



Analisis Persentase Area Kerusakan Daun Bawang Menggunakan Model Hybrid Transformer Berbasis SegFormer-TransUNet

<u>INFO PENPULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Muliana Universitas Muhammadiyah Makassar 105841103822@student.unismuh.ac.id Rizki Yusliana Bakti Universitas Muhammadiyah Makassar rizkiyusliana@unismuh.ac.id Muhyiddin AM Hayat Universitas Muhammadiyah Makassar muhyiddin@unismuh.ac.id	ISSN: 3026-3603 Vol. 4, No. 1 April 2026 http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst

© 2026 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Muliana, Bakti, R. Y., & Hayat, M. AM. (2026). Analisis Persentase Area Kerusakan Daun Bawang Menggunakan Model Hybrid Transformer Berbasis SegFormer-TransUNet. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 4 (1), 118-123.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem segmentasi citra untuk menghitung persentase area kerusakan daun bawang menggunakan model hybrid transformer berbasis SegFormer-TransUNet. Permasalahan utama yang diangkat adalah keterbatasan penilaian visual manual yang cenderung subjektif, lambat, dan sulit diterapkan secara konsisten pada skala lahan yang luas. Data penelitian berupa citra daun bawang dan mask anotasi yang memisahkan area daun sehat, daun rusak, dan background. Tahapan penelitian meliputi akuisisi citra, preprocessing, pembentukan label mask, pelatihan tiga skenario model, evaluasi kuantitatif, serta perhitungan persentase kerusakan berbasis rasio piksel. Model hybrid dirancang dengan memanfaatkan SegFormer sebagai encoder untuk menangkap konteks global dan TransUNet sebagai decoder untuk merekonstruksi detail spasial. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model hybrid memperoleh accuracy 0,9590, mIoU 0,8333, dan Dice coefficient 0,8686. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan SegFormer (accuracy 0,9543; mIoU 0,7671; Dice 0,8057) dan TransUNet (accuracy 0,9583; mIoU 0,8145; Dice 0,8509) pada metrik utama segmentasi. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi fitur global dan detail lokal mampu meningkatkan kualitas segmentasi serta menghasilkan dasar kuantitatif untuk estimasi tingkat kerusakan daun bawang.

Kata Kunci: Daun Bawang; Segmentasi Citra, SegFormer, TransUNet, Hybrid Transformer, Persentase Kerusakan

Abstract

This study develops an image segmentation system for estimating the percentage of damaged scallion leaf area using a hybrid transformer model based on SegFormer and TransUNet. The main problem addressed is the limitation of manual visual assessment, which tends to be subjective, time-consuming, and difficult to apply consistently in larger field conditions. The dataset consists of scallion leaf images and annotation masks that separate healthy leaf pixels, damaged leaf pixels, and background. The research stages include image acquisition, preprocessing, mask-label construction, training of three model scenarios, quantitative evaluation, and pixel-ratio-based damage percentage calculation. The hybrid model uses SegFormer as an encoder to capture global contextual features and TransUNet as a decoder to reconstruct spatial details. The evaluation results show that the hybrid model achieved 0.9590 accuracy, 0.8333 mIoU, and 0.8686 Dice coefficient. These scores are higher than SegFormer (0.9543 accuracy, 0.7671 mIoU, 0.8057 Dice) and TransUNet (0.9583 accuracy, 0.8145 mIoU, 0.8509 Dice) on the main segmentation metrics. The findings indicate that integrating global features and local spatial reconstruction improves segmentation quality and provides a quantitative basis for estimating scallion leaf damage.

Keywords: Scallion Leaf, Image Segmentation, SegFormer, TransUNet, Hybrid Transformer, Damage Percentage

A. Pendahuluan

Sektor pertanian masih menjadi penopang penting ekonomi Indonesia, sementara komoditas hortikultura seperti daun bawang memiliki nilai ekonomi yang kuat di wilayah dataran tinggi. Pada konteks budidaya daun bawang, kualitas daun menjadi indikator langsung kesehatan tanaman karena daun merupakan bagian produktif yang dinilai pasar. Kerusakan daun akibat patogen, serangan hama, perubahan warna, bercak, atau pengeringan jaringan dapat menurunkan kualitas panen dan memperbesar risiko kerugian petani.

Masalah yang sering muncul di lapangan adalah proses penilaian kerusakan masih dilakukan secara visual. Cara ini murah, tetapi tidak cukup kuat untuk kebutuhan pertanian presisi karena hasilnya mudah dipengaruhi pengalaman pengamat, kondisi cahaya, dan sudut pandang. Dalam skala lahan yang luas, penilaian manual juga lambat dan sulit menghasilkan ukuran kerusakan yang konsisten. Kelemahan ini menunjukkan perlunya sistem analisis citra yang mampu memberikan hasil objektif pada level piksel.

Segmentasi citra berbasis deep learning menjadi pendekatan yang relevan karena model tidak hanya mengklasifikasikan citra secara keseluruhan, tetapi memetakan area piksel yang termasuk sehat atau rusak. SegFormer menawarkan kemampuan menangkap konteks global melalui encoder Transformer hierarkis, sedangkan TransUNet kuat dalam rekonstruksi spasial melalui struktur decoder dan skip connection. Penggabungan keduanya secara hybrid berpotensi mengurangi kelemahan model tunggal: SegFormer cenderung kuat pada konteks namun dapat kehilangan detail batas, sedangkan TransUNet lebih baik dalam menjaga struktur spasial tetapi membutuhkan representasi global yang kuat.

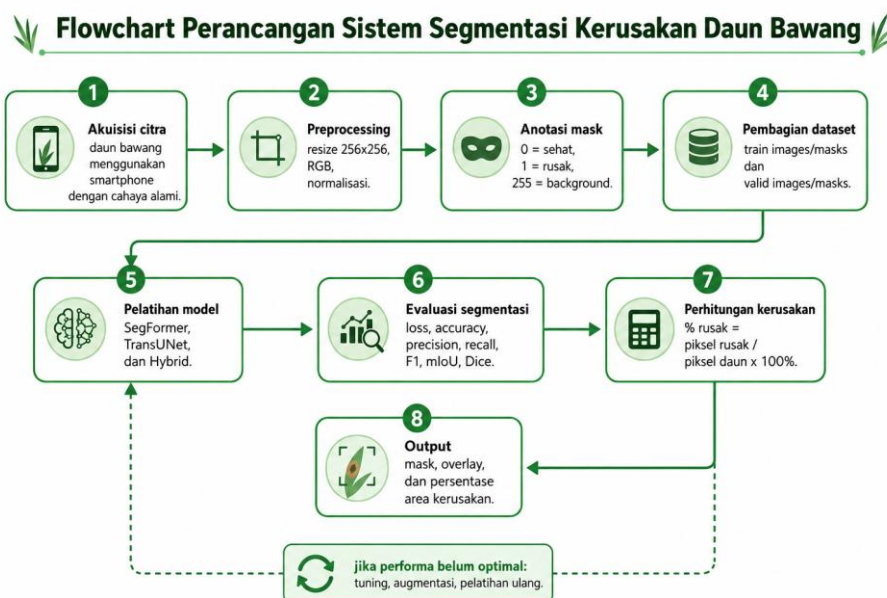
Penelitian ini berfokus pada analisis persentase area kerusakan daun bawang menggunakan model hybrid SegFormer-TransUNet. Kontribusi utama artikel ini adalah merangkum rancangan sistem, arsitektur hybrid, proses evaluasi, serta matriks perbandingan model SegFormer, TransUNet, dan Hybrid untuk menentukan model yang paling layak digunakan dalam estimasi kerusakan daun bawang berbasis citra.

B. Metodologi

Penelitian menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif berbasis computer vision dan deep learning. Pengambilan citra daun bawang dilakukan pada lahan pertanian di Desa Kanreapia, Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa. Citra diambil menggunakan kamera smartphone dengan pencahayaan alami, kemudian dipasangkan dengan mask anotasi sebagai ground truth segmentasi. Perangkat lunak utama yang digunakan meliputi Python, PyTorch, OpenCV, NumPy, Pandas, Scikit-learn, Roboflow, dan Google Colab.

Tahap preprocessing dilakukan dengan membaca citra dalam format BGR, mengubahnya menjadi RGB, melakukan resize ke 256 x 256 piksel, dan menormalisasi nilai piksel ke rentang 0-1. Mask di-resize menggunakan metode INTER_NEAREST agar nilai kelas tidak berubah. Label segmentasi disederhanakan menjadi tiga nilai utama, yaitu 0 untuk daun sehat, 1 untuk daun rusak, dan 255 untuk background yang diabaikan dalam proses evaluasi.

Model yang diuji terdiri atas SegFormer, TransUNet, dan Hybrid SegFormer-TransUNet. SegFormer digunakan sebagai model pembandingan berbasis Transformer untuk segmentasi semantik. TransUNet digunakan sebagai model pembandingan yang menggabungkan representasi Transformer dan proses upsampling. Model hybrid menjadi model utama dengan SegFormer sebagai encoder penangkap fitur global dan TransUNet sebagai decoder yang mempertahankan detail lokal melalui rekonstruksi spasial.



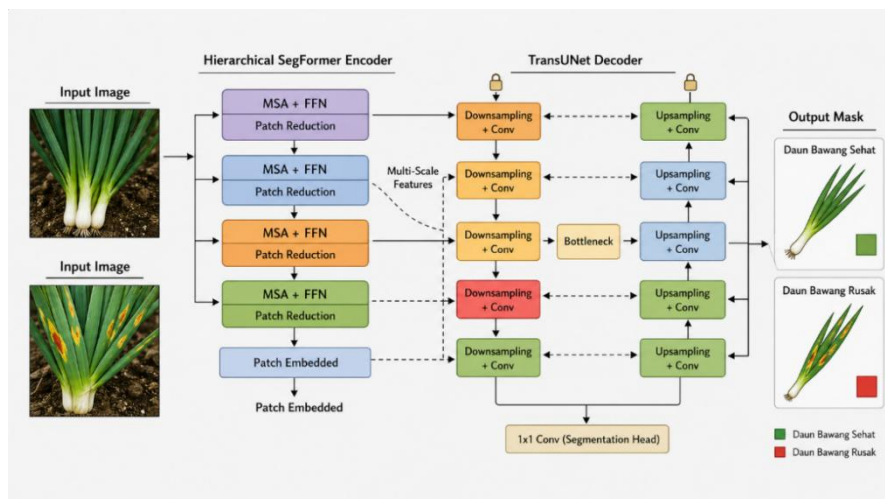
Gambar 1. Flowchart perancangan sistem segmentasi kerusakan daun bawang

Tabel 1. Distribusi Dataset Citra Daun Bawang

No	Jenis Data	Folder Data	Jumlah Data	Keterangan
1	Data latih	train/images dan train_masks	771	Digunakan untuk melatih model
2	Data validasi	valid/images dan valid_masks	104	Digunakan untuk mengevaluasi model

Tabel 2. Label pada Segmentasi Kelas Masker

Label	Kelas	Keterangan
0	Daun sehat	Area daun yang tidak terdeteksi rusak
1	Daun rusak	Area daun yang mengalami kerusakan
255	Background	Area latar belakang yang tidak dihitung dalam evaluasi



Gambar 2. Arsitektur model hybrid SegFormer-TransUNet

Persentase kerusakan dihitung dari jumlah piksel yang diprediksi sebagai daun rusak dibandingkan dengan total piksel daun, tidak termasuk background. Formula yang digunakan adalah: $\text{Persentase kerusakan} = \frac{N_{\text{rusak}}}{(N_{\text{sehat}} + N_{\text{rusak}})} \times 100\%$. Dengan cara ini, output model tidak berhenti pada mask visual, tetapi diterjemahkan menjadi angka yang dapat digunakan sebagai dasar keputusan monitoring tanaman.

C. Hasil dan Pembahasan

Hasil implementasi menunjukkan bahwa ketiga model mampu melakukan segmentasi dua kelas utama, yaitu daun sehat dan daun rusak. Namun, pola performanya tidak identik. SegFormer menunjukkan konvergensi yang relatif stabil dan tidak memperlihatkan indikasi overfitting yang berat, tetapi mIoU akhirnya lebih rendah dibandingkan dua model lain. TransUNet menunjukkan peningkatan mIoU yang lebih kuat dan loss validasi yang lebih rendah, sehingga baik dalam rekonstruksi spasial. Model Hybrid memiliki validation loss yang lebih tinggi, namun menghasilkan mIoU dan Dice tertinggi; ini berarti kualitas overlap segmentasi lebih baik, meskipun masih perlu diwaspadai adanya indikasi overfitting ringan.

Analisis confusion matrix memperlihatkan bahwa SegFormer menghasilkan 469.635 piksel daun rusak yang benar dan 847.367 piksel daun sehat yang benar. TransUNet meningkatkan deteksi daun rusak menjadi 475.322 piksel benar dan daun sehat menjadi 848.476 piksel benar. Model Hybrid mencatat 473.536 piksel daun rusak benar dan 851.822 piksel daun sehat benar. Keunggulan Hybrid terlihat pada total error yang paling rendah dan keseimbangan kesalahan yang lebih baik antara false positive dan false negative.

Matriks perbandingan pada Tabel 4 memperlihatkan bahwa Hybrid unggul pada accuracy, mIoU, dan Dice coefficient. TransUNet masih lebih baik pada F1-score dan validation loss, sehingga klaim bahwa Hybrid mutlak unggul pada semua sisi perlu dihindari. Kesimpulan yang lebih tepat adalah Hybrid menjadi model terbaik untuk kualitas overlap segmentasi dan estimasi area kerusakan, sedangkan TransUNet tetap kompetitif dari sisi stabilitas loss dan F1-score.

Tabel 3. Matriks Perbandingan Pola Error Model

Model	False Positive	False Negative	Total Error	Interpretasi
SegFormer	25.832	25.354	51.186	Error relatif seimbang, tetapi total error tertinggi
TransUNet	20.151	24.418	44.569	Cenderung under-predict area rusak
Hybrid	21.937	21.058	42.995	Total error terendah dan paling seimbang

Tabel 4. Matriks Perbandingan Kinerja Model Segmentasi

Model	Val Loss	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	mIoU	Dice	Catatan
SegFormer	0,5136	0,9543	0,6596	0,6315	0,6296	0,7671	0,8057	Stabil, tetapi overlap segmentasi terendah
TransUNet	0,4774	0,9583	0,6645	0,6464	0,6396	0,8145	0,8509	F1 dan loss lebih baik; kompetitif
Hybrid	1,6648	0,9590	0,6657	0,6436	0,6362	0,8333	0,8686	Accuracy, mIoU, dan Dice tertinggi

Tabel 5. Skenario Analisis Persentase Area Kerusakan

Sampel	Ground Truth	Hasil Penting
1	Daun sehat 0,0%; daun rusak 100,0%	Ketiga model memprediksi kondisi rusak total secara identik dengan ground truth
2	Daun sehat 72,1%; daun rusak 27,9%	Seluruh model cenderung underestimate area rusak; TransUNet paling dekat pada sampel ini
3	Daun sehat 93,1%; daun rusak 6,9%	Selisih prediksi kecil; Hybrid memberi estimasi paling seimbang pada dua kelas

Temuan utama dari analisis persentase area kerusakan adalah bahwa model tidak hanya perlu akurat secara klasifikasi piksel, tetapi juga harus stabil dalam menerjemahkan mask menjadi persentase. Pada kondisi rusak total, seluruh model bekerja sangat baik. Pada kondisi kerusakan parsial, model masih rentan meremehkan area rusak. Hal ini penting karena underestimate lebih berbahaya dalam konteks monitoring pertanian: petani dapat terlambat melakukan tindakan pengendalian jika tingkat kerusakan dibaca lebih rendah daripada kondisi sebenarnya.

D. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang sistem segmentasi kerusakan daun bawang berbasis hybrid SegFormer-TransUNet. Sistem bekerja dengan mengolah citra daun bawang, membentuk label mask, melatih model segmentasi, menghasilkan mask prediksi, dan menghitung persentase area kerusakan berdasarkan rasio piksel rusak terhadap total piksel daun.

Dari sisi performa, model Hybrid memperoleh accuracy 0,9590, mIoU 0,8333, dan Dice coefficient 0,8686, sehingga menjadi model terbaik pada metrik utama yang berhubungan langsung dengan kualitas overlap segmentasi. SegFormer memperoleh accuracy 0,9543, mIoU 0,7671, dan Dice 0,8057, sedangkan TransUNet memperoleh accuracy 0,9583, mIoU 0,8145, dan Dice 0,8509. Dengan demikian, kombinasi encoder SegFormer dan decoder TransUNet terbukti memberi keuntungan terhadap segmentasi area kerusakan daun bawang.

Catatan yang tidak boleh diabaikan adalah nilai validation loss Hybrid masih tinggi, sehingga penelitian lanjutan perlu memperbaiki generalisasi model melalui penambahan dataset, variasi kondisi lapangan, optimasi hyperparameter, augmentasi yang lebih terkontrol, dan pengujian pada perangkat mobile agar sistem benar-benar siap digunakan oleh petani di lapangan.

E. Referensi

Aboelenin, S., Elbasheer, F. A., Eltoukhy, M. M., El-Hady, W. M., & Hosny, K. M. (2025). A hybrid framework for plant leaf disease detection and classification using convolutional neural

- networks and vision transformer. *Complex and Intelligent Systems*, 11(2). <https://doi.org/10.1007/s40747-024-01764-x>
- Chen, J., Lu, Y., Yu, Q., Luo, X., Adeli, E., Wang, Y., Lu, L., Yuille, A. L., & Zhou, Y. (2021). TransUNet: Transformers make strong encoders for medical image segmentation. <http://arxiv.org/abs/2102.04306>
- Chen, J., Mei, J., Li, X., Lu, Y., Yu, Q., Wei, Q., Luo, X., Xie, Y., Adeli, E., Wang, Y., Lungren, M. P., Zhang, S., Xing, L., Lu, L., Yuille, A., & Zhou, Y. (2024). TransUNet: Rethinking the U-Net architecture design for medical image segmentation through the lens of transformers. *Medical Image Analysis*, 97, 103280. <https://doi.org/10.1016/j.media.2024.103280>
- Demilie, W. B. (2024). Plant disease detection and classification techniques: A comparative study of the performances. *Journal of Big Data*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00863-9>
- Elmessery, W. M., Maklakov, D. V., El-Messery, T. M., Baranenko, D. A., Gutiérrez, J., Shams, M. Y., El-Hafeez, T. A., Elsayed, S., Alhag, S. K., Moghanm, F. S., Mulyukin, M. A., Petrova, Y. Y., & Elwakeel, A. E. (2024). Semantic segmentation of microbial alterations based on SegFormer. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1-20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1352935>
- Kusuma, A. C., Fadilah, Z. R., Kamal, R. B., Syukria, I. H., Syifaulhaq, A., & Budiasih, B. (2024). Keterkaitan dan kontribusi sektor pertanian di Indonesia: Analisis input-output. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 8(2), 643-657.
- Lei, L., Yang, Q., Yang, L., Shen, T., Wang, R., & Fu, C. (2024). Deep learning implementation of image segmentation in agricultural applications: A comprehensive review. *Artificial Intelligence Review*, 57(6). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10775-6>
- Mohammadi, M., Mollazade, K., & Behroozi-Khazaei, N. (2025). Under- and over-segmentation: New metrics for image segmentation accuracy measurement. *Array*, 28, 100624. <https://doi.org/10.1016/j.array.2025.100624>
- Polly, R., & Devi, E. A. (2024). Semantic segmentation for plant leaf disease classification and damage detection: A deep learning approach. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100526. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100526>
- Upadhyay, A., Chandel, N. S., Singh, K. P., Chakraborty, S. K., Nandede, B. M., Kumar, M., Subeesh, A., Upendar, K., Salem, A., & Elbeltagi, A. (2025). Deep learning and computer vision in plant disease detection: A comprehensive review of techniques, models, and trends in precision agriculture. *Artificial Intelligence Review*, 58(3). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11100-x>
- Wang, F., Zhang, L., Jiang, T., Li, Z., Wu, W., & Kuang, Y. (2025). An improved SegFormer for semantic segmentation of UAV-based mine restoration scenes. *Sensors*, 25(12), 1-18. <https://doi.org/10.3390/s25123827>
- Xie, E., Wang, W., Yu, Z., Anandkumar, A., Alvarez, J. M., & Luo, P. (2021). SegFormer: Simple and efficient design for semantic segmentation with transformers. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 15, 12077-12090.
- Yeung, M., Sala, E., Schönlieb, C. B., & Rundo, L. (2022). Unified focal loss: Generalising Dice and cross entropy-based losses to handle class imbalanced medical image segmentation. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 95. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2021.102026>