

Identifikasi Ukuran Luas Tanah dengan Mengimplementasikan Metode Transformasi Watershed

¹Yoga Saputra, ²Yovi Apridiansyah, ³Ardi Wijaya

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Indonesia

[1spryoga07@gmail.com](mailto:spryoga07@gmail.com); [2yoviapridiansyah@umb.ac.id](mailto:yoviapridiansyah@umb.ac.id); [3ardiwijaya@umb.ac.id](mailto:ardiwijaya@umb.ac.id);

Article Info

Article history:

Received, 2024-05-30

Revised, 2024-06-03

Accepted, 2024-06-10

Kata Kunci:

metode_transformasi_watershed
pengukuran_luas_tanah
citra_satelit

Keywords:

watershed_transformation_method
land_area_measurement
satellite_images

ABSTRAK

Studi ini membahas penerapan metode transformasi watershed untuk mengukur luas tanah pada citra satelit, dengan tujuan meningkatkan akurasi pengukuran yang penting untuk aplikasi seperti pertanian, pengembangan perkotaan, dan konservasi alam. Metode konvensional sering memakan waktu dan membutuhkan sumber daya yang besar. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan pendekatan yang lebih efisien dan cepat dalam memproses data citra satelit. Proses dimulai dengan pengumpulan dan pre-processing data citra satelit untuk meningkatkan kualitas citra. Transformasi watershed diterapkan untuk segmentasi citra, dipilih karena kemampuannya dalam memisahkan objek berdasarkan kontur intensitasnya, yang efektif dalam membedakan area tanah dari elemen lain dalam citra satelit. Pengukuran luas tanah dilakukan berdasarkan hasil segmentasi. Evaluasi dilakukan melalui analisis akurasi dan perbandingan dengan data referensi, menunjukkan presisi 100%, recall 80%, dan akurasi 95% dari 20 sampel data. Hasil ini menunjukkan bahwa metode transformasi watershed dapat digunakan secara efektif untuk mengukur luas tanah pada citra satelit dengan akurasi tinggi. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknik pengukuran luas tanah yang lebih efisien dan andal di masa depan.

ABSTRACT

This study discusses the application of the watershed transformation method to measure land area using satellite imagery, aiming to improve measurement accuracy, which is crucial for applications such as agriculture, urban development, and nature conservation. Conventional methods are often time-consuming and resource-intensive. Therefore, this study develops a more efficient and faster approach to processing satellite imagery data. The process begins with the collection and pre-processing of satellite imagery data to enhance image quality through sharpening techniques, noise reduction, and radiometric correction. The watershed transformation is applied for image segmentation, chosen for its ability to separate objects based on intensity contours, effectively distinguishing land areas from other elements in satellite imagery. Land area measurement is then conducted based on the segmentation results. Evaluation through accuracy analysis and comparison with reference data shows 100% precision, 80% recall, and 95% accuracy from 20 data samples. These results demonstrate that the watershed transformation method can be effectively used to measure land area in satellite imagery with high accuracy. This study is expected to contribute to the development of more efficient and reliable land area measurement techniques in the future.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) license.



Penulis Korespondensi:

Yovi Apridiansyah,
Program Studi Teknik Informatika,
Universitas Muhammadiyah Bengkulu,
Email: yoviapridiansyah@umb.ac.id

1. PENDAHULUAN

Tanah adalah lapisan bumi paling luar yang memiliki arti penting baik secara fisik maupun hukum. Dalam konteks hukum, tanah dapat dimiliki dan dibatasi oleh warga negara Indonesia atau asing yang tinggal di Indonesia[1]. Berbagai aktivitas manusia seperti pertanian, pemukiman, penambangan, dan rekreasi dapat mengubah kondisi tanah. Perubahan ini bisa diidentifikasi dengan metode konvensional maupun melalui citra satelit dari Google Earth[2]. Pengukuran luas tanah merupakan informasi dasar yang esensial dalam berbagai keputusan strategis di banyak bidang. Keakuratan dalam pengukuran ini sangat penting untuk memastikan perencanaan dan pengelolaan yang tepat.

Di era revolusi industri 4.0, pengolahan data citra satelit menjadi penting karena memerlukan pemrosesan data gambar dalam jumlah besar agar informasi dapat diperoleh dengan cepat. Metode konvensional tidak lagi memadai karena membutuhkan waktu lama untuk mengunduh dan memproses data citra satelit[3]. Citra satelit adalah teknik memperoleh informasi tentang objek, area, atau fenomena melalui analisis data tanpa kontak langsung dengan objek tersebut. Komponen dasar citra satelit mencakup sumber energi, atmosfer, interaksi energi dengan permukaan bumi, sensor, sistem pemrosesan data, dan berbagai aplikasi data[4]. Penerapan teknologi citra satelit memungkinkan penghitungan luas tanah secara akurat. Teknik ini melibatkan penghitungan jumlah piksel pada area tersegmentasi dan perbandingan antara jumlah piksel objek dengan latar belakang untuk mengetahui ukuran asli objek[5].

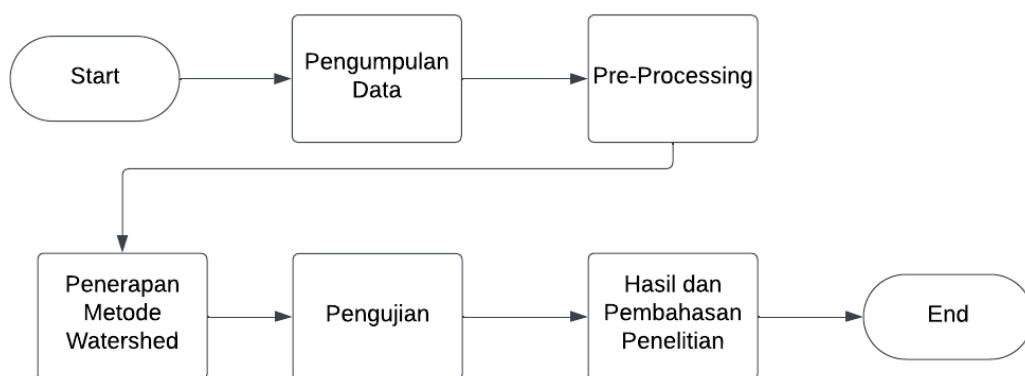
Penggunaan citra satelit untuk pengukuran luas tanah menghadapi beberapa tantangan, salah satunya adalah pemanfaatan Big Data dan analisis yang tepat[6]. Salah satu aplikasi citra satelit adalah menghitung luas tanaman padi di lahan irigasi menggunakan citra satelit optik dan cloud computing melalui platform Google Earth Engine (GEE)[7].

Penelitian ini menggunakan metode transformasi watershed untuk mengukur luas tanah di Provinsi Bengkulu. Pemilihan metode ini diperkuat dengan beberapa alasan yaitu, bahwa metode transformasi watershed menghasilkan akurasi pengukuran yang lebih tinggi dibandingkan metode lain[8]. Data citra satelit terbukti lebih cepat dalam memproses[9]. Metode transformasi watershed mampu memisahkan batas-batas objek dengan lebih baik di area dengan tutupan lahan yang kompleks, seperti area perkotaan dan pedesaan[10]. Penelitian lain yang serupa, menunjukkan hasil yang akurat dengan metode transformasi watershed[11]. Pemilihan metode transformasi watershed untuk mengukur luas lahan di Provinsi Bengkulu didasari pada akurasi yang tinggi, efisiensi, kecocokan untuk area kompleks, dan hasil penelitian yang serupa.

Penelitian mengenai pengolahan citra satelit untuk mengukur luas lahan di Provinsi Bengkulu bertujuan untuk menganalisis dan mengidentifikasi luas tanah di wilayah tersebut. Luas lahan tanah yang terdapat di wilayah Provinsi Bengkulu dapat kita analisis maupun diidentifikasi dengan pengolahan citra satelit. Penelitian ini melakukan pengolahan citra digital berupa citra satelit dari lahan tanah di wilayah yang terdapat di Provinsi Bengkulu untuk diukur luasnya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah metode transformasi *watershed* dapat mengukur luas tanah. Secara sederhana proses penelitian yang dilakukan dapat dilakukan seperti pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan pertama penelitian dilakukan dengan memulai pengumpulan data citra satelit yang relevan dengan wilayah studi dari sumber data yang terpercaya seperti *google earth*. *Google Earth Engine* merupakan sebuah teknologi yang telah menerapkan prinsip pembelajaran mesin pada bidang ilmu citra satelit [12]. Data yang dikumpulkan mencakup citra satelit yang memiliki resolusi spasial yang memadai dan cakupan wilayah yang sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 2. Citra Asli

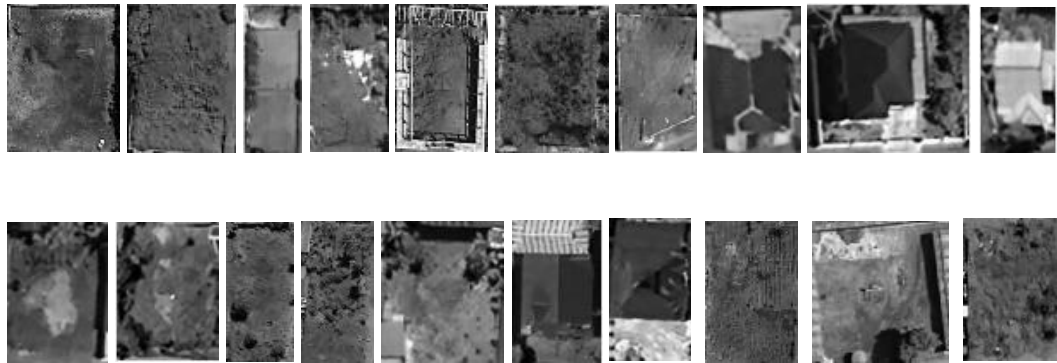
Tabel 1. Dataset Tanah

DataSet	Luas
Tanah1	3.574,35 m ²
Tanah2	1.240,64 m ²
Tanah3	1.118,68 m ²
Tanah4	663,23 m ²
Tanah5	1.790,14 m ²
Tanah6	3.836,93 m ²
Tanah7	601,89 m ²
Tanah8	169,77 m ²
Tanah9	512,75 m ²
Tanah10	155,19 m ²
Tanah11	332,07 m ²
Tanah12	352,67 m ²
Tanah13	1.020 m ²
Tanah14	1.099,21 m ²
Tanah15	518,72 m ²
Tanah16	429,73 m ²
Tanah17	402,7 m ²
Tanah18	2.788,68 m ²
Tanah19	3.574,35 m ²
Tanah20	1.240,64 m ²

Tahapan kedua, dilakukan *pre-processing* data untuk mempersiapkan citra satelit sebelum dilakukan analisis ke tahap selanjutnya. *Pre-processing* menerapkan langkah-langkah untuk menghilangkan *noise*, meningkatkan kontras, dan memperbaiki kualitas citra. Teknik-teknik seperti penyesuaian kontras dan pengurangan *noise* diterapkan untuk memperbaiki kualitas citra. *Pre-processing* ini dimulai dari *grayscale-thresholding* yang dilakukan sebelum menerapkan metode transformasi *watershed*.

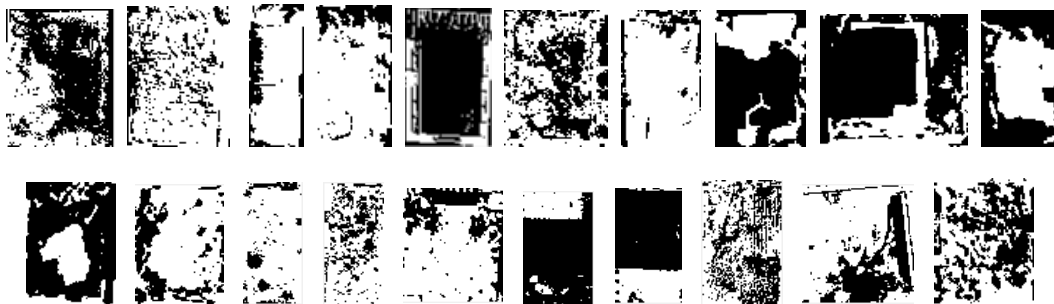
Gambar skala abu-abu (*Grayscale*) adalah gambar yang hanya memiliki satu warna yaitu abu-abu. Gambar skala abu-abu berasal dari gambar berwarna (RGB) yang diproses dalam ruang warna sehingga

warnanya berubah menjadi abu-abu. Mengubah gambar RGB ke skala abu-abu melibatkan penyembunyian informasi warna saat memproses elemen gambar [13].



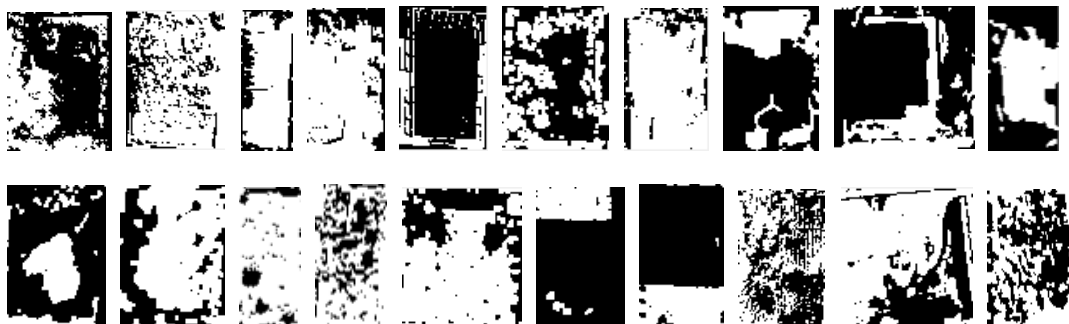
Gambar 3. Citra *Grayscale*

Citra Biner merupakan setiap piksel yang terdiri dari warna hitam atau putih, karena setiap piksel hanya mempunyai 2 warna, maka dari keseluruhan piksel hanya memerlukan 1 bit untuk setiap piksel (0 dan 1) ataupun untuk 8 bit (0 dan 255) [14].



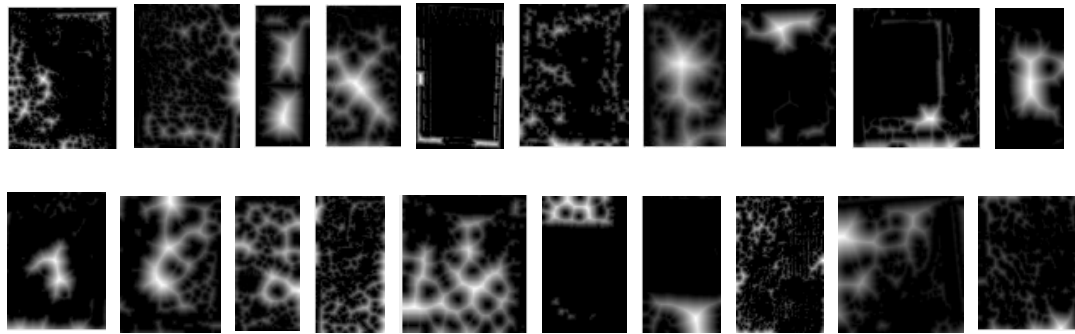
Gambar 4. Citra Biner

Morfologi opening merupakan operasi dasar untuk pengolahan citra biner yang meliputi 2 tahap yaitu erosi dan dilasi. Pada tahapan erosi, elemen struktur kecil dipindahkan pada gambar yang dapat memperkecil ukuran sebuah objek serta dapat menghilangkan *noise* kecil. Selanjutnya, pada tahapan dilasi, elemen struktur serupa dipindahkan agar dapat memperbesar objek serta mengisi bagian-bagian kecil yang tidak terlihat [15].



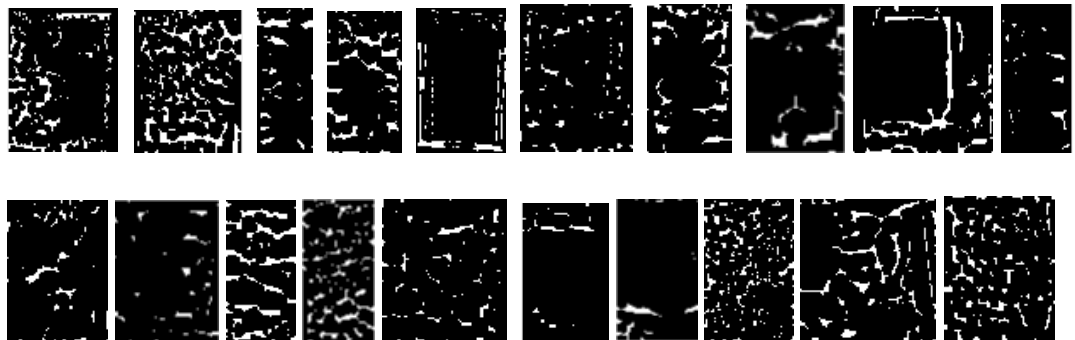
Gambar 5. Citra *Opened Image*

Segmentasi *watershed* didasarkan pada proses morfologi yang dikombinasikan dengan transformasi jarak. Transformasi jarak suatu citra biner adalah jarak antara setiap piksel penyusun objek, piksel hitam, dan piksel putih terdekat. Pada citra biner hanya terdapat dua tingkat keabuan yaitu 0 dan 1 [16].



Gambar 6. Citra *Distance Image*

Metode *Threshold* merupakan metode sederhana untuk mengubah citra skala abu-abu (*grayscale*) menjadi citra biner. Gambar biner adalah gambar digital yang mempunyai 2 piksel yaitu warna hitam dan warna putih [17].

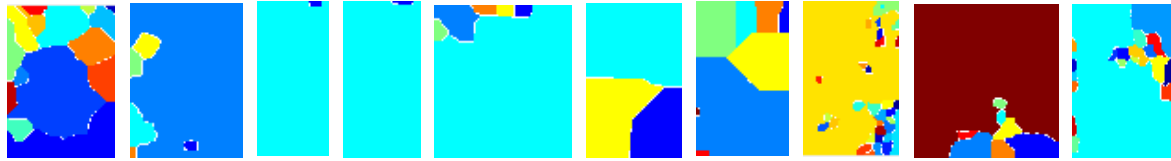


Gambar 7. Citra *Thresholding*

Tahapan ketiga, dilakukan penerapan transformasi *watershed* untuk segmentasi citra dan pengukuran luas tanah. Transformasi *watershed* merupakan salah satu metode segmentasi citra berdasarkan konsep geografis. Transformasi *watershed* banyak digunakan untuk mensegmentasi objek yang bersentuhan atau tumpang tindih [18]. *Watershed* ialah tool dalam morfologi matematis berguna dalam segmentasi dapat dimanfaatkan di bidang citra satelit yang dapat diketahui ketinggian/kontur suatu wilayah [19].

Citra pre-processing diubah menjadi citra gradien intensitas untuk mengidentifikasi daerah potensial objek. Selanjutnya, transformasi jarak diterapkan untuk menentukan daerah yang berpotensi menjadi objek. Citra transformasi jarak kemudian dijadikan input untuk algoritma transformasi *watershed*.





Gambar 8. Citra Transformasi *Watershed*

Tahapan keempat dilakukan pengujian, pengujian adalah langkah penting dalam metodologi penelitian untuk mengidentifikasi ukuran luas tanah menggunakan metode transformasi *watershed*. Tahap ini bertujuan untuk memastikan keakuratan dan keandalan metode yang diterapkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dataset gambar citra satelit yang telah diketahui ukuran luas tanahnya sebagai pembandingan.

Tabel 2. Pengujian

Data set	Luas Tanah Asli	Luas Tanah Transformasi Watershed
Tanah1	3.574,35 m ²	22468.25 m ²
Tanah2	1.240,64 m ²	45049.75 m ²
Tanah3	1.118,68 m ²	4229 m ²
Tanah4	663,23 m ²	31747.75 m ²
Tanah5	1.790,14 m ²	17045 m ²
Tanah6	3.836,93 m ²	413 m ²
Tanah7	601,89 m ²	2883.5 m ²
Tanah8	169,77 m ²	24557.75 m ²
Tanah9	512,75 m ²	35953.25 m ²
Tanah10	155,19 m ²	8361.75 m ²
Tanah11	332,07 m ²	22861 m ²
Tanah12	352,67 m ²	430.5 m ²
Tanah13	1.020 m ²	107.5 m ²
Tanah14	1.099,21 m ²	84.5 m ²
Tanah15	518,72 m ²	7501.25 m ²
Tanah16	429,73 m ²	2976.5 m ²
Tanah17	402,7 m ²	24076 m ²
Tanah18	2.788,68 m ²	6210.75 m ²
Tanah19	831,01 m ²	2523 m ²
Tanah20	878,79 m ²	4446.25 m ²

Tahapan Akhir, setelah proses pengujian selesai dilakukan analisis terhadap hasil yang diperoleh. Hasil segmentasi dievaluasi berdasarkan akurasi segmentasi dan kesesuaian dengan data referensi yang tersedia. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dan potensi metode transformasi *watershed* yang diimplementasikan. Langkah ini berguna untuk mengetahui tata cara melakukan suatu penelitian untuk mengetahui apakah sistem dapat digunakan untuk mengukur tingkat hubungan antara luas yang diukur dengan metode *watershed* dengan luas dari data referensi.

3. HASIL DAN ANALISIS

Setelah menerapkan metode watershed, dilakukan pengujian dan analisis hasil untuk mengevaluasi akurasi segmentasi dan kesesuaian dengan data referensi. Berdasarkan threshold 10.000 m², dibuat confusion matrix untuk mengevaluasi hasil prediksi dengan perhitungan berikut:

- True Positive (TP): Jika nilai prediksi dan nilai aktual sama-sama positif (luas > 10,000 m²)
- True Negative (TN): Jika nilai prediksi dan nilai aktual sama-sama negatif (luas ≤ 10,000 m²)
- False Positive (FP): Kasus yang prediksinya positif namun nilai aktualnya negatif
- False Negative (FN): Kasus yang prediksinya negatif namun nilai aktualnya positif

Tabel 3. Hasil Pengujian

Data Pengujian	TP	TN	FP	FN
Tanah 1	✓			
Tanah 2	✓			
Tanah 3		✓		
Tanah 4	✓			
Tanah 5	✓			
Tanah 6		✓		
Tanah 7		✓		
Tanah 8	✓			
Tanah 9	✓			
Tanah 10		✓		
Tanah 11	✓			
Tanah 12		✓		
Tanah 13		✓		
Tanah 14		✓		
Tanah 15		✓		
Tanah 16		✓		
Tanah 17	✓			
Tanah 18				✓
Tanah 19		✓		
Tanah 20		✓		

Dari data di atas, kita mendapatkan:

- TP: 8 (Tanah1, Tanah2, Tanah4, Tanah5, Tanah8, Tanah9, Tanah11, Tanah17)
- TN: 11 (Tanah3, Tanah6, Tanah7, Tanah10, Tanah12, Tanah13, Tanah14, Tanah15, Tanah16, Tanah19, Tanah20)
- FP: 0
- FN: 1 (Tanah18)

$$\begin{aligned} \text{Precision} &= \frac{TP}{TP+FP} \\ &= \frac{8}{8+0} = 1.0 = 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Recal} &= \frac{TP}{TP + FN} \\ &= \frac{8}{8+1} = 0.8 = 80\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Akurasi} &= \frac{\text{Jumlah Predksi Benar}}{\text{Jumlah Total Data}} \\ &= \frac{8+11}{8+11+0+1} = 0.95 = 95\%\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa metode transformasi watershed berhasil melakukan pengukuran luas tanah dengan tingkat akurasi yang tinggi yaitu 100%, recall 80% dan presisi 95% serta dapat tergolong berhasil dalam pengukurannya. Tingkat keberhasilan tergolong berhasil jika nilai akurasi mencapai 70% atau lebih, dan pada penelitian ini tingkat yang diperoleh dari 20 kali percobaan mencapai 80%.

Perhitungan ini memberikan gambaran tentang kinerja model klasifikasi yang diterapkan pada kumpulan data ini. Presisi menunjukkan seberapa baik model kita memprediksi kategori positif, recall menunjukkan seberapa baik model kita menangkap semua contoh positif, dan presisi menunjukkan seberapa sering model kita membuat prediksi yang akurat.

Secara keseluruhan, metode transformasi watershed memiliki potensi besar dalam mengidentifikasi dan mengukur luas tanah dari citra satelit dan dapat digunakan sebagai alat yang efektif dalam pengelolaan lahan dan perencanaan tata ruang.

4. KESIMPULAN

Metode transformasi watershed memiliki potensi yang cukup baik dalam mengatasi masalah identifikasi dan pengukuran luas tanah. Dengan tingkat akurasi yang tinggi, termasuk precision 100% dan akurasi 95%, metode ini menunjukkan kemampuannya dalam memberikan solusi yang akurat dan dapat diandalkan untuk manajemen lahan serta konservasi lingkungan. Namun, adanya recall sebesar 80% menunjukkan bahwa masih ada tantangan yang perlu diatasi, seperti meningkatkan resolusi data atau pengembangan algoritma yang lebih canggih untuk mendeteksi area yang tidak teridentifikasi. Dengan demikian, meskipun metode transformasi watershed telah memberikan hasil yang memuaskan, penelitian selanjutnya perlu fokus pada meningkatkan keberhasilan recall untuk mencapai tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam identifikasi dan pengukuran luas tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Bapak Ardi Wijaya S.Kom., M.Kom, Bapak Yovi Apriadiansyah S.Kom., M.Kom, keluarga, dan teman-teman atas dukungan dan bimbingannya selama penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. R. Ramadhan, F. Muntaqo, and I. R. RS, "Penertiban Tanah Terlantar Dalam Rangka Penatagunaan dan Pemanfaatan Tanah," *J. Ilm. Huk. Kenotariatan*, vol. 11, no. 1, pp. 92–103, 2022, doi: 10.28946/rpt.v11i1.1799.
- [2] I. Ayu Puspita Sari Sp and S. Yusuf Irianto, "Monitoring Land Surface Condition Toward Pesawaran District Using Watershed Segmentation Method," *Technol. Accept. Model*, vol. 11, no. 2, pp. 80–86, 2020.
- [3] A. A. FIKRI, "Pemanfaatan Citra Satelit Multi-Sensor Dalam Pemantauan Tutupan Lahan Di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman," 2022, [Online]. Available: [http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/47107%0Ahttp://repository.lppm.unila.ac.id/47107/1/AdhiAuliyaFikri-SKRIPSI FULL TANPA BAB PEMBAHASAN.pdf](http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/47107%0Ahttp://repository.lppm.unila.ac.id/47107/1/AdhiAuliyaFikri-SKRIPSI%20FULL%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN.pdf)
- [4] D. Afasel, R. Purnamasari, and Edwar, "Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Supervised Machine Learning Pada Citra Satelit Menggunakan Google Earth Engine," *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 6, p. 3281, 2022.
- [5] M. Oni, B. Kanata, and D. Ratnasari, "MENENTUKAN LUAS OBJEK CITRA DENGAN TEKNIK

- SEGMENTASI BERDASARKAN WARNA PADA RUANG WARNA HSV Determining the Image Object Area Using Color-Based Segmentation Technique in HSV Color Space,” vol. 8, no. 2, pp. 137–146, 2021.
- [6] D. W. Triscowati, W. P. Buana, and A. H. Marsuhandi, “Mapping Corn Land Potential Using Satellite Imagery and Random Forest on Cloud computing Google Earth Engine,” *Semin. Nas. Off. Stat.*, vol. 2021, no. 1, pp. 1001–1011, 2021, [Online]. Available: <https://prosiding.stis.ac.id/index.php/semnasoffstat/article/view/889>
- [7] A. G. Koto, H. A. Koto, and T. Dangkoa, “Spasial Luas Tanam Padi Sawah Irigasi Berdasarkan Citra Satelit Optis,” *J. Teknol. Pertan. Gorontalo*, vol. 8, no. 2, pp. 63–69, 2023, doi: 10.30869/jtpg.v8i2.1268.
- [8] M. F. ZUANDI, “Deteksi Citra Granuloma Pada Radiograf Periapikal dengan Metode Watershed dan Klasifikasi Support Vector Machine,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 409–417, 2018, [Online]. Available: <https://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/142392/deteksi-citra-granuloma-melalui-radiograf-periapikal-dengan-metode-gabor-dan-klasifikasi-support-vector-machine.html>
- [9] A. Mahfudhoh, “Pemanfaatan Penginderaan Jauh Untuk Mengidentifikasi,” *Geografi*, vol. XX Nomor X, no. March, pp. 0–7, 2022, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Ahmad-Gilang-Surya-Ramadhan/publication/359506769_PEMANFAATAN_PENGINDERAAN_JAUH_UNTUK_MENGIDENTIFIKASI_PENGGUNAAN_LAHAN_PADA_PEMBANGUNAN_BANDARA_DI_KABUPATEN_KEDIRI/links/6241534d8068956f3c539d16/PEMANFAATAN-PENGINDERA
- [10] D. S. Alham and D. Herumurti, “Segmentasi Dan Perhitungan Sel Darah Putih Menggunakan Operasi Morfologi Dan Transformasi Watershed,” *INFORMAL Informatics J.*, vol. 4, no. 2, p. 59, 2019, doi: 10.19184/isj.v4i2.13347.
- [11] T. R. Fariz, F. Daeni, and H. Sultan, “Pemetaan Perubahan Penutup Lahan Di Sub-DAS Kreo Menggunakan Machine Learning Pada Google Earth Engine,” *J. Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 8, no. 2, pp. 85–92, 2021, doi: 10.21776/ub.jsal.2021.008.02.4.
- [12] B. Sukoco, F. Teknik, U. Lampung, and B. Lampung, “Kajian pemanfaatan teknologi google earth engine untuk bidang penginderaan jauh,” 2022.
- [13] A. Fadjeri, A. M. Asroriyah, and A. Rahmawati, “Analisis Teks Bahasa Indonesia Dan Inggris Dari Sebuah Citra Menggunakan Pengolahan Citra Digital,” *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 10, no. 2, p. 42, 2022, doi: 10.30646/tikomsin.v10i2.650.
- [14] P. Studi *et al.*, “PENGAMANAN CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE BIT-PLANE COMPLEXITY SEGMENTATION (BPCS) Disusun dan diajukan oleh: REDHA KAMILUL INSAN METODE BIT-PLANE COMPLEXITY SEGMENTATION (BPCS) REDHA KAMILUL INSAN,” 2023.
- [15] M. Muchtar and R. Riska, “Deteksi Area Kerusakan Pada Citra Terumbu Karang Akibat Coral Bleaching Berbasis Pengolahan Citra Digital,” *J. Innov. Futur. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–12, 2023, doi: 10.47080/iftech.v5i2.2701.
- [16] Z. Prasasti, Wilis, “Segementasi Citra Menggunakan Metode Watershed Transform dengan Kombinasi Thershold, HSV, Grayscale dan Morphology Untuk Mendeteksi Sebaran API,” *Ejournal.Uin-Suska.Ac.Id*, vol. 19, no. 1, pp. 49–54, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/14880>
- [17] Z. Zulfachmi, Muhammad Rizky Fatahillah, and Samuel Belman Silalahi, “Analisis Keretakan Permukaan Jalan Menggunakan Fitur Thresholding, Median Filter, dan Teknik Morfologi,” *J. Bangkit Indones.*, vol. 13, no. 1, pp. 33–39, 2024, doi: 10.52771/bangkitindonesia.v13i1.277.
- [18] G. J. Author, “Aplikasi Transformasi Watershed untuk Segmentasi Objek Bersentuhan dan Overlapping,” vol. 13519096, 2023.
- [19] J. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember Alamat Korespondensi and J. Karimata, “PEMANFAATAN CITRA TOPOGRAFI MENGGUNAKAN TRANSFORMASI WATERSHED PADA DAS YANG RAWAN BENCANA ALAM Image Utilization Topography Using Watershed Transformation In Watersheds Natural Disaster Prone Muhtar”, [Online]. Available: www.mathworks.com,