

Deteksi Sel Darah Putih Berdasarkan Citra Mikroskopis Menggunakan Metode Template Matching berbasis Smartphone

Denis Wahyu Rizqullah¹, Barlian Henryranu Prasetyo²

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹deniswahyu26@student.ub.ac.id, ²barlian@ub.ac.id

Abstrak

Dalam era kemajuan teknologi medis, analisis citra sel darah putih menjadi sangat penting untuk diagnosis yang lebih cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sistem yang dapat secara otomatis mengidentifikasi dan mengklasifikasikan empat jenis sel darah putih, yaitu neutrofil, limfosit, monosit, dan eosinofil. Dengan memanfaatkan teknologi pembelajaran mesin, sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses diagnosis, yang sering kali dilakukan secara manual oleh tenaga medis. Metode template matching dipilih karena kemampuannya untuk mencocokkan pola citra dengan akurasi yang baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat memproses citra dalam waktu rata-rata 264,67 ms per gambar, dengan akurasi deteksi mencapai 85% menggunakan empat template. Pengujian lebih lanjut mengidentifikasi nilai ambang batas (threshold) optimal sebesar 0,6, yang memberikan keseimbangan terbaik antara akurasi dan efisiensi. Sistem ini juga menunjukkan performa yang baik dalam mengklasifikasikan jenis sel, dengan kesalahan minimal pada pengenalan sel eosinofil dan neutrofil. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan kualitas layanan kesehatan, terutama di daerah dengan keterbatasan fasilitas medis, serta memperluas aksesibilitas teknologi diagnosis bagi masyarakat.

Kata kunci: *Deteksi sel darah putih, template matching, smartphone, analisis citra, kecerdasan buatan, pembelajaran mesin*

Abstract

In the era of advancing medical technology, the analysis of white blood cell images has become crucial for faster and more accurate diagnoses. This research aims to create a system that can automatically identify and classify four types of white blood cells: neutrophils, lymphocytes, monocytes, and eosinophils. By leveraging machine learning technologies, this system is designed to enhance efficiency and accuracy in the diagnostic process, which is often performed manually by medical personnel. The template matching method was chosen for its ability to match image patterns with good accuracy. Testing results indicate that the system can process images with an average time of 264.67 ms per image, achieving a detection accuracy of 85% using four templates. Further testing identified an optimal threshold value of 0.6, providing the best balance between accuracy and efficiency. The system also demonstrated good performance in classifying cell types, with minimal errors in recognizing eosinophils and neutrophils. This research is expected to make a significant contribution to improving healthcare quality, especially in areas with limited medical facilities, and to expand the accessibility of diagnostic technology for the community.

Keywords: *White blood cell detection, template matching, smartphone, image analysis, artificial intelligence, machine learning.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi analisis sel telah mengalami kemajuan yang signifikan, terutama

dalam penelitian medis dan diagnosis penyakit. Pemahaman pada tingkat sel sangat penting bagi penelitian medis untuk memahami dan mengendalikan penyakit, yang berkaitan dengan

perubahan mekanisme kehidupan (Lin et al., 2020). Menghitung sel, memiliki fungsi penting dalam beberapa tugas biomedis yang berbeda. Menghitung sel secara manual masih dilakukan di beberapa laboratorium, sering kali menggunakan hemocytometer sebagai alat bantu visual. Namun, metode ini rentan terhadap variasi antarpengamat, dan prosesnya melelahkan, memakan waktu, serta tidak praktis saat menggunakan pengujian throughput tinggi. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk menghitung sel secara otomatis (Lavitt et al., 2021).

Seiring dengan berkembangnya teknologi kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin (machine learning), analisis citra medis telah mengalami revolusi yang signifikan. AI dalam bidang kesehatan telah memberikan manfaat yang besar bagi para profesional medis, peneliti, dan pasien (dinkestegalkota, 2023). Teknologi ini memungkinkan pengembangan sistem otomatis yang mampu melakukan identifikasi dan klasifikasi sel dengan lebih cepat dan akurat dibandingkan metode manual. Implementasi Teknologi ini penting dalam dunia kesehatan, karena dapat membantu meringankan beban kerja tenaga medis dan meningkatkan efisiensi dalam proses diagnosis. Namun, meskipun teknologi ini telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, tantangan dalam hal aksesibilitas dan biaya masih menjadi kendala, terutama di daerah-daerah dengan keterbatasan sumber daya.

Salah satu metode yang sering digunakan dalam deteksi objek adalah R-CNN. R-CNN sendiri merupakan yang menggabungkan keunggulan dari jaringan saraf konvolusional (CNN) dengan teknik *region proposal*. Meskipun efektif, algoritma ini memiliki kelemahan signifikan terkait waktu komputasi. Menurut *review paper* yang di tulis oleh Zhao et al. (2019), Metode ini memerlukan ukuran input citra yang tetap, seperti 227×227 piksel, yang mengharuskan perhitungan ulang seluruh jaringan saraf konvolusional (CNN) untuk setiap wilayah yang dievaluasi. Hal ini menyebabkan waktu pelatihan yang lama dan mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan.

Sebagai alternatif, pengembangan sistem deteksi sel darah putih ini akan dikerjakan pada *smartphone* dan menggunakan algoritma

template matching. Template matching sendiri adalah metode yang sederhana dan dapat dengan mudah diterapkan pada berbagai objek hanya dengan mengganti template tanpa memerlukan pelatihan yang intensif (Han, 2021). Selain itu, metode template matching memiliki keunggulan dalam mendeteksi berbagai jenis objek menggunakan satu template, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan fleksibilitas tinggi tanpa perlu melakukan pelatihan ulang untuk setiap jenis objek.

Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem Deteksi Jenis Sel Darah Berdasarkan Citra Menggunakan Metode Template Matching berbasis Smartphone yang mampu mendeteksi jenis sel berdasarkan citra yang diambil menggunakan kamera. Sistem ini diharapkan dapat berfungsi secara efisien dengan perangkat keras yang lebih terjangkau, sehingga dapat digunakan di berbagai lingkungan, termasuk di daerah-daerah dengan keterbatasan fasilitas. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi diagnosis berbasis citra sel, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas layanan kesehatan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem Deteksi Jenis Sel Darah Berdasarkan Citra Menggunakan Metode Template Matching berbasis Smartphone. Metode template matching dipilih karena kesederhanaannya dan kemampuannya untuk diterapkan pada berbagai jenis sel tanpa memerlukan proses pelatihan yang intensif. Keunggulan metode ini terletak pada fleksibilitasnya dalam mendeteksi berbagai objek hanya dengan mengganti template, sehingga sangat sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan adaptasi cepat tanpa perlu melakukan pelatihan ulang untuk setiap jenis sel. Sistem ini dirancang agar smartphone dapat secara efisien menangkap citra sel darah menggunakan kamera bawaan, kemudian memproses citra tersebut untuk mengidentifikasi jenis sel berdasarkan template yang telah ditentukan sebelumnya. Selain itu, penggunaan smartphone sebagai platform utama memungkinkan sistem ini untuk diakses secara luas dan mudah digunakan di berbagai lingkungan, termasuk daerah dengan keterbatasan sumber daya dan fasilitas medis.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi diagnosis berbasis citra sel, serta meringankan beban kerja tenaga medis. Dengan implementasi sistem ini, diharapkan kualitas layanan kesehatan dapat ditingkatkan melalui diagnosis yang lebih cepat dan akurat, serta aksesibilitas teknologi medis yang lebih luas.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

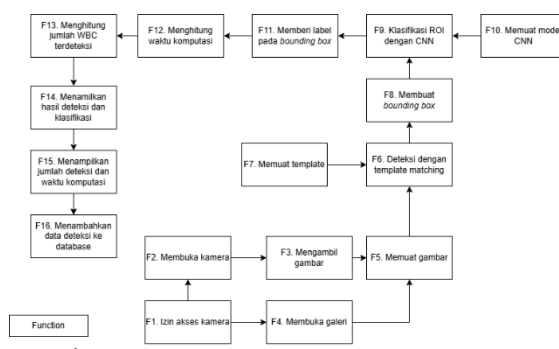
Data sel darah berupa citra mikroskopis yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari kaggle sebagai platform online penyedia dataset. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mengakses laman website kaggle, mencari dataset yang diperlukan, dan mengunduh dataset. Total gambar pada dataset berjumlah 12400 yang dibagi menjadi 70% training, 20% Validasi, dan 10% testing.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini akan dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

- Pengumpulan data waktu komputasi akan dilakukan dengan cara melakukan percobaan terhadap 2 gambar dari masing-masing kelas pada dataset testing.
- Pengumpulan data jumlah template akan dilakukan dengan cara mengambil 1 gambar dari tiap kelas di dataset menjadi template dan dilakukan pengujian untuk melihat waktu komputasi. Jika waktu komputasi masih kurang dari 500 ms maka akan ditambahkan lagi 1 gambar dari masing-masing kelas menjadi template. Cara ini akan terus berulang jika waktu komputasi tidak melebihi 500 ms dan akurasi tidak mengalami penurunan.
- Pengumpulan data threshold akan dilakukan percobaan berulang dengan mengurangi 0,1 pada tiap percobaan dimulai dari 0,8. Jika ditemukan pengurangan akurasi maka nilai threshold akan ditambah 0,05

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1. Perangkat Lunak



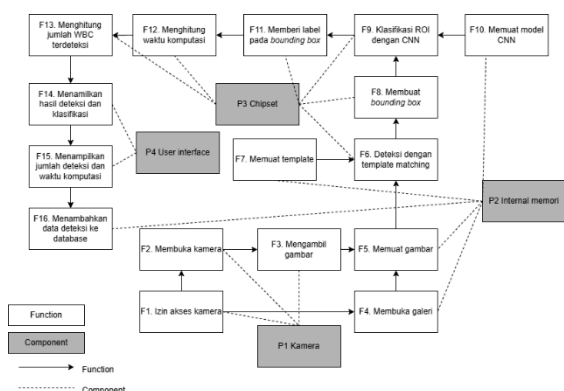
Gambar 1. Arsitektur Fungsional

Diagram arsitektur fungsional pada gambar 1, menggambarkan sistem pemrosesan citra yang dirancang untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan sel darah putih (WBC) dari citra mikroskopis. Di awal proses, sistem memberikan akses kepada pengguna untuk membuka kamera smartphone atau galeri, sehingga pengguna dapat memilih atau mengambil gambar yang diperlukan (F1). Setelah akses diberikan, sistem membuka kamera (F2) untuk mengambil gambar (F3) atau membuka galeri (F4) untuk memilih gambar yang sudah ada. Gambar yang diambil atau dipilih kemudian disimpan untuk pemrosesan lebih lanjut (F5).

Setelah gambar disimpan, sistem melanjutkan dengan deteksi menggunakan algoritma template matching (F6), yang membuatnya mampu mengenali sel berdasarkan template yang telah dimuat (F7). Jika sel terdeteksi, sistem akan menandai area tersebut dengan bounding box untuk menunjukkan lokasi sel yang dikenali (F8). Selanjutnya, sistem menggunakan model Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengklasifikasikan region of interest (ROI) yang telah terdeteksi (F9). Model CNN ini dimuat sebelumnya agar dapat melakukan klasifikasi secara efisien (F10).

Sebagai bagian dari output, sistem memberikan label pada bounding box yang menunjukkan jenis sel yang terdeteksi (F11), serta menghitung waktu komputasi yang diperlukan untuk proses ini (F12). Selain itu, sistem menghitung total jumlah WBC yang terdeteksi (F13) dan menampilkan hasil deteksi serta klasifikasi kepada pengguna (F14). Informasi mengenai jumlah deteksi dan waktu komputasi juga ditampilkan untuk memberikan evaluasi mengenai kinerja sistem (F15). Terakhir, data dan hasil deteksi disimpan ke dalam database untuk keperluan analisis dan referensi di masa mendatang (F16).

3.2. Perangkat Keras



Gambar 2. Arsitektur Alokasi

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa setiap komponen bekerja secara terintegrasi dengan berbagai fungsi yang ditunjukkan dalam diagram. P1 (Kamera) terhubung dengan fungsi untuk membuka kamera (F2) dan mengambil gambar (F3), menyediakan citra yang diperlukan untuk pemrosesan. Gambar yang diambil disimpan dalam P2 (Internal Memori) melalui fungsi menyimpan gambar (F5). Chipset (P3) memproses semua data dan hasil, memberikan dukungan bagi fungsi deteksi dan klasifikasi. User Interface (P4) mendukung interaksi pengguna, memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai tindakan seperti membuka kamera, dan melihat hasil deteksi (F15).

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Waktu Komputasi untuk Deteksi dan Klasifikasi Sel Darah Putih

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur waktu rata-rata yang dibutuhkan sistem deteksi sel darah putih dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan gambar pada dataset uji. Dataset uji terdiri dari gambar yang merepresentasikan empat jenis sel darah putih, yaitu EOSINOPHIL, LYMPHOCYTE, MONOCYTE, dan NEUTROPHIL. Waktu komputasi untuk setiap gambar dicatat dalam satuan milidetik (ms) dan dirata-rata untuk mengetahui efisiensi sistem.

Tabel 1. Hasil Pengujian Waktu Komputasi

Jenis Sel	Waktu Komputasi (ms)
EOSINOPHIL	258,61 & 287,13
LYMPHOCYTE	260,59 & 268,40
MONOCYTE	259,15 & 273,63
NEUTROPHIL	249,38 & 260,46

Dapat dilihat pada tabel 1, menunjukkan total waktu komputasi sebesar 2117,35 ms untuk delapan gambar, menghasilkan waktu rata-rata komputasi sistem sebesar 264,67 ms per gambar. Waktu ini menunjukkan bahwa sistem mampu memproses satu gambar dalam waktu kurang dari 500 ms, yang cukup efisien untuk aplikasi deteksi berbasis citra pada perangkat mobile. Waktu pemrosesan yang cepat ini memungkinkan sistem untuk diimplementasikan pada perangkat dengan kapasitas pemrosesan terbatas, seperti perangkat mobile.

4.2 Pengujian Jumlah Template yang Efisien untuk Optimasi Waktu Komputasi

Tabel 2. Pengujian Template

Template	Rata-rata Waktu Komputasi(ms)
4 Gambar	305,13
8 Gambar	530,86
12 Gambar	774,57

Dari hasil pengujian yang diperoleh pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa hasil pengujian waktu komputasi dan akurasi dari empat jenis sel darah, yaitu Eosinophil, Limphocyte, Monocyte, dan Neutrophil, untuk skenario 4 gambar, 8 gambar, dan 12 gambar. Waktu komputasi mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah gambar: pada 4 gambar, waktu rata-rata adalah 220,51 ms, kemudian meningkat menjadi 530,86 ms pada 8 gambar, dan mencapai 774,57 ms untuk 12 gambar. Berdasarkan data pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan 4 template menjadi jumlah template yang paling efisien untuk digunakan karena memiliki waktu komputasi terbaik dan tidak melebihi 500 ms.

4.3 Pengujian Nilai Threshold yang Efisien untuk Optimasi Akurasi Komputasi

Pengujian ini dilakukan dengan melakukan percobaan berulang untuk memperoleh nilai threshold yang optimal. Pengujian dimulai dari nilai threshold 0,8 dan dilakukan percobaan berulang, dengan setiap perulangan mengurangi 0,1 nilai threshold sampai ditemukan deteksi lebih dari 1. Setelah ditemukan deteksi lebih dari 1, maka nilai threshold itu akan menjadi batas bawah dan batas atas adalah batas bawah ditambah 0,1. Batas bawah kemudian dijumlahkan dengan 0,05 untuk mendapatkan

nilai tengah dari batas bawah dan batas atas. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Nilai Threshold

Nilai Threshold	Akurasi Deteksi (%)
0,8	7,5
0,7	52,5
0,6	85
0,55	75
0,5	70

pengujian nilai threshold yang optimal bertujuan untuk menemukan nilai yang memberikan keseimbangan terbaik antara akurasi deteksi dan efisiensi pengenalan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3, menunjukkan bahwa pada threshold 0,8, akurasi deteksi adalah 7,5%, tetapi dengan mengurangi threshold menjadi 0,7, akurasi meningkat menjadi 52,5%. Akurasi mencapai 85% pada threshold 0,6 dan pada 0,55 mencapai 75%, yang menandakan efisiensi optimal dalam deteksi. Namun, penurunan threshold lebih lanjut ke 0,5 menyebabkan penurunan akurasi menjadi 70%. Berdasarkan data pengujian tersebut, nilai 0,6 dapat dijadikan sebagai nilai threshold yang paling efisien karena memiliki sensitivitas terbaik dengan akurasi 85%.

5. KESIMPULAN

Sistem deteksi dan klasifikasi sel darah putih menggunakan algoritma template matching memiliki waktu rata-rata komputasi sebesar 264,67 ms per gambar, berdasarkan pengujian terhadap delapan gambar dalam dataset uji. Waktu ini menunjukkan bahwa sistem mampu memproses setiap gambar dalam waktu kurang dari 1 detik, yang cukup efisien untuk aplikasi berbasis perangkat mobile. Meskipun efisiensi waktu ini sudah memadai, terdapat ruang untuk optimasi lebih lanjut pada tahap preprocessing atau algoritma utama untuk meningkatkan kecepatan komputasi.

Penggunaan 4 template untuk deteksi sel darah putih terbukti efektif dan efisien, dengan waktu komputasi rata-rata pada 305,13 ms. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi jumlah template yang tepat tidak hanya menjaga keakuratan sistem tetapi juga meminimalkan waktu pemrosesan. Pengujian ini merekomendasikan penggunaan 4 template sebagai jumlah optimal untuk efisiensi sistem.

Nilai threshold 0,6 ditemukan sebagai nilai yang paling efisien untuk sistem ini, memberikan akurasi deteksi yang optimal sebesar 85%. Adanya penurunan akurasi pada threshold yang lebih rendah menegaskan pentingnya pemilihan threshold yang tepat untuk menjaga kinerja sistem. Dengan mengatur nilai threshold yang ideal, sistem dapat mencapai keseimbangan terbaik antara akurasi deteksi dan efisiensi komputasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alkafrawi, I. M. I., & Dakhell, Z. A. (2022). Blood Cells Classification Using Deep Learning Technique. *2022 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICEMIS56295.2022.9914281>
- Almezhghwi, K., & Serte, S. (2020). Improved Classification of White Blood Cells with the Generative Adversarial Network and Deep Convolutional Neural Network. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2020, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2020/6490479>
- Dinas Kesehatan Kota Tegal, (2023). *10 contoh penggunaan teknologi Ai di dunia Kesehatan*. [Online] tersedia di: <<https://dinkes.tegalkota.go.id/berita/detail/10-contoh-penggunaan-teknologi-ai-di-dunia-kesehatan>> [Diakses 27 Agustus 2024]
- Gunawardana, B. R. (2023). Employing Thresholding and Template Rotation to Enhance the Effectiveness of Template Matching Programs. *2023 15th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)*, 60–64. <https://doi.org/10.1109/ICCAE56788.2023.10111421>
- Han, Y. (2021). Reliable Template Matching for Image Detection in Vision Sensor Systems. *Sensors*, 21(24), 8176. <https://doi.org/10.3390/s21248176>
- Hosang, J., Benenson, R., & Schiele, B. (2017). Learning Non-maximum Suppression. *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 6469–6477. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.685>
- Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning.

- Electronic Markets*, 31(3), 685–695.
<https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
- Lavitt, F., Rijlaarsdam, D. J., van der Linden, D., Weglarz-Tomczak, E., & Tomczak, J. M. (2021). Deep Learning and Transfer Learning for Automatic Cell Counting in Microscope Images of Human Cancer Cell Lines. *Applied Sciences*, 11(11), 4912.
<https://doi.org/10.3390/app11114912>
- Lee, H., Lee, J.-S., & Choi, H.-C. (2021). Parallelization of Non-Maximum Suppression. *IEEE Access*, 9, 166579–166587.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3134639>
- Lin, W. N., Tay, M. Z., Lu, R., Liu, Y., Chen, C.-H., & Cheow, L. F. (2020). The Role of Single-Cell Technology in the Study and Control of Infectious Diseases. *Cells*, 9(6), 1440.
<https://doi.org/10.3390/cells9061440>
- Meimban, R. J., Ray Fernando, A., Monsura, A., Ranada, J., & Apduhan, J. C. (2018). Blood Cells Counting using Python OpenCV. *2018 14th IEEE International Conference on Signal Processing (ICSP)*, 50–53.
<https://doi.org/10.1109/ICSP.2018.8652384>
- Navya, K. T., Prasad, K., & Singh, B. M. K. (2021). Classification of blood cells into white blood cells and red blood cells from blood smear images using machine learning techniques. *2021 2nd Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)*, 1–4.
<https://doi.org/10.1109/GCAT52182.2021.9587524>
- Pasaribu, T. S. M. (2021). Pengenalan Karakter Huruf Hiragana Menerapkan Metode Template Matching Correlation. *Pelita Informatika: Informasi Dan Informatika*, 9(4), 303–307.
- Wang, Z. J., Turko, R., Shaikh, O., Park, H., Das, N., Hohman, F., Kahng, M., & Polo Chau, D. H. (2021). CNN Explainer: Learning Convolutional Neural Networks with Interactive Visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(2), 1396–1406.
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3030418>
- Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K. G., & Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights into Imaging*, 9(4), 611–629.
<https://doi.org/10.1007/s13244-018-0639-9>
- Zhao, R., & Lu, B. (2023). Flexible template matching for observational study design. *Statistics in Medicine*, 42(11), 1760–1778. <https://doi.org/10.1002/sim.9698>
- Zhao, Z.-Q., Zheng, P., Xu, S.-T., & Wu, X. (2019). Object Detection With Deep Learning: A Review. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 30(11), 3212–3232.
<https://doi.org/10.1109/TNNLS.2018.2876865>