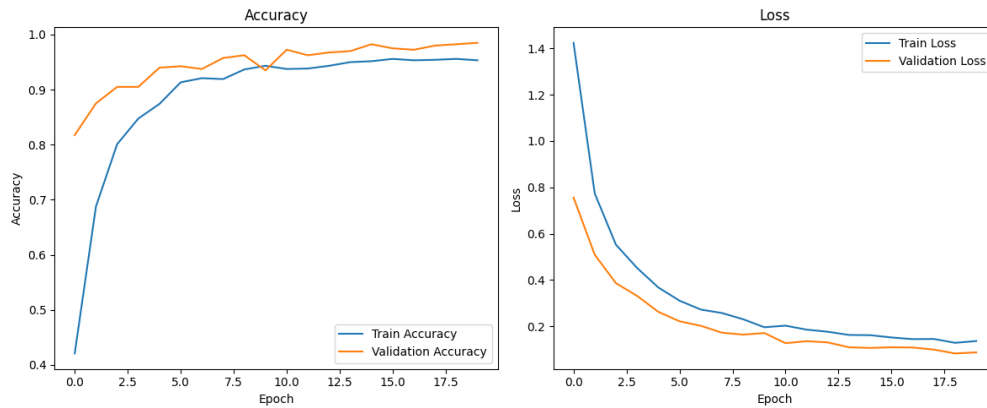
Hasil pengujian memperlihatkan bahwa model *MobileNetV2* mampu mengenali keempat kategori tingkat *roasting* dengan performa yang sangat baik. Meskipun bobot model utama (*feature extractor*) tidak dilatih ulang (*frozen*), hasil klasifikasi tetap menunjukkan akurasi yang tinggi, yang berarti fitur visual yang diekstraksi oleh *MobileNetV2* sudah cukup representatif untuk membedakan variasi warna biji kopi.



Gambar 3.2 *Confusion Matrix*

Nilai *f1-score* tertinggi dicapai pada kelas *Green* (1.00), diikuti oleh *Dark*, *Medium*, dan *Light*. Kelas *Light* memiliki nilai recall sedikit lebih rendah (0.95), yang menunjukkan bahwa sebagian kecil gambar pada kelas ini diklasifikasikan ke kelas lain, kemungkinan karena kesamaan visual yang tipis dengan kelas *Medium*.

Keberhasilan model ini tanpa fine-tuning memperlihatkan bahwa *MobileNetV2* dengan bobot *ImageNet* sudah mampu menyediakan representasi fitur yang kuat, meskipun hanya lapisan klasifikasi akhir yang dilatih. Hal ini mendukung penggunaan transfer learning dengan arsitektur ringan dalam konteks klasifikasi visual di domain sempit seperti roasting kopi, tanpa kebutuhan komputasi tinggi.



Gambar 3.3 Grafik performa model

3.3 Integrasi ke Bot Telegram dan Evaluasi Respons Sistem

Setelah pelatihan, model diimplementasikan ke dalam platform bot *Telegram* menggunakan pustaka *python-telegram-bot*. Bot memungkinkan pengguna untuk mengirim gambar biji kopi secara langsung dan menerima hasil klasifikasi dalam bentuk teks. Rata-rata waktu respons sistem adalah kurang dari dua detik per permintaan, yang masih dalam batas wajar untuk penggunaan secara real-time.



Gambar 3.4 Implementasi model

Pengujian interaksi menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik ketika digunakan pada gambar yang berasal dari dataset pelatihan. Namun, saat diuji menggunakan gambar dari luar dataset. Misalnya, gambar yang diambil dari kamera ponsel dengan pencahayaan dan sudut yang bervariasi. Model menunjukkan penurunan performa. Hasil klasifikasi menjadi kurang akurat, dengan tingkat kepercayaan (*confidence score*) yang lebih rendah dan beberapa kesalahan dalam mengidentifikasi tingkat *roasting*. Berikut adalah hasil pengujian lebih lanjut pada model terhadap gambar yang berasal dari luar dataset.

Tabel 3.2 Hasil pengujian model

| Kelas | Banyak gambar | Prediksi benar | Prediksi salah | Akurasi prediksi per kelas |
|--------|---------------|----------------|----------------|----------------------------|
| Dark | 5 | 2 | 3 | 40% |
| Green | 5 | 2 | 3 | 40% |
| Light | 5 | 3 | 2 | 60% |
| Medium | 5 | 2 | 3 | 40% |

| | | | | |
|-------|----|---|----|-----------------|
| Total | 20 | 9 | 11 | 45% (rata-rata) |
|-------|----|---|----|-----------------|

Temuan ini mengindikasikan bahwa model masih sensitif terhadap variasi kondisi gambar di luar distribusi data pelatihan, sehingga perlu dilakukan peningkatan pada sisi generalisasi model, seperti melalui penambahan data dari berbagai sumber atau penerapan teknik augmentasi lanjutan. Dari hasil pengujian pada gambar di luar dataset pelatihan, terlihat bahwa tingkat akurasi model secara umum menurun signifikan. Rata-rata akurasi hanya mencapai 45%, jauh di bawah performa saat diuji pada data uji yang berasal dari dataset yang sama. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan distribusi data (*dataset shift*) dan menunjukkan bahwa model belum cukup *robust* terhadap kondisi nyata di luar skenario pelatihan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil membangun dan menguji model klasifikasi tingkat *roasting* biji kopi berbasis gambar menggunakan arsitektur *MobileNetV2*. Model menunjukkan performa yang sangat baik saat diuji pada data uji internal, dengan akurasi mencapai 98,50% dan *f1-score* rata-rata sebesar 0,98, yang mencerminkan kemampuan model dalam mengenali empat tingkat *roasting* secara akurat dan konsisten. Sistem kemudian diimplementasikan ke dalam platform bot *Telegram* untuk mengakomodasi penggunaan secara langsung oleh pengguna melalui perangkat mobile, dengan waktu respons rata-rata kurang dari dua detik per gambar. Namun, saat diuji menggunakan gambar dari luar dataset pelatihan, performa model mengalami penurunan yang cukup signifikan. Akurasi klasifikasi pada gambar eksternal hanya mencapai 45%, menunjukkan bahwa model masih sensitif terhadap variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan kualitas visual lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun model efektif dalam kondisi terkontrol, kemampuannya dalam menghadapi kondisi nyata masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan perluasan dan keragaman data latih, serta strategi peningkatan generalisasi model untuk meningkatkan kinerja di lingkungan dunia nyata. Sistem ini memiliki potensi untuk diterapkan dalam industri kopi skala kecil dan menengah sebagai alat bantu pengawasan mutu *roasting* secara digital. Di masa depan, penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada peningkatan ketahanan model terhadap variasi gambar dengan menggabungkan data dari berbagai sumber, menerapkan augmentasi lanjutan, atau memanfaatkan pendekatan *ensembl* untuk meningkatkan *robustness* sistem secara keseluruhan.

Referensi

- [1] S. Ontoum, T. Khemanantakul, P. Sroison, T. Triyason, and B. Watanapa, "Coffee roast intelligence," *arXiv preprint arXiv:2206.01841*, 2022.
- [2] D. Vionita, R. Marpaung, and R. Hartawan, "Pengaruh Ukuran Biji Kopi dan Lama Penyangraian Terhadap Mutu Organoleptik Kopi Liberika Tungkal Komposit," *Jurnal Media Pertanian*, vol. 10, no. 1, p. 57, Apr. 2025, doi: 10.33087/jagro.v10i1.268.
- [3] P. Lestari, Z. Zulfauzi, and B. Santoso, "KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN ROASTING KOPI MENGGUNAKAN DEEP LEARNING," *Jurnal Digital Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 1, pp. 1–5, 2024.
- [4] A. R. R. Ivani, A. Z. Kurniadi, A. B. A. Andira, and I. Wahyuni, "Perbandingan VGG16 dan MobileNetV2 untuk Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Apel," *JURNAL SISTEM KOMPUTER ASIA*, vol. 3, no. 1, pp. 30–39, 2025.
- [5] M. H. R. Pratama, M. Akrom, A. P. Santosa, M. R. Rosyid, and L. Mawaddah, "Klasifikasi Otomatis Korosi Menggunakan Convolutional Neural Network dan Transfer Learning dengan Model MobileNetV2," *Jurnal Algoritma*, vol. 22, no. 1, pp. 138–148, 2025.
- [6] H. Nguyen, "FAST OBJECT DETECTION FRAMEWORK BASED ON MOBILENETV2 ARCHITECTURE AND ENHANCED FEATURE PYRAMID," *J Theor Appl Inf Technol*, vol. 15, p. 5, 2020, [Online]. Available: www.jatit.org
- [7] M. Irvai and D. Mahdalena, "Penerapan Teknik Masking dan Augmentasi pada Arsitektur CNN dan MobileNetV2 untuk Klasifikasi Fase Pertumbuhan Tomat," *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas*, pp. 60–67, 2025.
- [8] R. Umar and others, "Implementasi Transfer Learning Untuk Klasifikasi Jenis Ras Ayam Menggunakan Arsitektur MobileNetV2," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 11, no. 2, pp. 147–154, 2025.
- [9] M. A. MASRIL and D. P. CANIAGO, "Sistem Pencegahan Illegal Fishing di Laut Batam menggunakan YOLOv7 berbasis Notifikasi Telegram," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 12, no. 1, p. 175, 2024.
- [10] A. A. Utomo and S. Mulyono, "PERBANDINGAN MOBILENETV2 DAN DENSENET121 PADA KLASIFIKASI TERUMBU KARANG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK," *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi dan Teknologi*, vol. 2, no. 3, pp. 930–941, 2025.
- [11] F. Ramasari, F. Firdaus, S. Nita, K. Kartika, and others, "Penggunaan Metode You Only Look Once dalam Penentu Pindah Tanaman Cabai Besar Ternotifikasi Telegram," *Elektron: Jurnal Ilmiah*, pp. 45–52, 2021.
- [12] R. A. Shafa and P. N. Andono, "PENDETEKSI VISUAL MAKANAN DAN JUMLAH KALORINYA MENGGUNAKAN ALGORITMA MASK R-CNN BERBASIS BOT TELEGRAM," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 10, no. 1, pp. 641–651, 2025.
- [13] S. N. Nugraha, R. Pebrianto, and E. Fitri, "Penerapan Deep Learning Pada Klasifikasi Tanaman Paprika Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode CNN," *INFORMATION SYSTEM FOR EDUCATORS AND PROFESSIONALS: Journal of Information System*, vol. 8, no. 2, pp. 133–142, 2023.