

Deteksi Hasil Tingkat Penyangraian Biji Kopi Berbasis Deep Learning *Detection of Coffee Bean Roasting Level Results Based on Deep Learning*

Harmiansyah^{1*}, Klara Audilia Aruan¹, Mazmur Pakpahan¹, Nussy Refkha Nadia
Sinurat¹, Rafi Fadhilah¹, Riska Yunita¹, Mas Wisnu Aninditya², dan Budi
Priyonggo³

¹Program Studi Teknik Biosistem, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Desa Way
Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan, 35365, Indonesia

²Teknologi Mekanisasi Pertanian, Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia, Jl. Sinarmas
Boulevard No.1, Kec. Pagedangan, Kab. Tangerang, Banten, 15338, Indonesia

³Tata Air Pertanian, Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia, Jl. Sinarmas Boulevard No.1,
Kec. Pagedangan, Kab. Tangerang, Banten, 15338, Indonesia

*E-mail: harmibm@gmail.com

Diterima: 24/04/2024
Disetujui: 22/05/2024
Diterbitkan: 31/05/2024

Kata kunci: Deep
Learning, Dataset,
Keakuratan Data,
Penyangraian Kopi

Keyword: Deep
Learning, Dataset, Data

ABSTRAK

Dalam bidang pertanian, kopi merupakan salah satu komoditas peluang pengembang pasar dan perdagangan dunia. Sebelum biji kopi diolah menjadi bahan minuman, terlebih dahulu dilakukan penyangraian. Penyangraian yang tepat akan menghasilkan pengolahan yang tepat juga baik dari segi rasa maupun aroma. Untuk menentukan tingkat penyangraian biji kopi dapat dilihat secara langsung, namun tidak sepenuhnya akurat karena bisa saja terjadi human error. Oleh sebab itu, dilakukan simulasi deteksi hasil penyangraian otomatis menggunakan Deep Learning untuk mempermudah proses dan meningkatkan kualitas tingkat penyangraian biji kopi. Tingkat penyangraian meliputi warna light, medium dan dark. Data yang digunakan sebanyak 984 gambar biji kopi dari data primer dan 984 gambar biji kopi dari data sekunder yang teridentifikasi dengan 70 % data training sebanyak 689 gambar, 20 % data validasi sebanyak 197 gambar dan 10 % data testing sebanyak 98 gambar. Dari hasil training didapat bahwa dataset yang diuji adalah akurat karena sistem dapat membaca objek secara tepat dengan presisi 94,24%.

ABSTRACT

In the agricultural sector, coffee is one of the commodities with market development and world trade opportunities. Before coffee beans are processed into a drink, they are first roasted. Proper roasting will result in proper processing both in terms of taste and aroma. To determine the level of roasting of coffee beans, you can see it directly, but it is not completely accurate because human error can occur. Therefore, an automatic roasting result detection simulation was carried out using Deep Learning to simplify

the process and improve the quality of the coffee bean roasting level. Roasting levels include light, medium and dark colors. The data used were 984 images of coffee beans from primary data and 984 images of coffee beans from identified secondary data with 70% of the training data being 689 images, 20% of the validation data being 197 images and 10% of the testing data being 98 images. From the training results, it was found that the dataset tested was accurate because the system could read objects correctly with precision 94,24%.

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas yang memiliki peluang pengembangan pasar dan perdagangan dunia [1]. Produksi kopi melalui beberapa tahap mulai dari proses pemetikan buah kopi saat panen, sortasi buah, penjemuran, pengupasan kulit buah kopi, hulling, hingga roasting dan grinding [2]. Proses roasting atau penyangraian biji kopi merupakan proses terpenting dalam industri kopi karena sangat menentukan kualitas (mutu) minuman kopi yang diperoleh [3]. Biji kopi yang sebelumnya masih mentah dan tidak enak ketika sudah melalui penyangraian maka menjadi biji kopi yang memiliki aroma dan citarasa yang khas dan lezat. Umumnya pengolahan biji kopi disesuaikan dengan permintaan dan kegemaran konsumen yaitu berdasarkan tingkat/level penyangraian biji kopi.

Penyangraian biji kopi terdapat 3 jenis tingkatan/level yaitu light roast, medium roast, dan *dark roast* [4]. Pada tingkat penyangraian light roast biji kopi yang dihasilkan berwarna coklat terang atau kuning kecoklatan, tingkat medium roast berwarna coklat dan tingkat dark roast biji kopi berwarna hitam. Selain itu tingkat penyangraian juga dipengaruhi oleh suhu penyangraian yaitu tingkat *light roast* penyangraian biji kopi menggunakan temperatur 180-195°C. Biji kopi dengan tingkatan medium roast dihasilkan dari penyangraian biji kopi dengan temperatur 200-210°C. Serta tingkatan dark roast dihasilkan pada penyangraian dilakukan dengan temperatur yang lebih tinggi dari lainnya yaitu 220-250°C. Tingkatan penyangraian biji kopi dapat mempengaruhi mutu minuman kopi yang diperoleh.

Usaha minuman kopi yang semakin berkembang menyebabkan beberapa orang tertarik berwirausaha dibidang coffee roastery. Coffee roastery menjual berbagai macam tingkatan hasil roaster kopi ke kedai-kedai coffee shop yang disesuaikan dengan permintaan pelanggannya. Terdapat beberapa coffee shop yang meroasting sendiri biji kopi dan menjualnya hasil roasting biji kopi ke tempat lain. Setiap pemilik coffee shop memiliki selera masing-masing untuk membuat kopi yang nikmat dan memakai jenis kopi dan level roasting yang berbeda dan coffee roastery harus siap menyesuaikan permintaan konsumen [5]. Dalam hal pengecekan hasil tingkatan roasting yang dilakukan para pelaku industri kopi masih melakukannya secara langsung melalui kasat mata dan belum menggunakan sistem untuk memvalidasi hasil roasting biji kopi sehingga menyebabkan kuakuratan biji kopi masih kurang dalam menentukan

level/tingkatan roasting biji kopi. Adapun tindakan penanganan permasalahan tersebut yaitu dengan memanfaatkan teknologi citra digital seperti deep learning.

Deep learning merupakan metode kecerdasan buatan (AI) yang mengajarkan komputer untuk memproses data dengan cara terinspirasi dari otak manusia [6]. Deep learning menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) atau pengembangan dari JST untuk memproses dan analisis data. Deep learning dapat mengidentifikasi gambar maupun suara [7]. Deep learning merupakan proses pembacaan konsep yang kompleks menjadi lebih sederhana. Pada deep learning terdapat fungsi image processing yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengenali dan mengklasifikasikan suatu objek dengan efisien, cepat dan tepat serta dapat memproses data dalam jumlah banyak sekaligus [8].

Pada penelitian ini membuat sistem yang dapat membantu dalam mengidentifikasi level roasting kopi pada tingkat roasting light roast, medium roast dan dark roast dengan menggunakan deep learning. Deep learning berupa image processing menggunakan algoritma Yolo v5. Dengan dibangunnya sistem ini diharapkan dapat membantu industri di bidang kopi untuk menentukan hasil yang lebih akurat dari hasil tingkatan roasting.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software), adapun alat yang digunakan yakni :

1. Laptop
2. Kamera Handphone digunakan untuk pengambilan gambar dataset dari biji kopi yang diambil secara langsung
3. Google Collaboratory digunakan untuk menulis, menyimpan, serta membagikan program yang ditulis melalui Google Drive
4. Roboflow digunakan sebagai platform untuk memberikan anotasi atau pemberian label untuk dataset




Sementara bahan yang digunakan adalah dataset berupa gambar biji kopi sebanyak 984 gambar. Biji kopi memiliki tingkat warna kulit berbeda-beda seperti light, medium, dan dark.

Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan Dataset

Data berupa gambar digital 2D dari sangraian biji kopi jenis Arabica. Pengumpulan dataset dilakukan dengan cara memfoto biji kopi secara langsung menggunakan kamera handphone dengan meletakkan biji kopi di atas meja atau kertas putih. Sisi depan dan belakang biji kopi difoto. Tingkat kecerahan pencahayaan dibantu dengan menggunakan cahaya alami matahari dan senter telepon genggam. Dataset yang berhasil dikumpulkan berjumlah 984 gambar biji kopi dengan 3 klasifikasi warna yaitu (1) biji kopi dengan tingkat kematangan light, (2) biji kopi dengan tingkat kematangan medium, (3) biji kopi dengan tingkat kematangan dark. Hasil pengambilan foto dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Roasting Biji Kopi

| Tampilan | Deskripsi |
|---|----------------------------------|
|  | Biji kopi <i>Light Roasting</i> |
|  | Biji kopi <i>Medium Roasting</i> |
|  | Biji kopi <i>Dark Roasting</i> |

Identifikasi dan Pelabelan

Setelah pengumpulan dataset, dilakukan pelabelan terhadap dataset yang telah dikumpulkan. Proses pelabelan terhadap dataset menggunakan software roboflow. Pelabelan objek memiliki tujuan untuk mengetahui objek yang akan dikenali dalam gambar. Pengujian nilai bobot pada data akan digunakan sebagai acuan identifikasi klasifikasi warna pada biji kopi.



Training Model Deep Learning

Model pra-latih menggunakan YOLOv5. Uji training menggunakan model pretrained berbasis fine tuning [9]. Training model deep learning merupakan proses pembelajaran pada algoritma YOLOv5 dalam mendeteksi tingkat roasting biji kopi. Proses training dilakukan menggunakan 984 dataset sesuai dengan perbandingan yang digunakan. Untuk melatih dan membangun model melalui dataset menggunakan data training. Nilai loss dan hasil training yang dipengaruhi oleh penggunaan epoch yang

digunakan [9]. Hasil yang memiliki tingkat akurasi yang baik dipengaruhi oleh tingginya nilai precision dan recall. Semakin banyak data training yang didapatkan maka semakin kecil nilai loss yang dihasilkan [10].

```

File Edit Shell Script Runme File Bantuan Settings peribahasa@kali:debian$
+ Kode + Yaka
epoch  GPU_mem  bus_loss  obj_loss  cjk_loss  Instances  Size
25/200  18.26  0.0004  0.00045  0.00022  1  401  100% 44/44 [00:21:00.00, 1.8611/s]
(class  Images Instances  #  #  mAP50  mAP50-50: 100% 7/7 [00:01:00.00, 1.9611/s]
all  197  190  0.922  0.909  0.926  0.877

epoch  GPU_mem  bus_loss  obj_loss  cjk_loss  Instances  Size
26/200  18.26  0.0002  0.00044  0.00020  4  401  100% 44/44 [00:21:00.00, 1.8711/s]
(class  Images Instances  #  #  mAP50  mAP50-50: 100% 7/7 [00:01:00.00, 1.9211/s]
all  197  190  0.870  0.834  0.910  0.868

Stopping training early as no improvement observed in last 100 epochs.
Best results observed at epoch 150, best model saved as best.pt.
To update (early)stopping(patience=100) pass a new patience value, i.e. python train.py --patience 300 or use --patience 0 to disable earlystopping.

250 epochs completed in 1.078 hours.
Optimizer stripped from runs/train/exp/weights/last.pt, 14.79M
Optimizer stripped from runs/train/exp/weights/best.pt, 14.79M

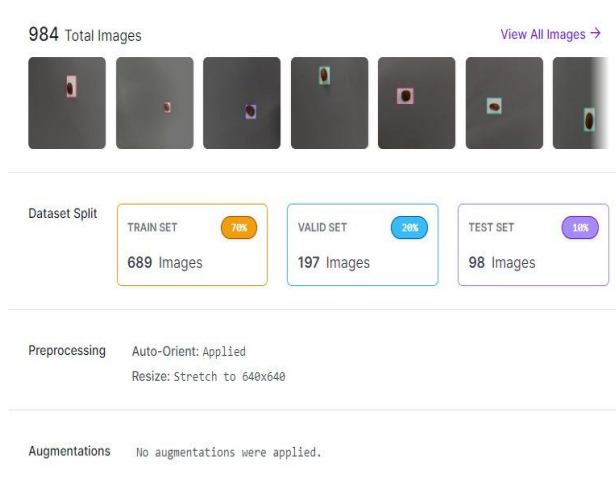
Validating runs/train/exp/weights/best.pt...
Fusing layers...
Model Summary: 157 layers, 7682216 parameters, 0 gradients, 55.8 GiB
(class  Images Instances  #  #  mAP50  mAP50-50: 100% 7/7 [00:06:00.00, 1.9611/s]
all  197  190  0.920  0.939  0.940  0.908
dark  197  80  0.924  0.886  0.924  0.553
light  197  12  0.901  0.913  0.864  0.810
median 197  18  0.912  0.879  0.919  0.424

Results saved to runs/train/exp
    
```

Gambar 1. Training Model Deep Learning

Uji Validasi Model Deep Learning

Pengujian validasi dilakukan menggunakan 984 dataset yang telah melewati proses pelabelan. Dataset validasi terdiri dari 197 gambar dari penggunaan dataset validasi dilakukan untuk melihat akurasi model yang dibuat dengan mengoptimalkan kemampuan setelah proses training dilakukan. Tujuan uji validasi dilakukan untuk validasi data training dengan mendapatkan model deep learning yang diinginkan dan mengevaluasi kinerja model yang dibuat.



Gambar 2. Uji Validasi Model Deep Learning

Uji Hasil Deep Learning

Proses pengujian hasil training menggunakan kriteria yaitu nilai recall, precision, accuracy, mAP dan loss [11]. Recall merupakan sistem yang dapat menentukan kembali dataset yang diinputkan memiliki rasio atau tingka keberhasilan untuk mengetahui sampel tersebut sesuai atau tidak dari pembacaan sampel. Precision merupakan hasil yang diprediksi positif memiliki nilai ratio atau persentase model yang dapat melakukan prediksi dengan benar pada proses pembacaan objek keseluruhan. Accuracy merupakan rasio prediksi benar (positif dan negatif) dengan keseluruhan data. mAP

merupakan hasil rata-rata nilai precision yang berada dalam pembacaan berulang yang digunakan dalam mengukur akurasi dari objek yang ada di model lain. Nilai loss merupakan nilai error yang dihasilkan dari model selama pembacaan dataset dalam bentuk persentase. Model deep learning YOLOv5 terbaik akan tersimpan dan sistem akan berhenti ketika mendapatkan hasil terbaik. Besarnya kemampuan sistem mesin deteksi untuk mengenali objek yang ada akan menghasilkan tingkat kemiripan sesuai dengan objek yang ada diperlukan penilaian tingkat akurasi. Pemberian nilai tingkat akurasi ini dilakukan untuk mengetahui ketepatan sistem dalam mengenali objek yang diberikan. Jika nilai akurasi dalam mengenali objek mendekati angka 1 dapat menunjukkan model yang digunakan sangat baik dalam mengenali objek. Namun, nilai akurasi dalam mengenali objek mendekati angka 0,1 dapat menunjukkan model yang digunakan gagal dalam mengenali objek [12].

Tabel 1. Nilai Tingkat Kepercayaan Hasil Uji Testing

| No | Tingkat Kepercayaan | Keterangan |
|----|---------------------|--------------------------|
| 1. | 0,90-1,00 | <i>Excellent Anotasi</i> |
| 2. | 0,80-0,90 | <i>Good Anotasi</i> |
| 3. | 0,70-0,80 | <i>Fair Anotasi</i> |
| 4. | 0,60-0,70 | <i>Poor Anotasi</i> |
| 5. | 0,50-0,60 | <i>Failure Anotasi</i> |

HASIL DAN PEMBAHASAN

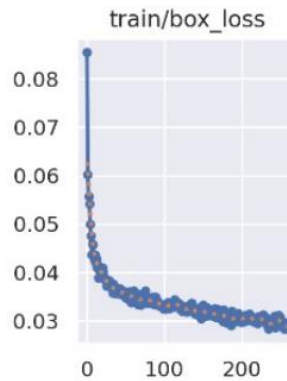
Hasil Uji Performa Training Dataset Model Pra-Terlatih YOLOv5

Hasil uji performa training deteksi tingkat penyangraian biji kopi yang dilakukan melalui proses training dengan menggunakan 984 dataset pada 1000 kali pembacaan berulang (*epoch*) menggunakan model pra-terlatih YOLOv5. Proses *training* akan didapatkan nilai *loss* melalui hasil dari *tensorboard* pada *google colab* yang merupakan nilai *error* dalam bentuk persentase yang dihasilkan dari model selama pembacaan dataset. Dimana, nilai *loss* yang didapatkan berupa nilai *box loss*, *objectness loss*, *classification loss*, dan *total loss*.

Box Loss

Pengukuran suatu nilai loss dari bounding boxes (kotak pembatas) dataset yang mampu dibaca merupakan box loss [1]. Gambar 3 menunjukkan bahwa box loss menggunakan epoch sebanyak 258 kali menunjukkan nilai box loss memiliki tren menurun untuk dapat mengetahui model membaca bounding box yang mendapatkan nilai tertinggi 0,08548 (8,54%) dan nilai terendah 0,0283 (2,83%). Tingginya nilai box

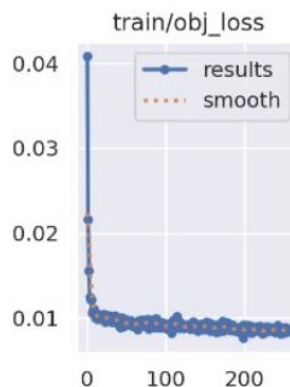
loss pada langkah awal diakibatkan oleh model sedang mempelajari dataset dari gambar tingkat roasting biji kopi yang diberikan. Dapat diartikan bahwa pembacaan sistem pada kotak pembatas dataset yang telah diberikan pelabelan memiliki prediksi hampir benar bila nilai box loss tersebut mendekati nol.



Gambar 3. Train Box Loss

Objectness Loss

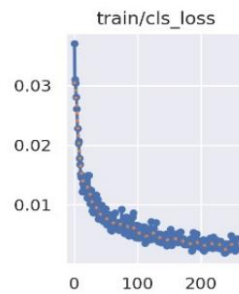
Objectness Loss merupakan nilai loss dari pengukuran suatu objek yang berada di bounding boxes pada dataset yang telah diberikan pelabelan. Pada Gambar 4 Grafik menunjukkan bahwa objectness loss yang didapatkan selama running berlangsung menunjukkan nilai sebesar 0.00762 atau 0,76%. Pembacaan gambar yang diberikan pada nilai objectness loss memungkinkan model memiliki tingkat error yang kecil. Semakin baik modelnya maka semakin rendahnya nilai loss yang didapatkan.



Gambar 4. Train Objectness Loss

Classification Loss

Objek yang sesuai berdasarkan masing-masing kelas dari pemberian pelabelan dalam suatu model memiliki nilai loss yang merupakan classification loss. Pada Gambar 5 Grafik menunjukkan dari nilai classification loss yang didapatkan dari proses training menunjukkan semakin menurun pada saat proses training berlangsung. Menurunnya nilai classification loss pada grafik diatas diakibatkan oleh model yang dipakai saat training sedang mengenali dan mempelajari dataset yang diberikan. Hasil dari nilai classification loss yang didapatkan pada grafik dibawah adalah 0,0019 (0,19%).



Gambar 5. Train Classification Loss

Total Loss

Total loss merupakan nilai dari gabungan berdasarkan nilai box loss, objectness loss dan classification loss yang didapatkan dari proses training menggunakan model pra-terlatih YOLOv5. Grafik menunjukkan nilai total loss pada proses training memiliki tren yang menurun mencapai nilai 0,03785 (3,78%). Grafik dibawah menunjukkan bahwa sistem menggunakan model pra-terlatih YOLOv5 memiliki tingkat error yang cukup rendah dalam pembacaan objek. Semakin banyak data training yang dilakukan maka semakin bagus akurasi yang didapat serta semakin banyak nilai data training maka cross-entropy dan error semakin kecil didapat. Hasil training dan nilai loss yang didapatkan dipengaruhi oleh semakin tingginya nilai epoch maka nilai loss nya semakin kecil sehingga dapat mendekati nol.

Hasil Uji Performa Validasi Dataset Model Pra-Terlatih Yolov5

Hasil uji performa dilakukan menggunakan 984 dataset dengan 258 kali pembacaan berulang. Berdasarkan hasil proses validasi maka didapat nilai precision, recall, mean-average precision (mAP), confusion matriks, box loss, objectness loss, classification loss dan total loss.

Precision

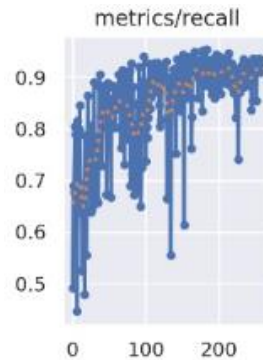
Pembacaan objek oleh sistem diprediksi positif dengan persentase model yang dinilai benar. Model dengan rasio prediksi dikatakan baik apabila hasil precision mendekati 100 % atau nilai 1. Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai precision dengan pembacaan berulang 258 kali memiliki grafik naik. Nilai presisi yaitu 94,24 %. Pada ketiga kelas tersebut memiliki hasil pembacaan precision yang cukup baik.



Gambar 6. Nilai Precision Pembacaan Berulang

Recall

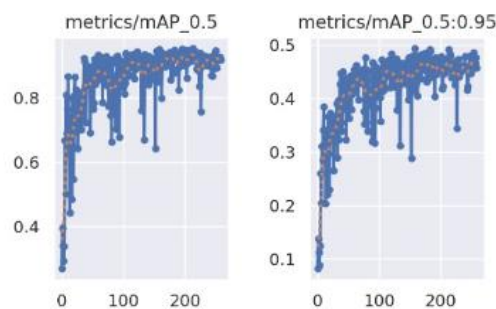
Sistem berjalan dengan baik sesuai dengan dataset yang digunakan melalui pembacaan berulang apabila recall mendekati 1 atau 100%. Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai precision dengan pembacaan berulang 258 kali memiliki grafik naik dan turun drastis disebabkan faktor dataset. Nilai presisi yang diperoleh yaitu 95,38 % dan dapat dikatakan model ini cukup baik untuk digunakan.



Gambar 7. Nilai Recall Pembacaan Berulang

Mean Average Precision (mAP)

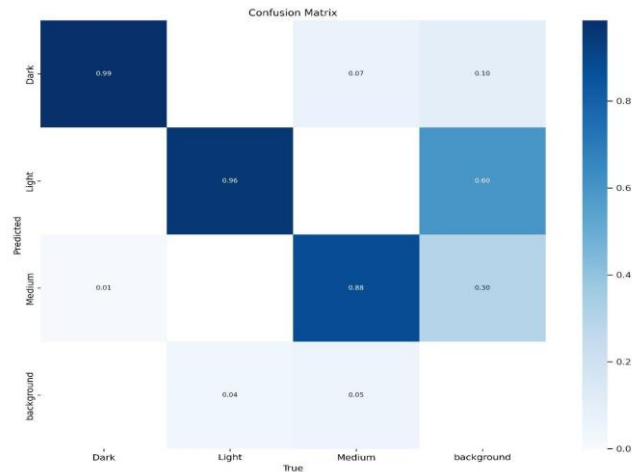
Hasil rata-rata nilai precision dalam pembacaan berulang untuk mengukur akurasi objek yang ada pada model lain. Nilai mAP mendekati angka 1 atau 100 % yang artinya sistem tersebut telah berjalan dengan baik. Pada model untuk deteksi memiliki dua nilai mAP yaitu mAP 0,5 dan mAP 0,95. Rata-rata mAP 0,5 lebih besar dibandingkan rata-rata mAP 0,95 karena mAP 0,5 memiliki 10 nilai ambang batas IoU sedangkan mAP 0,95 memiliki 0,95 nilai ambang batas IoU yang membuat tingkat keakuratan lebih tinggi dalam pembacaan dataset. Hasil model pra-terlatih YOLOv5 didapat nilai mAP 0,5 mencapai nilai 0,9527 (95,27 %) dan mAP 0,95 mencapai nilai 0,4937 (49,37%)



Gambar 8. Nilai Mean Average Precision Pembacaan Berulang

Confusion Matrix

Confusion matrix adalah pengukuran performa tabel model deep learning berupa kelas sebenarnya dari hasil prediksi nilai output. Gambar 9 menunjukkan bahwa tingkat akurasi setiap kelas berbeda selama proses pembacaan dataset. Dark memiliki tingkat akurasi 0,99 atau 99%. Light memiliki tingkat akurasi 0,96 atau 96%. Medium memiliki tingkat akurasi 0,99 atau 88%. Ketiga kelas ini menunjukkan bahwa sistem deteksi menggunakan model pra-terlatih YOLOv5 sudah dalam kondisi cukup baik digunakan.



Gambar 9. Confusion matriks uji validasi

Box Loss

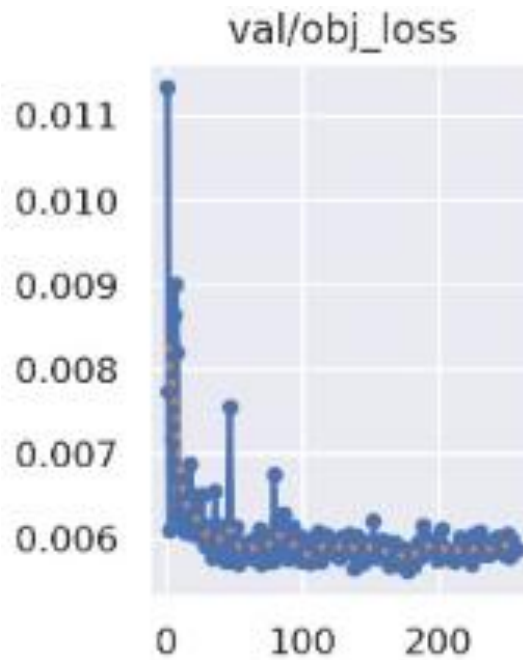
Pengukuran nilai loss dari bounding boxes dataset dibaca. Gambar 10 menunjukkan bahwa nilai box loss dengan pembacaan berulang 258 kali memiliki grafik menurun. Nilai box loss saat training yaitu 0,0299 atau 2,99 %. Nilai box loss dari gambar tingkat sangrai yang diberikan mencapai nilai 0,0510 atau 5,10 %



Gambar 10. Nilai Box Loss saat proses validasi

Objectness Loss

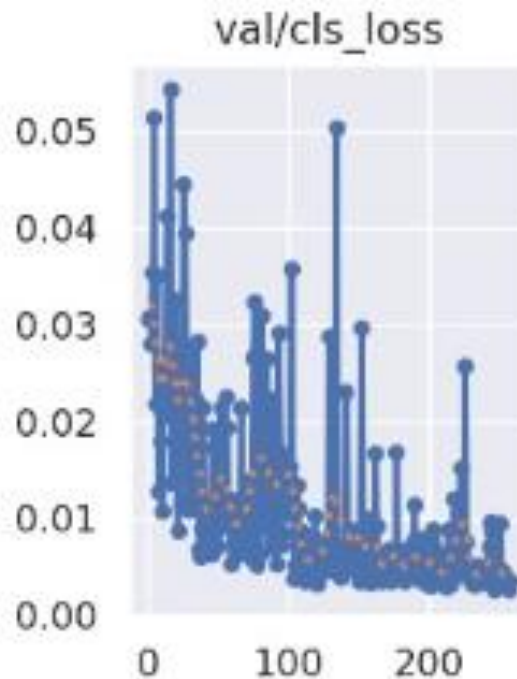
Objectness adalah nilai loss dari pengukuran kemungkinan suatu objek yang berada di bounding boxes pada dataset yang telah diberi pelabelan. Gambar 11 menunjukkan bahwa nilai objectness loss dengan pembacaan berulang 258 kali memiliki nilai selama running yaitu 0,01134 atau 1,13 %. Menunjukkan bahwa tingkat error pembacaan gambar pada nilai objectness loss [13].



Gambar 11. Nilai *Objectness Loss* saat proses validasi

Classification Loss

Objek yang berdasarkan masing-masing kelas dari pemberian pelabelan dalam suatu model memiliki nilai loss yaitu classification loss. Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai classification loss dengan pembacaan berulang 258 kali menurun memiliki nilai selama validasi yaitu 0,0542 atau 5,42 %. Nilai classification saat proses validasi memiliki nilai lebih kecil.



Gambar 12. Nilai *Classification Loss* saat proses validasi

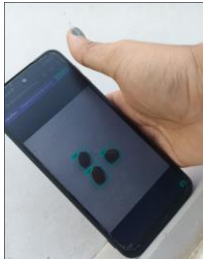
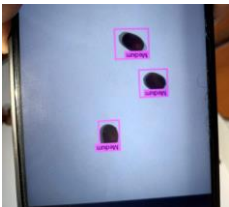
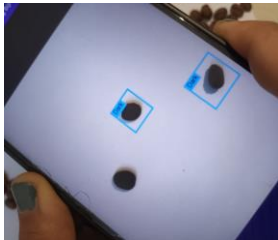
Total Loss

Total loss merupakan nilai hasil penjumlahan nilai *box loss*, *objectness loss* dan *classification loss* yang didapat dari proses *training* menggunakan model pra-terlatih YOLOv5. Nilai total loss pada proses *training* mencapai 0,07068 atau 7,06 %. Dimana nilai *total loss* saat *validasi* memiliki nilai lebih kecil dibandingkan nilai *total loss* saat *training*.

Hasil Uji Testing Dataset Model Pra-Terlatih YOLOv5

Setelah dilakukan training maka diperoleh hasil pengujian pada sistem yang berfungsi untuk mengetahui sistem yang dijalankan sudah dapat beroperasi sesuai dengan perintah. Hasil pengujian dataset dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Uji Testing Dataset Model Pra Telatih YOLOv5

| Tampilan | Deskripsi |
|---|----------------------------------|
|  | Biji kopi <i>Light Roasting</i> |
|  | Biji kopi <i>Medium Roasting</i> |
|  | Biji kopi <i>Dark Roasting</i> |

KESIMPULAN

1. Sistem yang digunakan yaitu deep learning dengan menggunakan model YOLOv5 dan perangkat Roboflow dapat mendeteksi tingkat warna penyangraian pada biji kopi. Warna penyangraian pada biji kopi yang dapat dideteksi meliputi light, medium,

dark. Dataset yang diuji adalah akurat berdasarkan hasil running berulang menggunakan 258 epoch dimana data yang didapat adalah sama

2. Hasil validasi dataset yang dilakukan dengan 984 gambar yang digunakan didapatkan nilai precision saat validasi sebesar 94,24%, nilai recall mencapai 95,38 %, nilai mAP mencapai 95, 27 %, nilai box loss mencapai 2,99 %, nilai classification loss mencapai 5,42 % dan nilai total loss mencapai 7,06 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil pembacaan deteksi hasil tingkat penyangraian biji kopi dengan deep learning mengindikasikan baik. Pembacaan yang baik memiliki tingkat keakuratan hasil yang diinginkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan untuk semua pihak yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian ini, khususnya terimakasih pada unsur Pimpinan ITERA, Unit Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (UPPM- ITERA) dan semua tim yang terlibat dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. K. A. Fernanda and A. R. Setyastuti, "Analisis Ekspor Komoditas Kopi Indonesia Di Pasar Dunia," *Jurnal Ilmu Ekonomi*, pp. 1-10, 2020.
- [2] M. Mutiara, A. Rustam, and N. Nurindah, "Cita rasa khas kopi Topidi melalui proses panen hingga metode pengolahan dry process dan full wash," *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, vol. 3, no. 1, pp. 44-54, 2023.
- [3] R. A. Fadri, K. Sayuti, N. Nazir, and I. Suliansyah, "Review proses penyangraian kopi dan terbentuknya akrilamida yang berhubungan dengan kesehatan," *Journal of Applied Agricultural Science Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 129-145, 2019.
- [4] *National Coffee Association USA EST. Coffee Roast. 191.*
- [5] I. Muslimin, "Pengaruh Tingkatan Suhu Penyangraian (Roasting) terhadap Karakteristik Aroma Kopi Arabika," *JASATHP: Jurnal Sains dan Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 1, no. 1, pp. 33-40, 2021.
- [6] D. S. Candra, "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Citra Bunga," vol. 16, no. 1, pp. 2580–2582, 2020.
- [7] R. A. Tilasefana and R. E. Putra, "Penerapan Metode Deep Learning Menggunakan Algoritma CNN Dengan Arsitektur VGG NET Untuk Pengenalan Cuaca," *Journal of Informatics Computer Science*, vol. 5, no. 01, pp. 48-57, 2023.
- [8] S. Yuliany and A. N. Rachman, "Implementasi Deep Learning pada Sistem Klasifikasi Hama Tanaman Padi Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *Jurnal Buana Informatika*, vol. 13, no. 1, pp. 54-65, 2022.
- [9] M. H. Diponegoro, S. S. Kusumawardani, and I. Hidayah, "Tinjauan pustaka sistematis: implementasi metode deep learning pada prediksi kinerja murid," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 10, no. 2, pp. 131-138, 2021.
- [10] J. S. Asri and G. Firmansyah, "Implementasi objek detection dan tracking menggunakan deep learning untuk pengolahan citra digital," *Konferensi Nasional Sistem Informasi*, pp. 707-723, 2018.

- [11] S. Syarif and M. Baharuddin, "Penerapan Metode Convolutional Neural Network pada Face Recognition untuk Smart Loker," *JURNAL EKSITASI DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO*, vol. 2, no. 2, pp. 19-26, 2023.
- [12] P. A. Nugroho, I. Fenriana, and R. Arijanto, "Implementasi deep learning menggunakan convolutional neural network (CNN) pada ekspresi manusia," *Algor*, vol. 2, no. 1, pp. 12-20, 2020.
- [13] T. A. Son and V. N. A. Tuan, "Research on Effect of Cashew Kernel Traveling in Color Sorting Machine," *Journal of Engineering Research and Application*, vol. 8, no. 9, pp. 6-10, 2018.