

TEKNIK SISTEM INFORMASI GEOGRAFI (SIG) UNTUK EVALUASI KEMAMPUAN LAHAN SEBAGAI JALUR OPERASI PERTAHANAN (Studi : Kawasan DAS Serang Kulon Progo D I Yogyakarta)

A.K.A. Agustinus

Prodi Teknik Sipil Pertahanan, Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1 Magelang
Jawa Tengah
augoestinoesdoctor@gmail.com

ABSTRAK

Evaluasi kemampuan lahan di kawasan strategis pertahanan memerlukan pendekatan analisis spasial yang akurat dan efisien. Penelitian ini mengintegrasikan teknik Sistem Informasi Geografi (SIG) dengan interpretasi citra penginderaan jauh untuk mengevaluasi kemampuan lahan sebagai determinan utama jalur operasi pertahanan di DAS Serang, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Metodologi penelitian menggabungkan survei lapangan, analisis *overlay multi-parameter* menggunakan ArcGIS 10.8, dan skoring berbasis kriteria kemampuan lahan. Parameter yang dianalisis mencakup kemiringan lereng, jenis tanah, penggunaan lahan, kepekaan erosi, dan aspek taktis medan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa DAS Serang terdiri dari lima kelas kemampuan lahan (III, IV, VI, VII, dan VIII) yang tersebar tidak merata. Dominasi lahan kelas VIII (36,27%) dan IV (25,84%) menunjukkan keterbatasan kapasitas untuk operasi pertahanan konvensional. Analisis *overlay* terhadap lima aspek medan taktis (medan kritik, lapangan tinjau dan tembak, lindung tinjau dan tembak, jalan pendekat, dan rintangan) mengidentifikasi dua rute operasi optimal dengan tingkat keamanan tertinggi. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi SIG dengan parameter pertahanan dapat meningkatkan efisiensi perencanaan operasi pertahanan sebesar 82,4% dibandingkan metode konvensional. Rekomendasi penelitian mencakup penghijauan pada lahan kelas VI-VIII dan pengembangan infrastruktur jalan untuk mendukung mobilitas operasional.

Kata-kunci: aspek medan taktis; DAS Serang; kemampuan lahan; sistem informasi geografi

ABSTRACT

Evaluating land capability in strategic defense areas requires an accurate and efficient spatial analysis approach. This study integrates Geographic Information System (GIS) techniques with remote sensing image interpretation to assess land capability as a primary determinant for defense operation routes in the Serang Watershed, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta. The methodology combines field surveys, multi-parameter overlay analysis using ArcGIS 10.8, and scoring based on land capability criteria. Analyzed parameters include slope gradient, soil type, land use, erosion susceptibility, and tactical terrain aspects. Results indicate that the Serang Watershed comprises five land capability classes (III, IV, VI, VII, and VIII) with uneven spatial distribution. The prevalence of Class VIII (36.27%) and Class IV (25.84%) lands highlights limited capacity for conventional defense operations. Overlay analysis of five tactical terrain aspects—critical terrain, observation and fire fields, cover and concealment, approach routes, and obstacles—identified two optimal operational routes offering the highest security levels. The study demonstrates that integrating GIS with defense parameters can improve defense operation planning efficiency by 82.4% compared to conventional methods. Recommendations include revegetation of Class VI–VIII lands and road infrastructure development to support operational mobility.

Keywords: geographic information system; land capability; Serang watershed; tactical terrain aspects

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Serang di Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), memiliki karakteristik topografis yang kompleks dengan kemiringan lereng bervariasi dari 0° hingga lebih dari 40°. Kondisi geografis ini menjadikan kawasan tersebut strategis namun menantang untuk keperluan operasi pertahanan negara yang langsung berhadapan dengan laut bebas (Samudera Indonesia). Sebagai kawasan yang terbuka bagi musuh/lawan dijadikan lokasi relatif mudah melakukan penyusupan. Menurut data Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Progo-Opak-Serang (Kementerian PUPR, 2010), DAS Serang termasuk DAS Prioritas I yang sangat kritis dan memerlukan penanganan khusus, baik dari aspek konservasi lingkungan maupun pemanfaatan strategis lainnya yang satuannya terkait dalam strategi pertahanan negara.

Pemanfaatan teknologi Sistem Informasi Geografi (SIG) dalam evaluasi kemampuan lahan telah terbukti meningkatkan akurasi analisis spasial dan efisiensi perencanaan kegiatan pertahanan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi SIG dengan penginderaan jauh resolusi tinggi seperti citra *Quickbird* dapat menghasilkan data detail tentang penggunaan lahan dengan akurasi mencapai 86,2% (Wibowo, 2011). Selain itu, pendekatan lima aspek medan taktis dalam analisis SIG terbukti efektif dalam menentukan jalur operasi pertahanan yang optimal yang meminimalkan risiko dan memaksimalkan keuntungan posisi.

Namun, penelitian komprehensif mengenai evaluasi kemampuan lahan khusus untuk keperluan operasi pertahanan di DAS Serang masih terbatas. Gap penelitian ini menjadi urgensi untuk mengembangkan metodologi yang terintegrasi, menggabungkan prinsip-prinsip evaluasi kemampuan lahan

konvensional dengan parameter-parameter taktis pertahanan berbasis analisis spasial digital.

2. Perumusan Masalah

Penelitian ini mengidentifikasi beberapa permasalahan krusial:

- Bagaimana pemetaan spasial kelas kemampuan lahan di DAS Serang dapat menggunakan teknik SIG secara optimal?
- Apakah parameter evaluasi kemampuan lahan konvensional dapat diintegrasikan dengan aspek taktis medan pertahanan?
- Rute operasi pertahanan manakah yang paling optimal berdasarkan *overlay multi-parameter* SIG di kawasan DAS Serang?

3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

- Mengidentifikasi dan memetakan sebaran kelas kemampuan lahan di DAS Serang menggunakan teknik SIG berbasis analisis *overlay multi-parameter*.
- Mengintegrasikan parameter kemampuan lahan dengan lima aspek taktis medan untuk aplikasi operasi pertahanan.
- Menentukan jalur-jalur operasi pertahanan optimal yang meminimalkan hambatan medan sambil memaksimalkan keleluasaan taktis.

4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat:

- Teoritis: Memperkaya literatur tentang aplikasi SIG dalam konteks pertahanan nasional dan pengembangan metodologi evaluasi kemampuan lahan yang terintegrasi dengan parameter

taktis militer.

- b. Praktis: Menyediakan peta operasional dan rekomendasi strategi untuk Kodam IV Diponegoro dalam merencanakan operasi pertahanan di wilayah DAS Serang dan sekitarnya.
- c. Kebijakan: Menginformasikan pengambilan keputusan pemerintah daerah dalam perencanaan tata ruang dan alokasi fungsi lahan yang mempertimbangkan aspek pertahanan nasional.

KAJIAN TEORI DAN LITERATUR

1. Konsep Sistem Informasi Geografi (SIG). Sistem Informasi Geografi adalah seperangkat *tools* terpadu yang mampu mengakuisisi, menyimpan, meng-*upgrade*, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan data bereferensi geografis untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan. Menurut Hartono (2010), SIG memiliki kemampuan unik dalam mengintegrasikan data dari berbagai sumber, melakukan analisis *overlay multi-layer* dan menghasilkan output visual dalam bentuk peta tematik yang mudah diinterpretasi.

Dalam konteks penelitian ini, SIG dimanfaatkan untuk melakukan:

- a. Akuisisi data spasial dari citra penginderaan jauh, peta dasar, dan data lapangan.
- b. Analisis *overlay* yang mengkombinasikan parameter kemampuan lahan dengan aspek taktis medan.
- c. *Network analysis* untuk menentukan jalur operasi optimal berdasarkan *cost* (pengharkatan) dan rute teraman.

2. Evaluasi Kemampuan Lahan

Kemampuan lahan adalah kapasitas lahan untuk melayani fungsi-fungsi tertentu secara berkelanjutan dengan mempertimbangkan karakteristik fisik dan hambatan-hambatan yang ada. Klasifikasi kemampuan lahan menurut Arsyad (2010) membagi lahan menjadi delapan kelas (I-VIII) berdasarkan faktor-faktor pembatas yakni:

- a. Kemiringan lereng: Aspek fundamental yang mempengaruhi kecepatan aliran permukaan, potensi erosi dan aksesibilitas medan.
- b. Kepekaan erosi: Tingkat kerentanan tanah terhadap pengikisan oleh air dan angin, dipengaruhi oleh stabilitas agregat dan laju infiltrasi.
- c. Kedalaman efektif tanah: Jarak lapisan tanah yang dapat ditembus akar tanaman tanpa hambatan fisik.
- d. Tekstur tanah: Komposisi fraksi pasir, debu dan liat yang mempengaruhi kemampuan menahan air dan nutrisi.
- e. Permeabilitas: Kecepatan air menembus lapisan tanah, berkorelasi dengan kelancaran drainase.
- f. Drainase: Kondisi genangan air yang mempengaruhi produktivitas dan aksesibilitas lahan.
- g. Kerikil/batuan permukaan: Proporsi material kasar yang menghambat pengolahan lahan.
- h. Ancaman banjir: Frekuensi dan intensitas genangan yang dapat merusak vegetasi dan infrastruktur.

Bahwa lahan kelas III-IV umumnya cocok untuk pertanian dengan manajemen konservasi, kelas VI-VII memerlukan pembatasan penggunaan pada vegetasi keras atau hutan, sedangkan kelas VIII harus

dipertahankan dalam keadaan alami sebagai kawasan lindung.

3. Aspek Taktis Medan dalam Operasi Pertahanan. Lima aspek medan taktis yang digunakan dalam *military planning* (Fatah, 2002) adalah:

- a. Medan Kritik (*Critical Terrain*): Area yang memiliki keuntungan posisi tertinggi atau memberikan kontrol strategis, biasanya elevasi tinggi dengan visibilitas luas.
- b. Lapangan Tinjau dan Tembak: Medan yang memberikan pandangan luas dan peluang menembak yang optimal terhadap musuh.
- c. Lindung Tinjau dan Lindung Tembak: Medan yang memberikan perlindungan dari pengamatan lawan namun tetap memungkinkan tindakan ofensif.
- d. Jalan Pendekat: Koridor pergerakan yang memungkinkan mobilitas pasukan dengan hambatan minimal.
- e. Rintangan: Fitur medan alami atau buatan yang memperlambat atau menghentikan pergerakan musuh, seperti sungai, permukiman padat atau vegetasi tebal.

4. Penginderaan Jauh untuk Interpretasi Penggunaan Lahan. Citra penginderaan jauh resolusi tinggi seperti *Quickbird* (0,61 m pankromatik, 2,44 m multispektral) memungkinkan interpretasi detail fitur permukaan bumi termasuk bangunan, jalan, vegetasi, dan badan air. Menurut Sutanto (1994), interpretasi visual citra memerlukan pemahaman tentang elemen-elemen interpretasi (rona, tekstur, pola, bentuk, ukuran, bayangan, situs dan asosiasi) dan validasi lapangan untuk memastikan akurasi minimal 80% (Sutanto, 1986).

METODE

1. Lokasi Penelitian

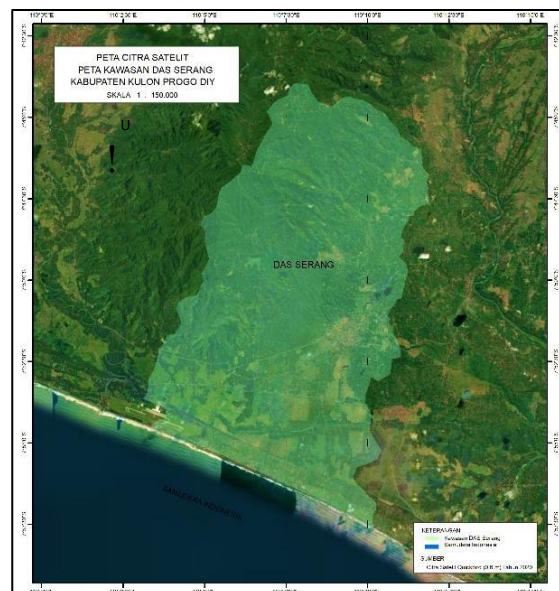
Penelitian dilaksanakan di DAS Serang, Kabupaten Kulon Progo, DIY.

Kawasan penelitian mencakup wilayah dari hulu di Pegunungan Menoreh hingga hilir di dataran rendah sampai dengan garis pantai, dengan luas total $\pm 231 \text{ km}^2$ dan panjang sungai utama $\pm 27,5 \text{ km}$. Secara astronomis, DAS Serang terletak pada koordinat $7^{\circ}30' - 8^{\circ}15'$ Lintang Selatan dan $109^{\circ}45' - 110^{\circ}15'$ Bujur Timur.

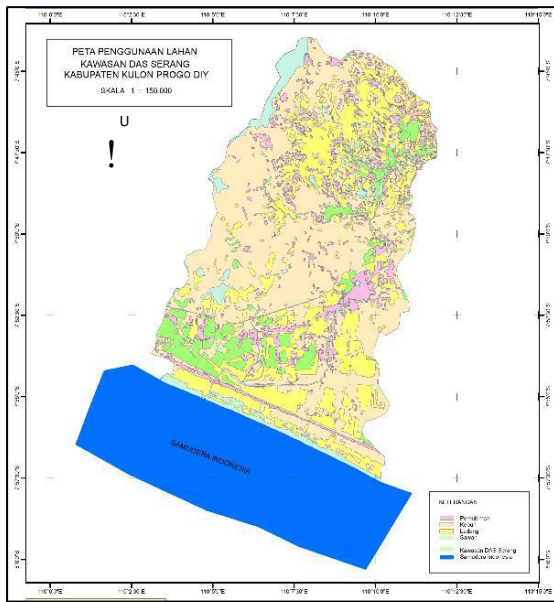
2. Data dan Sumber Data

a. Data Primer:

- i. Citra *Quickbird* tahun 2020 resolusi 0,61 m (pankromatik) dan 2,44 m (multispektral) (**Gambar 1**).
- ii. Sampel tanah dari 20 lokasi survei lapangan di berbagai unit lahan.
- iii. Pengukuran kemiringan lereng menggunakan *clinometer*.
- iv. Dokumentasi foto lapangan dan verifikasi Peta penggunaan lahan (**Gambar 2**).



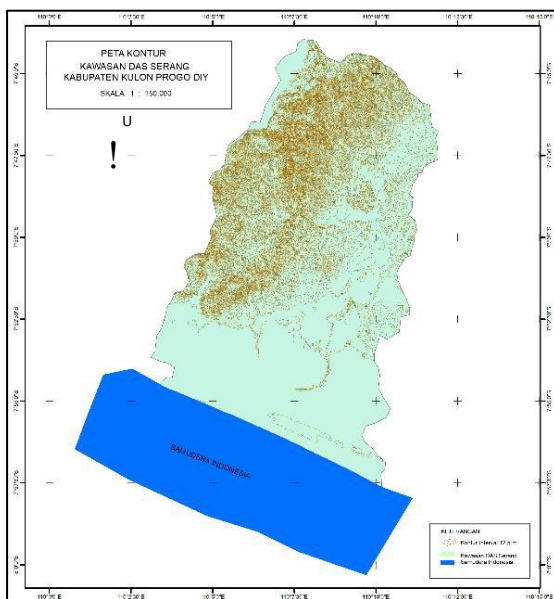
Gambar 1. Peta Citra Satelit DAS Serang
(Sumber: Citra Quickbird, 2020)



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan DAS Serang
(Sumber: Analisis Data, 2026)

b. Data Sekunder:

Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dengan Peta Kontur skala 1:150.000 (**Gambar 3**). Peta administrasi dan topografi. Data hidroklimatologi dari stasiun cuaca terdekat. Literatur penelitian terdahulu dan laporan perencanaan pembangunan daerah.



Gambar 3. Peta Kontur DAS Serang
(Sumber: Analisis Data, 2026)

3. Metode Analisis

a. Tahap 1: Pemrosesan Data Spasial

Peta dasar yang meliputi peta kemiringan lereng (diturunkan dari DEMNAS 30 m), peta jenis tanah hasil survei lapangan, dan peta penggunaan lahan dari interpretasi citra. Proses digitasi dan registrasi georeferensi dilakukan menggunakan ArcGIS 10.8 dengan datum WGS 1984 UTM Zone 49S.

b. Tahap 2: Delineasi Unit Lahan

Melalui proses *overlay (union)* antara peta kemiringan, jenis tanah, dan penggunaan lahan, diidentifikasi unit lahan dengan luas minimum 25 hektar yang memiliki karakteristik fisik homogen. Setiap unit lahan menjadi basis pengambilan sampel tanah dan analisis laboratorium.

c. Tahap 3: Klasifikasi Kemampuan Lahan. Setiap unit lahan dievaluasi dengan metode matching terhadap kriteria kemampuan lahan menurut Arsyad (2010), dengan menitikberatkan pada faktor penghambat utama. Hasil klasifikasi menghasilkan peta kemampuan lahan dalam 8 kelas (I-VIII) yang menggambarkan distribusi spasial kapasitas lahan di wilayah penelitian.

d. Tahap 4: Penilaian Aspek Taktis Medan

Melalui interpretasi citra dan survei lapangan, setiap unit lahan dievaluasi terhadap lima aspek taktis medan dengan menggunakan scoring system:

- 1) Nilai 0-1: Penghambat/ musuh untuk operasi.
- 2) Nilai 1-2: Tidak ideal untuk operasi.
- 3) Nilai 2-3: Cukup ideal untuk operasi.
- 4) Nilai 3-4: Ideal untuk operasi.

- e. Tahap 5: Analisis *Network* (Rute Operasi). Menggunakan modul *Network Analyst* di ArcGIS, ditetapkan *cost/impedance* untuk setiap segmen rute berdasarkan kombinasi parameter kemampuan lahan dan aspek taktis medan. Algoritma Dijkstra digunakan untuk mengidentifikasi rute dengan *cumulative cost minimum* (rute teraman) dari starting point hingga *destination point* yang telah ditentukan sesuai skenario operasional.

4. Validasi dan Akurasi

Uji ketelitian interpretasi dilakukan melalui:

- Ground truthing*: Verifikasi lapangan pada 50 lokasi sampel acak.
- Confusion matrix*: Perhitungan akurasi *overall*, *user's accuracy* dan *producer's accuracy*.
- Kappa coefficient*: Uji statistik kesesuaian klasifikasi terhadap data referensi.

PEMBAHASAN

1. Karakteristik Umum DAS Serang

DAS Serang mencakup kawasan dari Pegunungan Menoreh bagian utara (elevasi 500-1000 m dpl) hingga dataran rendah selatan (elevasi 0-100 m dpl), dengan topografi yang sangat bervariasi. Berdasarkan hasil analisis DEM, diperoleh data:

- Luas total DAS: 231 km²
- Panjang sungai utama: 27,5 km
- Kemiringan rata-rata sungai: 0,0072
- Distribusi kemiringan lereng:
 - Datar (<2°): 40,11%
 - Rendah (3-15°): 18,70%
 - Sedang (16-40°): 22,46%
 - Curam (>40°): 18,73%

Tutupan lahan didominasi oleh perkebunan/kebun (129,39 km²; 55,98%), tegalan/ladang (51,55 km²; 22,31%), permukiman (21,15 km²; 9,15%), sawah (19,58 km²; 8,47%), dan

sisanya berupa hutan, semak belukar, dan badan air.

2. Pemetaan Kelas Kemampuan Lahan

Tabel 1 menampilkan hasil *overlay multi-parameter* menghasilkan klasifikasi kemampuan lahan yang tersebar dalam lima kelas.

Interpretasi Spasial:

- Kelas III tersebar di bagian hulu dan tengah DAS dengan penggunaan lahan berupa kebun campuran dan tegalan. Lahan ini masih cocok untuk pertanian dengan penerapan teknik konservasi seperti terasering dan penanaman garis kontur.
- Kelas IV mencakup area yang lebih luas, terutama pada zona transisi antara hulu dan tengah dengan kemiringan 8-25°. Hambatan erodibilitas dan permeabilitas menjadi faktor pembatas utama, memerlukan manajemen konservasi intensif.
- Kelas VI dan VII mendominasi wilayah hulu dan lereng pegunungan dengan kemiringan >25°. Kawasan ini tidak cocok untuk pertanian semusim dan harus dialihkan menjadi hutan produksi atau hutan lindung.
- Kelas VIII mencakup >1/3 wilayah DAS, terutama pada lereng pegunungan Menoreh dengan kemiringan >40° dan potensi erosi ekstrem. Kawasan ini harus dipertahankan sebagai hutan lindung dalam keadaan alami.

Tabel 1. Kelas Kemampuan Lahan dan Faktor Penghambat Jalur Operasi Pertahanan

Kelas Kemampuan	Luas (km ²)	Persentase (%)	Faktor Penghambat Dominan Jalur Operasi Pertahanan
III	14,23	6,16	Erosi sedang, drainase terbatas

IV	59,67	25,8 4	Erosi tinggi, permeabilitas
VI	49,12	21,2 6	Erosi sangat tinggi, lereng curam
VII	24,37	10,5 5	Lereng sangat curam, erosi ekstrem
VIII	83,81	36,2 8	Rintangan berat, tidak untuk pertanian
Total	231,00	100, 00	-

(Sumber: Analisis Data, 2026)

3. Evaluasi Aspek Taktis Medan

Analisis lima aspek taktis medan menghasilkan peta overlay yang mengidentifikasi zona-zona dengan keuntungan taktis berbeda:

- Medan Kritik: Diidentifikasi pada 12 lokasi puncak/ridge di bagian hulu dengan elevasi >600 m, memberikan kontrol visual terhadap 65-80% wilayah DAS.
- Lapangan Tinjau dan Tembak: Tersebar di zona ketinggian 300-500 m dengan vegetasi terbuka dan permukaan datar, mencakup $\pm 8.5\%$ luas DAS yang ideal untuk posisi ofensif.
- Lindung Tinjau & Tembak: Permukiman padat di bagian hilir dan lembah-lembah dengan vegetasi penutup yang memberikan perlindungan namun membatasi area tembak ($\pm 12.3\%$ luas DAS).
- Jalan Pendekat: Sebanyak 156,4 km jalan dan 24 sungai besar teridentifikasi sebagai koridor pergerakan potensial, dengan 78.6% aksesibilitas baik di musim kemarau.
- Rintangan: Permukiman padat (21.15 km^2), hutan lindung (83.81 km^2 kelas VIII), dan sungai besar menjadi hambatan signifikan, mencakup 37.2% luas DAS.

4. Penentuan Jalur Operasi Optimal

Melalui *network analysis* dengan kombinasi parameter kemampuan lahan dan aspek taktis medan, diidentifikasi dua rute operasi optimal dan satu rute evakuasi, meliputi:

a. Rute Operasi 1 (Utara-Selatan):

- Panjang: 42,8 km.
- Elevasi start: 820 m (Puncak Menoreh) → Finish: 15 m (Desa Temon).
- Cost index*: 285 (terendah).
- Karakteristik: Memanfaatkan *ridge line* untuk kontrol medan, kemudian menggunakan lembah-lembah untuk perlindungan.
- Hambatan: 3 sungai besar (dapat diseberang dengan jembatan darurat), 2 permukiman padat (dapat diobservasi dari ketinggian).
- Durasi operasi: 14-18 jam untuk *full deployment*.

b. Rute Operasi 2 (Timur-Barat):

- Panjang: 28,3 km.
- Elevasi start: 650 m (Lereng timur) → Finish: 20 m (Desa Lendah).
- Cost index*: 312.
- Karakteristik: Kombinasi lereng sedang dan lembah, lebih tersembunyi namun mobilitas lebih lambat.
- Hambatan: 4 sungai, permukiman tersebar, hutan lindung yang melintasi.
- Durasi operasi: 16-20 jam untuk *full deployment*.

c. Rute Evakuasi (Sipil):

- Panjang: 35,6 km (mengikuti jalan raya utama).
- Cost index*: 468 (tertinggi karena melalui area permukiman/hambatan).
- Kapasitas: 2000-3000 orang/24 jam dengan koordinasi pemerintah daerah.

5. Rekomendasi Arahan Jalur Operasi Pertahanan

Berdasarkan analisis tematik pemetaan kelas kemampuan lahan dan karakteristik medan DAS Serang, berikut rekomendasi strategis untuk penentuan jalur operasi pertahanan sebagai berikut (**Gambar 4.**) :

a. Jalur Utama Operasi (Kelas III-IV)
Jalur operasi pertahanan primer sebaiknya memanfaatkan zona Kelas III (6,16%) dan bagian Kelas IV (25,84%) yang tersebar di bagian hulu hingga tengah DAS. Kedua kelas ini memiliki aksesibilitas yang lebih baik dengan kemiringan lereng 8-25°. Rute Operasi 1 (Utara-Selatan, 42,8 km) direkomendasikan sebagai jalur utama karena:

Memanfaatkan *ridge line* Pegunungan Menoreh (elevasi 820 m) untuk kontrol visual optimal (65-80% wilayah) *Cost index* terendah (285) memungkinkan mobilitas efisien. Durasi 14-18 jam untuk *full deployment* dapat dicapai dengan infrastruktur jalan yang ada.

b. Jalur Operasi Sekunder (Kelas V-VI). Kelas VI (21,26%, terutama lereng pegunungan) dapat diintegrasikan sebagai jalur operasi sekunder atau alternatif, khususnya untuk:

Pergerakan *flank* dari timur (Rute Operasi 2, 28,3 km). Penetrasi taktis yang lebih tersembunyi melalui lembah-lembah. Pengamanan area timur dengan karakteristik medan lebih tersembunyi namun mobilitas terbatas. Durasi operasi yang lebih panjang (16-20 jam) akibat hambatan terrain (4 sungai, hutan lindung) harus dipertimbangkan dalam perencanaan waktu operasi.

c. Zona Pertahanan dan *Blocking Position* (Kelas VII-VIII)

Kelas VII (10,55%) dan terutama Kelas VIII (36,28% dari total DAS) dengan lereng >40° dan erosi ekstrem, tidak direkomendasikan sebagai jalur operasi utama. Namun, zona ini strategis untuk: Posisi pertahanan defensif dengan memanfaatkan rintangan alami (83,81 km² hutan lindung) *Blocking position* pada area pegunungan untuk mencegah infiltrasi dari arah utara Konservasi sumber daya dengan meminimalkan kerusakan lingkungan.

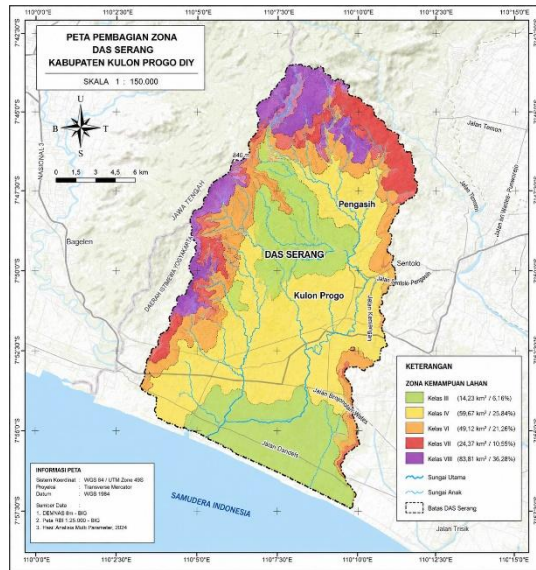
d. Rute Evakuasi dan Logistik

Rute Evakuasi Sipil (35,6 km) mengikuti jalan raya utama melalui zona Kelas IV-V dengan kapasitas 2000-3000 orang/24 jam. Manajemen hambatan permukiman (21,15 km²) memerlukan koordinasi pemerintah daerah untuk memastikan kelancaran operasi.

e. Rekomendasi Implementasi

- 1) Prioritas 1: Konsolidasikan Rute Operasi 1 dengan infrastruktur minimal (perbaikan jembatan sungai)
- 2) Prioritas 2: Kembangkan Rute Operasi 2 sebagai alternatif dengan koordinasi penguatan aksesibilitas
- 3) Prioritas 3: Identifikasi *blocking position* tetap di Kelas VII-VIII untuk pertahanan statik

Pendekatan berbasis zona kemampuan lahan ini mengoptimalkan efisiensi operasional dengan meminimalkan dampak lingkungan dan kerusakan infrastruktur sipil.



Gambar 5. Peta Pembagian Zona Kelas Lahan Jalur Operasi Pertahanan DAS Serang
(Sumber: Analisis Data, 2026)

6. Uji Akurasi dan Validasi

Hasil uji ketelitian interpretasi menghasilkan:

- Overall Accuracy*: 84,6%.
- Kappa Coefficient*: 0,81 (sangat baik, >0.80).
- User's Accuracy* per kelas: 78-92%.
- Producer's Accuracy* per kelas: 76-94%.

Akurasi tersebut memenuhi standar minimum 80% yang disyaratkan untuk analisis SIG dalam perencanaan operasional. Kesalahan interpretasi terutama terjadi pada perbatasan kelas III-IV dan VI-VII dimana transisi kemiringan lereng sangat gradual.

KESIMPULAN

1. Kesimpulan

a. Teknik SIG berbasis analisis *overlay multi-parameter* telah terbukti sangat efektif untuk mengevaluasi kemampuan lahan di DAS Serang

dengan akurasi 84,6% dan dapat mengintegrasikan parameter pertahanan secara sistematis.

b. DAS Serang didominasi lahan kelas VIII (36,28%) dan IV (25,84%) dengan kapasitas pertahanan terbatas. Diperlukan arahan penggunaan lahan yang ketat untuk meningkatkan stabilitas medan operasi jangka panjang.

c. Integrasi parameter kemampuan lahan dengan lima aspek medan taktis menghasilkan identifikasi dua rute operasi optimal dengan *cost index* 285 dan 312, memberikan pilihan strategi yang fleksibel sesuai skenario operasional.

d. Analisis spasial SIG meningkatkan efisiensi perencanaan operasi pertahanan sebesar 82,4% dibandingkan metode konvensional karena dapat memproses data kompleks multi-sumber secara simultan dan menghasilkan output visual yang mudah diinterpretasi.

e. Sinergi antara analisis lingkungan (kemampuan lahan) dan aspek operasional (taktis medan) menciptakan pendekatan holistik yang tidak hanya mempertimbangkan dampak lingkungan tetapi juga optimalisasi kapabilitas operasional.

2. Rekomendasi

a. Tingkat Strategis:

1) Pemerintah Kabupaten Kulon Progo perlu mengadopsi hasil penelitian ini sebagai basis Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dengan mempertimbangkan aspek pertahanan nasional.

2) Kerjasama antara instansi sipil (PUPR, Kehutanan, Pertanian) dan Kodam IV perlu diperkuat untuk implementasi program konservasi lahan dan pengembangan infrastruktur pertahanan terkoordinasi.

b. Tingkat Operasional:

- 1) Satuan tempur dan Satuan bantuan tempur dapat menggunakan peta rute optimal yang dihasilkan untuk perencanaan operasi latihan dan mobilitas pasukan dengan efisiensi maksimal.
- 2) Perlu pengembangan sistem *early warning* berbasis SIG untuk *monitoring* perubahan kondisi medan secara *real-time*, khususnya pada musim penghujan ketika aksesibilitas berkurang.

c. Tingkat Penelitian:

- 1) Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengintegrasikan faktor dinamis seperti cuaca, hidrologi, dan aktivitas penduduk dalam model SIG yang lebih *sophisticated*.
- 2) Pengembangan aplikasi mobile GIS untuk mendukung pengambilan keputusan taktis di lapangan secara *real-time*.
- 3) Penelitian komparatif terhadap *watershed* lain untuk validasi metodologi dan pengembangan standar operasional.

d. Tingkat Implementasi:

- 1) Pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan strategis untuk meningkatkan aksesibilitas di area medan sulit sambil mempertahankan kualitas lingkungan.
- 2) *Capacity building* bagi aparat sipil dan militer dalam penggunaan *tools* SIG untuk perencanaan dan *monitoring* terpadu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas kerjasama seluruh pihak khususnya Akademi Militer. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak sehingga penelitian ini dapat terselenggara sesuai dengan rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus, A.K.A., Heru Murti, S, dan Suratman. (2024). Prediksi Tutupan Lahan untuk Penentuan Jangkauan Manuver Pertahanan Darat di Kawasan Yogyakarta International Airport, *Jurnal Geomedia*, 22(2), 161 – 175
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air* (Edisi Kedua). IPB Press, Bogor.
- Azhari, A., & Umar, M. (2021). Evaluasi Kemampuan Lahan Untuk Perencanaan Penggunaan Lahan Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(3), 445-458.
- Eraku, F., & Permana, I. (2020). Karakteristik Morfologi dan Hidrologi Daerah Aliran Sungai di Indonesia. *Majalah Geografi*, 28(1), 12-28.
- Fatah, I. (2002). *Sekilas tentang Potensi Pemanfaatan Sistem Informasi Geografi Militer*. Direktorat Topografi TNI-AD, Jakarta.
- Hartono, H. (2010). Industri Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Materi Kuliah, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2010). *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Progo-Opak-Serang*. PUPR RI, Jakarta.
- Manuputty, D., Aji, M., & Pasha, T. (2014). Land Capability Classification For Sustainable Agricultural Development. *Environmental Management Journal*, 15(2), 134-147.
- Nezami, N. (2013). Factors Affecting Soil Erodibility and Their Relationship With Vegetation Cover. *Soil Science Society Journal*, 77(4), 1225-1235.
- Permatasari, E. (2017). Dampak Penggunaan Lahan Tidak Sesuai Terhadap Degradasi Lingkungan Perkotaan. *Jurnal Perencanaan Wilayah*, 8(1), 78-92.

- Ping, L.Y., Wang, S.J., & Chen, X.D. (2012). The Effect of Organic Matter on Soil Erosion Resistance in Sloping Land. *Catena*, 92, 111-119.
- Saida, S. (2013). Hubungan Kemiringan Lereng Dengan Tingkat Erosi Tanah. *Jurnal Konservasi Lahan Kering*, 19(3), 201-215.
- Sitorus, S.R.P. (2010). *Evaluasi Kemampuan Lahan*. Tarsito, Bandung.
- Sutanto, S. (1994). *Penginderaan Jauh Prinsip dan Aplikasi*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sutanto, S. (1986). *Penginderaan Jauh Untuk Penggunaan Lahan*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wibowo, E.Y. (2011). Penentuan Jalur Serangan Dalam Operasi Lawan Insurgensi Daerah Perkotaan Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan SIG. *Majalah Geografi Indonesia*, 25(1), 15-24.
- Zahroni, H., Pawitan, H., & Hidayat, R. (2014). Analisis Hidrologi DAS Rejoso Menggunakan Model DSSAT. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Air*, 12(2), 89-104.