



Klasifikasi Buah Kopi dengan Visi Komputer pada Kecepatan Konveyor

Clara Diva¹, Justam²

¹Sistem Informasi, Fakultas Teknik Informatika dan Komputer, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia

²Informatika, Ilmu Komputer, Universitas Mega Buana Palopo, Indonesia

¹claradiva@ukipaulus.ac.id, ²justam@umegabuana.ac.id

Abstrak

Kopi merupakan komoditas pertanian penting, namun proses sortasi manual seringkali tidak efisien. Pemanfaatan visi komputer dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi, tetapi kecepatan konveyor seringkali menyebabkan gambar menjadi kabur (motion blur), yang menghambat identifikasi kematangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem sortasi yang akurat, bahkan saat buah kopi bergerak cepat, untuk meningkatkan kualitas produk. Metode yang digunakan adalah deteksi objek menggunakan YOLOv4, yang kemudian dilanjutkan dengan perbaikan gambar menggunakan Wiener filter dan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) untuk mengatasi efek blur. Ekstraksi fitur dilakukan dengan ruang warna RGB, dan Support Vector Machine (SVM) digunakan untuk klasifikasi tingkat kematangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kecepatan 35 rpm, baik Wiener filter maupun kombinasi Wiener filter dan CLAHE memberikan akurasi tertinggi sebesar 85.82%. Namun, seiring dengan peningkatan kecepatan konveyor, akurasi sistem menurun secara signifikan. Pada kecepatan 60 rpm, akurasi dengan Wiener filter turun menjadi 40.51%, sementara kombinasi Wiener filter dan CLAHE hanya mencapai 7.69%. Meskipun demikian, penelitian ini membuktikan bahwa visi komputer dapat menjadi solusi efektif untuk sortasi kopi, meskipun perlu adanya optimalisasi lebih lanjut untuk kecepatan yang lebih tinggi.

Kata kunci: Buah Kopi, Blur, YOLOv4, RGB, Wiener filter, CLAHE, SVM

1. Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu komoditas pertanian yang memiliki peran krusial dalam industri dan ekonomi di tingkat global maupun lokal[1]. Di industri perkebunan kopi yang luas, petani dengan cermat menjalankan proses pemilihan buah kopi secara manual[1]. Namun, dalam proses ini, terdapat beberapa kekurangan yang dapat berpengaruh pada kualitas akhir buah kopi yang dihasilkan. Variabilitas dalam hasil pemilahan menjadi tantangan utama yang perlu diatasi. Setiap petani memiliki pandangan yang berbeda mengenai tingkat kematangan yang diinginkan, yang mengakibatkan variasi dalam pemilihan buah kopi[1]. Selain itu, tingkat pengalaman dan keterampilan para petani juga memainkan peran penting. Petani yang lebih berpengalaman mungkin lebih terampil dalam memilih buah kopi yang tepat, sedangkan petani yang kurang berpengalaman bisa mengalami kesulitan dalam mengenali kematangan buah, ini bisa menghasilkan buah kopi dengan tingkat kematangan yang tidak merata, yang akan mempengaruhi cita rasa dari kopi. Kelelahan atau tekanan lingkungan dapat mempengaruhi kemampuan petani dalam pemilahan dengan akurat, mengakibatkan buah kopi yang belum matang atau matang tidak digunakan dari proses pemilahan, sehingga dibutuhkan teknologi yang dapat membantu petani[2],[3].

Pemanfaatan teknologi visi komputer dalam pemilahan buah kopi matang memberikan banyak keuntungan dalam produksi kopi[4]. Teknologi ini akurat dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah kopi melalui algoritma canggih. Akurasi tinggi ini dapat menghindari kesalahan pemilahan manual, sehingga dapat menghasilkan buah kopi yang lebih baik. Konsistensi juga terjaga, karena setiap buah dinilai dengan parameter yang sama, menghasilkan kualitas seragam sesuai standar. Teknologi visi komputer prosesnya cepat dan efisien, meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya tenaga kerja[5]. Meskipun investasi awal diperlukan, penggunaan jangka panjang mengurangi biaya karena pemilahan lebih baik. Data yang dihasilkan juga berguna untuk pemantauan dan analisis, memberi wawasan penting untuk perbaikan dan keputusan. Skalanya pun cocok untuk Perkebunan besar, mengatasi masalah pemilahan manual di skala besar. Secara keseluruhan, penerapan visi komputer dalam pemilahan buah kopi memberikan manfaat ketepatan deteksi, konsistensi, efisiensi waktu dan biaya, serta kualitas buah kopi yang lebih baik[4],[6]. Dalam konteks pemilahan buah kopi matang dan tidak matang, konveyor lebih efektif digunakan untuk proses pemilahan untuk meningkatkan kualitas buah kopi[7]. Konveyor merupakan sebuah alat otomatis yang dirancang khusus untuk menggerakkan dan memindahkan benda, barang, atau bahan dari satu tempat ke tempat lain secara berkelanjutan[1]. Prinsip kerjanya mirip dengan jalur

bergerak yang membawa objek melalui perjalanan yang teratur dan terus-menerus. Komponen utama konveyor meliputi belt atau rantai yang bergerak di atas roller atau pulley untuk mengangkat benda, serta motor yang memberikan daya pada pergerakan, juga memiliki rangka atau frame yang memberikan struktur dan dukungan, sementara sensor dan pengendali mengontrol operasi dan arah pergerakan[8].

Namun kecepatan pada konveyor dapat mempengaruhi gambar sehingga terdapat blur[9]. Blur merupakan efek yang terjadi pada gambar ketika detail-detailnya menjadi kurang jelas dan tajam[10]. Efek blur dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk pergerakan objek saat pengambilan gambar, ketidakkfokus optik, atau faktor-faktor lain yang mengakibatkan citra menjadi kabur atau tidak tajam[11],[12]. Dalam konteks deteksi kematangan buah kopi yang mengalami efek blur ketika bergerak cepat melalui konveyor, efek blur tersebut dapat membuat sulitnya mengidentifikasi detail-detail penting pada buah kopi, seperti tingkat kematangannya[13]. Oleh karena itu, tantangan dalam kasus ini adalah bagaimana mengatasi atau mengurangi efek blur agar sistem deteksi dapat bekerja secara akurat dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah kopi yang melewati konveyor.

2. Metode Penelitian

2.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan desain percobaan untuk mengoptimalkan kinerja sistem klasifikasi tingkat kematangan buah kopi menggunakan Cascade *Wiener filter* dan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*. Pendekatan eksperimental dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengevaluasi kinerja sistem deteksi dan klasifikasi pada kondisi yang dikendalikan, seperti variasi kecepatan konveyor, metode perbaikan citra, dan parameter klasifikasi. Eksperimen dilakukan dengan menguji pengaruh penggunaan *Wiener filter*, *CLAHE*, serta kombinasi keduanya terhadap kualitas citra dan akurasi klasifikasi pada kecepatan konveyor 35 rpm, 40 rpm, 50 rpm, dan 60 rpm. Penelitian ini melibatkan pembuatan prototipe sistem yang terdiri dari kamera Logitech Brio beresolusi 1920×1080 piksel yang dipasang 10 cm di atas objek, konveyor sebagai media pergerakan buah kopi, serta perangkat lunak berbasis YOLOv4 untuk deteksi objek dan Support Vector Machine (SVM) untuk klasifikasi. Data hasil percobaan dianalisis menggunakan metrik akurasi, precision, recall, F1-score, dan PSNR untuk menentukan faktor-faktor yang memengaruhi kualitas citra dan akurasi deteksi, seperti tingkat blur akibat kecepatan konveyor, variasi warna pada tingkat kematangan, dan kondisi pencahayaan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi metode perbaikan citra yang optimal untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses pemilahan buah kopi di industri.

2.2. Desain Penelitian

Desain penelitian ini mengadopsi desain eksperimen dengan pendekatan faktor tunggal yang bertujuan untuk menguji dan mengoptimalkan metode perbaikan citra dalam sistem klasifikasi tingkat kematangan buah kopi. Dalam desain eksperimen ini, metode perbaikan citra merupakan variabel utama yang akan diuji, dengan tujuan menemukan teknik yang memberikan kualitas citra terbaik dan akurasi klasifikasi tertinggi pada berbagai kecepatan konveyor. Penelitian ini menguji variabel eksperimen:

1. Metode perbaikan citra: Penggunaan *Wiener filter*, *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*, dan kombinasi keduanya. Variasi metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi teknik yang paling efektif dalam mengurangi efek blur dan meningkatkan kualitas citra buah kopi yang bergerak di atas konveyor[14].
2. Kecepatan konveyor: Pengujian dilakukan pada empat variasi kecepatan konveyor, yaitu 35 rpm, 40 rpm, 50 rpm, dan 60 rpm, untuk melihat bagaimana kecepatan pergerakan objek mempengaruhi hasil deteksi dan klasifikasi tingkat kematangan buah kopi. Perangkat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa perangkat dan bahan untuk membangun prototipe sistem klasifikasi tingkat kematangan buah kopi berbasis Cascade *Wiener filter* dan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*. Perangkat ini berfungsi untuk menangkap citra buah kopi yang bergerak di atas konveyor, memproses citra untuk mengurangi efek blur, mengekstraksi fitur warna, serta melakukan klasifikasi tingkat kematangan[11].

1. Kamera Logitech Brio

Kamera digital beresolusi 1920×1080 piksel yang digunakan untuk menangkap citra buah kopi pada saat bergerak di atas konveyor. Kamera ini dilengkapi dengan kemampuan high frame rate untuk meminimalkan motion blur saat merekam objek bergerak cepat. Dalam penelitian ini, kamera diposisikan pada ketinggian 10 cm dari permukaan konveyor untuk mendapatkan sudut pandang optimal dan fokus pada area buah kopi yang akan dideteksi.

2. Konveyor

Sistem mekanis yang berfungsi untuk menggerakkan buah kopi pada kecepatan terkontrol, yaitu 35 rpm, 40 rpm, 50 rpm, dan 60 rpm. Konveyor menjadi media simulasi proses pemilahan buah kopi di industri, sehingga memungkinkan pengujian sistem pada berbagai tingkat kecepatan pergerakan objek. Gambar konveyor dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Konveyor

3. Perangkat Komputer

Digunakan untuk memproses citra hasil tangkapan kamera menggunakan algoritma YOLOv4 untuk deteksi objek, *Wiener filter* dan *CLAHE* untuk perbaikan citra, serta Support Vector Machine (SVM) untuk klasifikasi. Perangkat komputer juga digunakan untuk pelabelan dataset, pelatihan model, dan analisis hasil pengujian.

4. Perangkat Lunak YOLOv4

Framework deteksi objek yang digunakan untuk mendeteksi buah kopi pada setiap frame video. YOLOv4 dipilih karena memiliki akurasi tinggi dan kecepatan proses yang memadai untuk menangani citra bergerak. Model dilatih menggunakan dataset hasil ekstraksi frame video buah kopi yang telah diberi label.

5. Support Vector Machine (SVM)

Algoritma klasifikasi yang digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah kopi berdasarkan nilai rata-rata piksel RGB yang telah diekstraksi dari citra hasil deteksi dan perbaikan. Kernel yang digunakan adalah *Radial Basis Function* (RBF) karena data bersifat non-linear[15].

6. Dataset Buah Kopi

Data citra buah kopi yang diambil langsung dari kebun PT Sulotco Jaya Abadi di Kabupaten Tana Toraja. Dataset mencakup tiga kelas tingkat kematangan, yaitu mentah, setengah matang, dan matang, yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian model. Dataset yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Dataset Kelas Matang, Setengah Matang dan Mentah

2.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan merekam citra buah kopi yang bergerak pada konveyor dengan empat variasi kecepatan, yaitu 35 rpm, 40 rpm, 50 rpm, dan 60 rpm. Semua percobaan dilakukan pada kondisi lingkungan yang dikendalikan, meliputi pencahayaan, jarak kamera 10 cm, dan posisi konveyor yang tetap, sehingga diperoleh data yang konsisten..

1. Kecepatan 35 rpm

Konveyor bergerak pada kecepatan rendah sehingga pergerakan buah kopi relatif lambat. Kondisi ini diharapkan menghasilkan citra dengan tingkat blur yang minimal sehingga kualitas deteksi dan klasifikasi optimal. Berikut

2. Kecepatan 40 rpm

Konveyor bergerak sedikit lebih cepat dari kecepatan rendah. Pengujian pada kecepatan ini bertujuan untuk melihat bagaimana peningkatan kecepatan mempengaruhi ketajaman citra dan stabilitas akurasi klasifikasi.

3. Kecepatan 50 rpm

Kecepatan sedang yang menghasilkan pergerakan objek lebih cepat, berpotensi menimbulkan efek blur yang signifikan. Pengujian ini mengukur kemampuan metode perbaikan citra dalam mengatasi degradasi kualitas gambar.

4. Kecepatan 60 rpm

Kecepatan tertinggi yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian ini menguji batas kemampuan sistem dalam mendeteksi dan mengklasifikasi buah kopi saat efek blur maksimum terjadi.

2.4. Formula Evaluasi

Penelitian ini menguji kinerja sistem klasifikasi tingkat kematangan buah kopi pada masing-masing skenario kecepatan konveyor, yaitu Skenario A, B, C, dan D. Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan yang dikendalikan, seperti tingkat pencahayaan, jarak kamera dari objek, dan minimnya gangguan dari objek lain di sekitar area deteksi.

1. Skenario A: Kecepatan konveyor 35 rpm. Pada kondisi ini, pergerakan buah kopi relatif lambat sehingga diharapkan menghasilkan citra dengan tingkat blur minimal.
2. Skenario B: Kecepatan konveyor 40 rpm. Kecepatan sedikit lebih tinggi dibanding skenario A, digunakan untuk menguji pengaruh peningkatan kecepatan terhadap kualitas citra dan akurasi klasifikasi.
3. Skenario C: Kecepatan konveyor 50 rpm. Pergerakan objek lebih cepat, dengan potensi efek blur yang lebih signifikan.
4. Skenario D: Kecepatan konveyor 60 rpm. Merupakan kecepatan tertinggi yang digunakan untuk menguji batas kemampuan sistem dalam mengklasifikasi buah kopi saat efek blur maksimum terjadi.

Proses evaluasi melibatkan pengujian sistem pada setiap skenario menggunakan video buah kopi yang direkam di atas konveyor. Hasil pengujian dianalisis menggunakan metrik evaluasi yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu precision, recall, F1-score, dan akurasi. Perhitungan akurasi dilakukan berdasarkan jumlah prediksi benar (True Positives + True Negatives) dibandingkan dengan total jumlah data uji. Formula akurasi yang digunakan:

$$Accuracy = \frac{\sum TP + \sum TN}{Total\ sample} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- TP (True Positive): Klasifikasi benar terhadap kelas yang seharusnya positif.
- TN (True Negative): Klasifikasi benar terhadap kelas yang seharusnya negatif.
- Total Sample: Jumlah keseluruhan data uji pada masing-masing skenario.

3. Hasil dan Diskusi

Pengujian sistem dilakukan pada empat skenario kecepatan konveyor yang berbeda untuk mengetahui pengaruh pergerakan objek terhadap kualitas citra, hasil deteksi, dan akurasi klasifikasi tingkat kematangan buah kopi. Keempat skenario ini menggunakan metode perbaikan citra *Wiener filter*, *CLAHE*, dan kombinasi keduanya. Evaluasi kinerja dilakukan menggunakan metrik precision, recall, F1-score, dan akurasi.

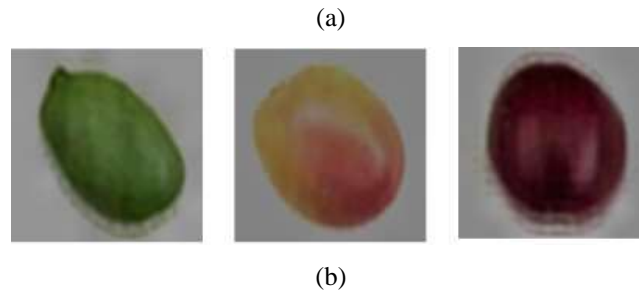
Skenario A – Kecepatan Konveyor 35 rpm

Pada kecepatan 35 rpm, pergerakan buah kopi relatif lambat sehingga efek blur pada citra minimal. Hal ini berdampak pada hasil deteksi yang sangat baik dan klasifikasi yang stabil. Menggunakan *Wiener filter* maupun kombinasi *Wiener filter* + *CLAHE*, akurasi yang dicapai adalah 85,82%, sedangkan penggunaan *CLAHE* saja menghasilkan akurasi 55,17%. Tingginya akurasi pada kecepatan ini disebabkan oleh kualitas citra yang optimal, di mana detail warna dan bentuk buah kopi dapat terekstraksi dengan baik. Perbandingan citra asli dan hasil perbaikan dengan kombinasi *Wiener filter* dan *CLAHE* pada kecepatan 35rpm dapat dilihat pada Gambar 3 berikut



DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2490>

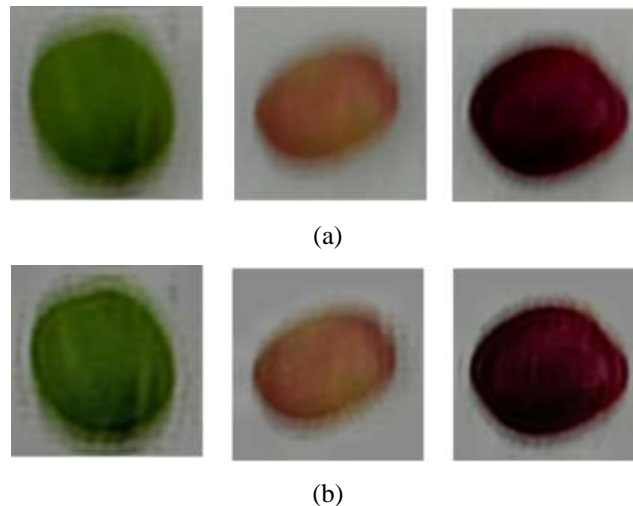
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Gambar 3 (a) Perbandingan Gambar Asli (b) Gambar Perbaikan Kombinasi *Wiener filter* dan *CLAHE* pada Kecepatan 35rpm

Skenario B – Kecepatan Konveyor 40 rpm

Pada kecepatan ini, pergerakan buah kopi sedikit lebih cepat sehingga mulai muncul efek blur ringan pada citra. *Wiener filter* menghasilkan akurasi 51,71%, sedangkan kombinasi *Wiener filter* + *CLAHE* sedikit lebih tinggi yaitu 52,51%. *CLAHE* saja menghasilkan akurasi 40,43%. Penurunan akurasi dibanding skenario A menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan konveyor mulai mempengaruhi kemampuan sistem dalam mempertahankan ketajaman citra. Perbandingan citra asli dan hasil perbaikan dengan kombinasi *Wiener filter* dan *CLAHE* pada kecepatan 40rpm dapat dilihat pada Gambar 4 berikut

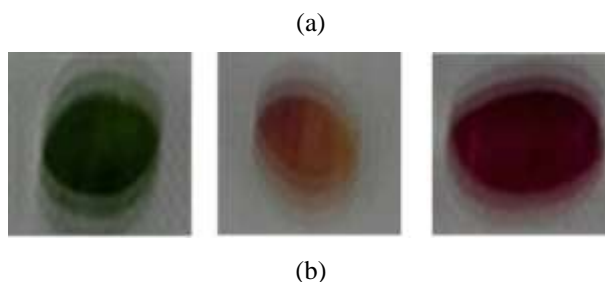


Gambar 4 (a) Perbandingan Gambar Asli (b) Gambar Perbaikan Kombinasi *Wiener filter* dan *CLAHE* pada Kecepatan 40rpm

Skenario C – Kecepatan Konveyor 50 rpm

Pada 50 rpm, pergerakan objek cukup cepat sehingga efek blur menjadi signifikan. *Wiener filter* masih mampu mencapai akurasi 50,92%, tetapi kombinasi *Wiener filter* + *CLAHE* mengalami penurunan tajam menjadi 22,53%. *CLAHE* saja menghasilkan akurasi 39,71%. Hasil ini mengindikasikan bahwa kombinasi metode yang efektif pada kecepatan rendah belum tentu optimal pada kecepatan sedang, kemungkinan karena peningkatan noise atau artefak pasca-proses perbaikan citra. Perbandingan citra asli dan hasil perbaikan dengan kombinasi *Wiener filter* dan *CLAHE* pada kecepatan 40rpm dapat dilihat pada Gambar 5 berikut

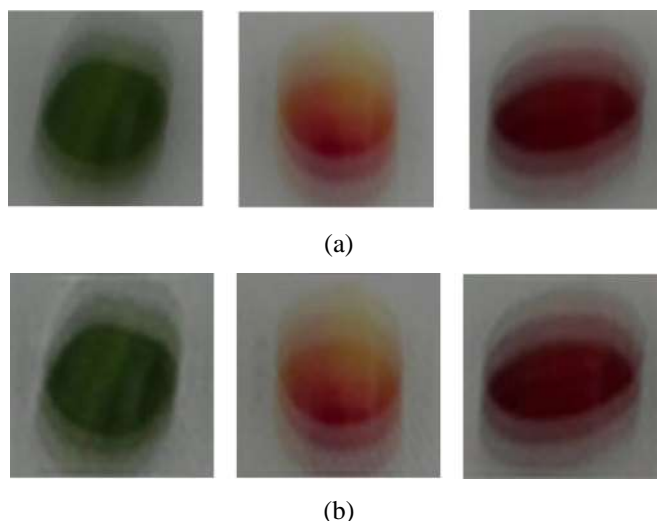




Gambar 5 (a) Perbandingan Gambar Asli (b) Gambar Perbaikan Kombinasi *Wiener filter* dan *CLAHE* pada Kecepatan 50rpm

Skenario D – Kecepatan Konveyor 60 rpm

Kecepatan tertinggi menghasilkan efek blur yang paling besar. Pada kondisi ini, *Wiener filter* mampu mempertahankan akurasi 40,51%, *CLAHE* hanya mencapai 31,28%, sedangkan kombinasi *Wiener filter* + *CLAHE* turun drastis menjadi 7,69%. Penurunan ini menegaskan bahwa pada pergerakan sangat cepat, metode perbaikan citra tidak dapat sepenuhnya mengatasi degradasi visual, sehingga berdampak langsung pada performa klasifikasi. Perbandingan citra asli dan hasil perbaikan dengan kombinasi *Wiener filter* dan *CLAHE* pada kecepatan 40rpm dapat dilihat pada Gambar 6 berikut



Gambar 6 (a) Perbandingan Gambar Asli (b) Gambar Perbaikan Kombinasi *Wiener filter* dan *CLAHE* pada Kecepatan 50rpm

Analisis Umum

Dari keempat skenario, terlihat bahwa kecepatan konveyor merupakan faktor yang signifikan terhadap akurasi sistem. *Wiener filter* konsisten memberikan hasil yang relatif stabil pada semua kecepatan, sedangkan kombinasi *Wiener filter* + *CLAHE* bekerja sangat baik pada kecepatan rendah (35 rpm) namun performanya menurun pada kecepatan sedang hingga tinggi. *CLAHE* saja cenderung memiliki performa lebih rendah dibanding metode lainnya pada semua skenario.

Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan metode perbaikan citra harus mempertimbangkan kecepatan pergerakan objek agar sistem dapat beroperasi optimal dalam kondisi nyata.

nyata.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem klasifikasi tingkat kematangan buah kopi menggunakan Cascade *Wiener filter* dan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*, dapat disimpulkan bahwa: Pendekatan eksperimental dengan variasi kecepatan konveyor (35 rpm, 40 rpm, 50 rpm, dan 60 rpm)

berhasil mengidentifikasi pengaruh kecepatan pergerakan objek terhadap kualitas citra dan akurasi klasifikasi. Kecepatan konveyor yang lebih tinggi cenderung menghasilkan efek blur yang signifikan sehingga menurunkan performa sistem. Metode perbaikan citra memiliki pengaruh besar terhadap hasil deteksi dan klasifikasi. *Wiener filter* menunjukkan kinerja yang relatif stabil pada semua kecepatan, sedangkan kombinasi *Wiener filter* + *CLAHE* menghasilkan akurasi terbaik pada kecepatan rendah (35 rpm) namun mengalami penurunan drastis pada kecepatan sedang hingga tinggi. *CLAHE* saja memiliki performa lebih rendah dibanding metode lainnya di semua skenario. Akurasi tertinggi dicapai pada skenario A (35 rpm) dengan metode *Wiener filter* dan kombinasi *Wiener filter* + *CLAHE*, yaitu sebesar 85,82%. Sementara akurasi terendah dicapai pada skenario D (60 rpm) dengan metode kombinasi *Wiener filter* + *CLAHE*, yaitu hanya sebesar 7,69%. Kualitas citra yang baik (minim blur) berkontribusi langsung pada keberhasilan proses ekstraksi fitur warna RGB dan meningkatkan kinerja klasifikasi menggunakan Support Vector Machine (SVM). Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi praktis dalam pengembangan sistem pemilahan buah kopi berbasis visi komputer, khususnya pada penentuan kecepatan optimal konveyor dan pemilihan metode perbaikan citra yang sesuai dengan kondisi operasional di lapangan.

Referensi

- [1] H. C. Bazame, J. P. Molin, D. Althoff, and M. Martello, "Detection, classification, and mapping of coffee fruits during harvest with computer vision," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 183, p. 106066, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.compag.2021.106066.
- [2] W. Castro, J. Oblitas, M. De-La-Torre, C. Cotrina, K. Bazan, and H. Avila-George, "Classification of Cape Gooseberry Fruit According to its Level of Ripeness Using Machine Learning Techniques and Different Color Spaces," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 27389–27400, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2898223.
- [3] Dr. Ir. Muhammad Rizwan, MP, *BUDIDAYA KOPI*. CV. AZKA PUSTAKA, 2022.
- [4] H. C. Bazame, J. P. Molin, D. Althoff, and M. Martello, "Detection of coffee fruits on tree branches using computer vision," *Sci. Agric.*, vol. 80, p. e20220064, 2023, doi: 10.1590/1678-992x-2022-0064.
- [5] L. Wu, H. Zhang, R. Chen, and J. Yi, "Fruit Classification using Convolutional Neural Network via Adjust Parameter and Data Enhancement," in *2020 12th International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)*, Dali, China: IEEE, Aug. 2020, pp. 294–301. doi: 10.1109/ICACI49185.2020.9177518.
- [6] Batti, Sartho, and Milda Sibiti. "Intelligent System for Coffee Bean Roast Level Classification Using Electronic Nose and Artificial Neural Network." *Instal: Jurnal Komputer* 16.05 (2024): 187-194.
- [7] R. Raj, S. S. Nagaraj, S. Ritesh, T. A. Thushar, and V. M. Aparanji, "Fruit Classification Comparison Based on CNN and YOLO," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1187, no. 1, p. 012031, Sep. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1187/1/012031.
- [8] L. D. Marks, "Wiener-filter enhancement of noisy HREM images," *Ultramicroscopy*, vol. 62, no. 1–2, pp. 43–52, Jan. 1996, doi: 10.1016/0304-3991(95)00085-2.
- [9] P. Biswas, A. Sufian Sarkar, and M. Mynuddin, "Deblurring Images using a Wiener filter," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 109, no. 7, pp. 36–38, Jan. 2015, doi: 10.5120/19203-0846.
- [10] A. Khireddine, K. Benmahammed, and W. Puech, "Digital image restoration by Wiener filter in 2D case," *Adv. Eng. Softw.*, vol. 38, no. 7, pp. 513–516, Jul. 2007, doi: 10.1016/j.advengsoft.2006.10.001.
- [11] K. Kondo, Y. Ichioka, and T. Suzuki, "Image restoration by Wiener filtering in the presence of signal-dependent noise," *Appl. Opt.*, vol. 16, no. 9, p. 2554, Sep. 1977, doi: 10.1364/AO.16.002554.
- [12] M. A. Latif *et al.*, "Enhanced Classification of Coffee Leaf Biotic Stress by Synergizing Feature Concatenation and Dimensionality Reduction," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 100887–100906, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3314590.
- [13] Justam, Justam, et al. "IoT dan Pengolahan Citra untuk Sistem Pakan Otomatis Udang dalam Kolam Bioflok." *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika (JISTI)* 7.2 (2024): 351-362.
- [14] H. Chen, Z. Cen, C. Wang, S. Lan, and X. Li, "Image restoration via improved Wiener filter applied to optical sparse aperture systems," *Optik*, vol. 147, pp. 350–359, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.ijleo.2017.08.102.
- [15] Justam, Justam, et al. "Sistem Identifikasi Kesegaran Ikan Berbasis Android Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)." *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika (JISTI)* 7.2 (2024): 340-350.
- [16] Umar, S. M., & Justam, J. (2025). Development of a Motor Vehicle Rearview Image Pattern Recognition System for Detection of Traffic Flow Violations on One-Way Roads: Image processing. *Jurnal Media Informatika*, 6(3), 1784-1792.