

ANALISIS VARIASI KETELITIAN PETA DASAR PENDAFTARAN TANAH HASIL ORTHOREKTIFIKASI CITRA SATELIT WORLD VIEW-2 HD (Studi Kasus di Kota Cirebon)

Rizka Awwaludin Kamil¹, Soni Darmawan²

¹Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Bandung

²Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: rizka.awwaludin@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Peta dasar pendaftaran tanah diperlukan untuk menggambarkan batas bidang secara akurat dan mendukung Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi ketelitian peta dasar hasil ortorektifikasi citra satelit WorldView-2 HD menggunakan metode Rational Function Compute from GCPs pada kawasan datar, bergelombang, homogen, dan heterogen di Kota Cirebon. Pendekatan kuantitatif dilakukan melalui pengolahan citra dengan GCP terdistribusi merata, diikuti analisis akurasi spasial menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) untuk posisi titik, jarak horizontal, dan luasan. Hasil menunjukkan seluruh kawasan memenuhi toleransi posisi horizontal untuk skala 1:5.000, sementara hanya kawasan heterogen yang memenuhi skala 1:1.000. Ketelitian luasan tidak memenuhi batas $\pm 0,5\sqrt{L}$ di semua kawasan. Disimpulkan bahwa citra WorldView-2 HD layak untuk peta dasar skala 1:5.000 pada area tertentu, dengan implikasi perlunya validasi lapangan dan peningkatan kualitas DEM untuk akurasi luasan.

Kata kunci: peta dasar, pendaftaran tanah, WorldView-2 HD, ortorektifikasi, ketelitian spasial, RMSE.

1. PENDAHULUAN

Pemetaan pendaftaran tanah yang akurat memegang peranan penting dalam sistem administrasi pertanahan di Indonesia. Salah satu tantangan utama dalam proses ini adalah pemenuhan standar ketelitian geometrik yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri ATR/BPN No. 21 Tahun 2019, khususnya untuk peta dasar skala besar. Di tengah keterbatasan data konvensional, citra satelit resolusi sangat tinggi seperti WorldView-2 HD mulai digunakan untuk memenuhi kebutuhan peta dasar dengan efisiensi lebih tinggi (Trikusuma dkk., 2020). Namun, akurasi geometrik dari citra ini tetap menjadi perhatian, terutama ketika diaplikasikan pada wilayah dengan karakteristik topografi dan tutupan lahan yang bervariasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi variasi ketelitian peta dasar pendaftaran tanah hasil ortorektifikasi citra WorldView-2 HD menggunakan metode Rational Function Compute from GCPs (RFC), dengan fokus pada kawasan datar, bergelombang, homogen, dan heterogen di Kota Cirebon. Pertanyaan yang ingin dijawab dalam studi ini adalah: "Bagaimana ketelitian posisi titik, jarak horizontal, dan luasan bidang tanah hasil ortorektifikasi citra satelit WorldView-2 HD pada berbagai jenis kawasan, jika dibandingkan dengan standar toleransi yang berlaku?". Evaluasi dilakukan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan nilai RMSE dan rumus toleransi sesuai ketentuan BIG dan BPN. Secara ilmiah, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami batas kemampuan citra satelit WorldView-2 HD sebagai data utama dalam penyusunan peta dasar skala besar untuk keperluan pertanahan. Kajian ini juga mengisi kekosongan penelitian yang mengkaji akurasi ortorektifikasi berbasis metode RFC pada wilayah tropis dengan kompleksitas topografi tinggi, sebagaimana yang disoroti oleh Hernina dan Putra (2023). Hasilnya diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan teknis bagi instansi pertanahan maupun pelaku pemetaan dalam memilih sumber data citra yang sesuai dengan kebutuhan spasial dan skala peta.

2. DATA DAN METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Kota Cirebon merupakan wilayah yang terletak di pesisir utara bagian timur Provinsi Jawa Barat, dengan posisi geografis pada koordinat sekitar 108,33° Bujur Timur dan 6,41° Lintang Selatan. Secara administratif, Kota Cirebon memiliki luas wilayah $\pm 37,358$ km² atau setara dengan 3.735,8 hektar, dan memanjang sekitar 8 kilometer dari barat ke timur serta 11 kilometer dari utara ke selatan (Badan Pusat Statistik Kota Cirebon, 2024). Peta administrasi area penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Data yang digunakan

Dalam penelitian ini menggunakan data Citra Satelit WorldView-2 HD, Data ICP dan data data validasi sampel kawasan datar, bergelombang, homogen dan heterogen.

a) Citra Satelite Worldview 2 HD

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit WorldView-2 HD, yang merupakan jenis citra resolusi spasial sangat tinggi.



Gambar 2 Worldview-2 HD

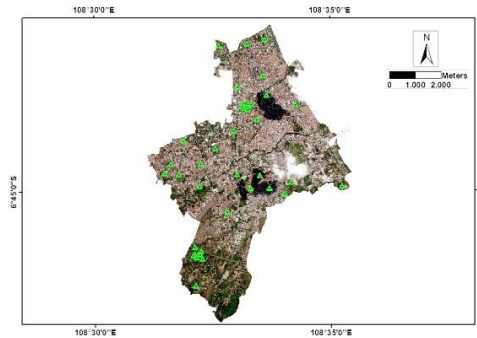
Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit WorldView-2 High Definition (HD), yang merupakan salah satu produk dari konstelasi satelit milik Maxar Technologies. Citra ini diakuisisi pada tanggal 25 September 2022 dan mencakup wilayah administratif Kota Cirebon. Untuk menjangkau seluruh wilayah tersebut, digunakan sebanyak 42 scene citra, yang kemudian diproses dan disatukan secara mosaik guna menghasilkan cakupan spasial yang menyeluruh dan konsisten.

b) Data Akuisisi Lapangan

Data hasil akuisisi lapangan yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai referensi penting dalam proses validasi dan evaluasi ketelitian citra satelit. Pengumpulan data dilakukan secara langsung di lokasi menggunakan peralatan survei geodetik terkalibrasi, seperti GNSS RTK dan total station, untuk memperoleh koordinat



Gambar 3 Proses Akuisisi Lapangan

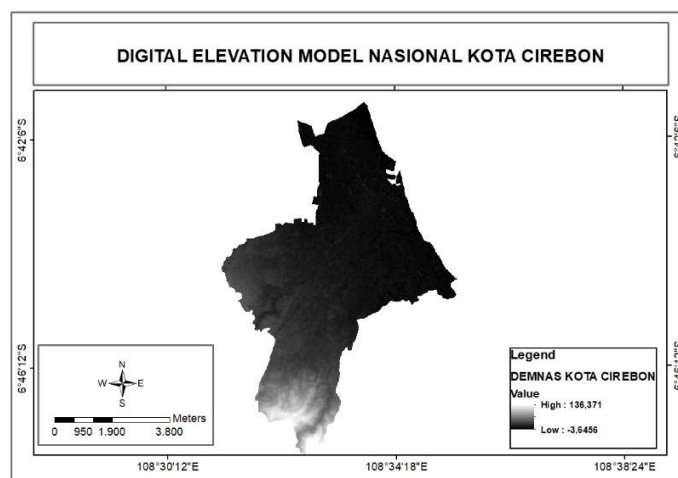


Gambar 4 Hasil Akuisisi Lapangan

Pengolahan data GNSS dalam penelitian ini menghasilkan solusi posisi dengan status Fixed, yang menunjukkan bahwa ambiguitas fase telah diselesaikan secara akurat. Pengamatan dilakukan dalam sistem *proyeksi Universal Transverse Mercator* (UTM) zona 49 Selatan, dengan datum referensi WGS 1984, dan koreksi tinggi menggunakan model geoid EGM96 (Global). Meskipun waktu mulai dan berakhir pengolahan tidak tercatat secara valid karena kesalahan leap second, proses tetap berjalan dengan interval pengolahan setiap 30 detik.

c) DEMNAS

Gambar berikut menampilkan data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) yang digunakan dalam penelitian ini sebagai sumber informasi elevasi untuk mendukung proses ortorektifikasi dan koreksi geometrik citra satelit. Data DEMNAS diperoleh dari laman resmi Ina-Geoportal yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG).



Gambar 5 DEMNAS

Data yang ditampilkan pada gambar di atas merupakan Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) untuk wilayah Kota Cirebon, yang diperoleh melalui laman resmi Ina-Geoportal yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). DEMNAS merupakan dataset elevasi permukaan yang disusun secara nasional dengan resolusi spasial sekitar 0,27 *arc-second* atau setara dengan 8,25 meter, dan tersedia dalam sistem proyeksi UTM dengan datum WGS 1984.

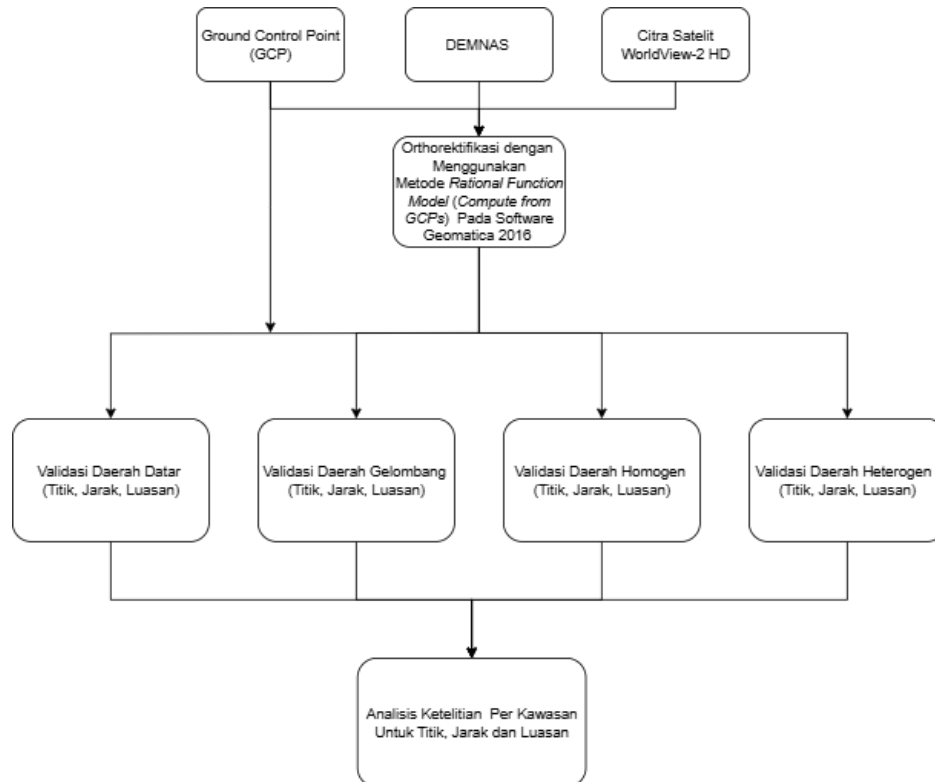
2.3 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat Keras (Hardware) yang digunakan adalah Laptop ASUS T36EH6OK dan Desktop HP Pavilion All-in-One 27-ca1xxx
2. Perangkat Lunak (Software) yang digunakan adalah ArcGIS 10.8, PCI Geomatica 2016 dan .Microsoft Excel.

2.3 Diagram Alir Penelitian

Teknik analisis data dilakukan dengan menghitung nilai Root Mean Square Error (RMSE) terhadap tiga parameter koordinat titik, jarak horizontal antar titik, dan luasan bidang. Hasil perhitungan dibandingkan dengan standar toleransi sesuai Peraturan BIG dan BPN. Khusus untuk ketelitian luasan, digunakan rumus toleransi $KL < \pm 0,5\sqrt{L}$ (m^2). Data dianalisis dan diklasifikasikan berdasarkan skala peta 1:1.000 dan 1:5.000, serta disesuaikan dengan kelas ketelitian berdasarkan interval kontur dan batas toleransi spasial.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Ortorektifikasi merupakan proses koreksi geometrik yang bertujuan menghilangkan distorsi akibat topografi, perspektif sensor, dan kelengkungan bumi, sehingga menghasilkan citra dengan akurasi geometrik yang setara dengan peta. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam proses ini adalah Rational Function Model (RFM), yang bersifat sensor-independen dan memungkinkan penggunaan ground control points (GCPs) sebagai sumber koreksi eksternal. Pada metode Rational Function Compute from GCPs, model matematis dibangun berdasarkan hubungan antara koordinat citra (baris dan kolom piksel) dan koordinat tanah (X, Y, Z). Hubungan ini diekspresikan dalam bentuk fungsi rasional, yakni rasio dari dua polinomial berderajat tiga.

$$\text{Row} = \frac{P_1(X, Y, Z)}{P_2(X, Y, Z)} \quad \text{dan} \quad \text{Column} = \frac{P_3(X, Y, Z)}{P_4(X, Y, Z)}$$

Di mana P_1, P_2, P_3 dan P_4 adalah polinomial derajat tiga terhadap koordinat X, Y, dan Z. Fungsi-fungsi ini diturunkan melalui proses estimasi koefisien menggunakan metode least squares dari data GCP, yang telah diketahui koordinatnya baik pada sistem koordinat tanah (misalnya UTM) maupun sistem koordinat piksel citra.

Keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya untuk mengakomodasi distorsi yang kompleks dengan jumlah GCP minimal, tanpa perlu parameter sensor secara eksplisit. Software seperti PCI Geomatica secara otomatis menghitung koefisien fungsi rasional ini dari GCP yang dimasukkan pengguna, lalu menerapkan transformasi tersebut untuk menghasilkan citra ortorektifikasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Ortorektifikasi Worldview 2 HD

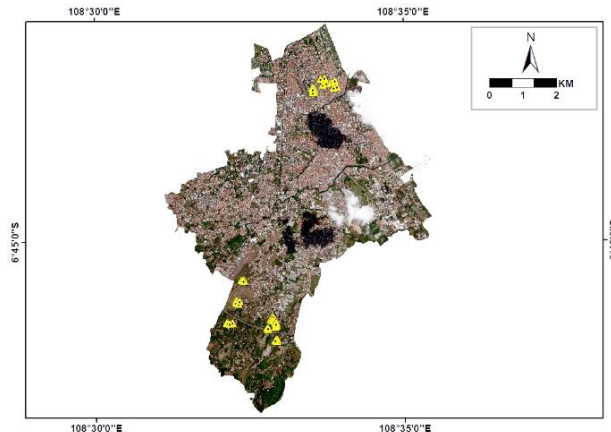
Hasil ortorektifikasi citra satelit WorldView-2 HD menunjukkan nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0,48 piksel, dan mengingat resolusi spasial citra sebesar 15 cm/piksel, maka RMSE tersebut ekuivalen dengan 7,2 cm atau 0,072 meter. Untuk menilai ketelitian geometrik horizontal sesuai ketentuan yang berlaku, digunakan nilai Circular Error 90% (CE90) yang dihitung menggunakan rumus $CE90 = 1,5175 \times RMSE$. Dengan memasukkan nilai $RMSE = 0,072$ meter, maka diperoleh $CE90 = 1,5175 \times 0,072 = 0,10926$ meter $\approx 10,93$ cm, Nilai CE90 sebesar 10,93 cm ini masih berada di bawah batas toleransi horizontal 0,30 meter untuk Kelas 1 pada skala 1:1.000 sesuai klasifikasi dalam Peraturan Kepala BIG No. 6 Tahun 2018. Dengan demikian, hasil ortorektifikasi tersebut memenuhi syarat ketelitian kelas 1 untuk skala 1:1.000. Hal ini memperkuat validitas citra hasil ortorektifikasi untuk digunakan sebagai peta dasar pertanahan, terutama dalam kegiatan pendaftaran tanah yang menuntut akurasi tinggi. Pemenuhan ketelitian ini sejalan dengan ketentuan yang tercantum dalam Pasal 6 dan Pasal 7 Permen ATR/BPN Nomor 21 Tahun 2019, yang menyatakan bahwa hasil peta dasar pertanahan harus memenuhi standar ketelitian geometrik dan diuji secara teknis. Adapun Hasil Ortorektifikasi Citra Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil Ortorektifikasi

3.2 Analisis Variasi ketelitian

Hasil uji perhitungan RMSE pada citra Worldview 2 HD dan dibandingkan dengan titik uji lapangan RTK dengan cara menghitung nilai RMSE, koordinat yang digunakan untuk menghitung nilai RMSE ini yaitu koordinat hasil pengukuran RTK di lapangan dan koordinat hasil digitasi. Setelah mendapatkan nilai RMSE selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung nilai planimetrik jarak untuk Peta Dasar Pendaftaran. Berikut Merupakan Gambar Persebaran Sampel Kawasan di Kota Cirebon.



Gambar 8 Sebaran Sampel

3.2.1 Variasi Ketelitian Kawasan Datar

Evaluasi ketelitian hasil ortorektifikasi dilakukan dengan membandingkan nilai Root Mean Square Error (RMSE) dari data hasil ortorektifikasi terhadap koordinat hasil pengukuran referensi di lapangan menggunakan RTK GNSS. Analisis dilakukan pada empat jenis kawasan: datar, bergelombang, homogen, dan heterogen, untuk citra satelit WorldView-2 HD. Nilai RMSE yang dihasilkan mengindikasikan sejauh mana deviasi posisi horizontal antara hasil ortorektifikasi dan posisi aktual di permukaan bumi.

3.2.1.1 Kawasan Datar Ketelitian Titik

Pemilihan kawasan datar didasarkan pada karakteristik topografi dengan kemiringan lereng $<5\%$ dan kontur yang relatif jarang, sesuai klasifikasi menurut Prasetyo dan Santosa (2019). Pada kawasan ini, titik uji dibandingkan antara koordinat hasil ortorektifikasi dengan data referensi hasil survei GNSS presisi tinggi, adapun sampel kawasan Datar untuk titik Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Kawasan Datar Titik Worldview 2 HD

3.2.1.2 Kawasan Datar Ketelitian Jarak

Gambar berikut menunjukkan lokasi sampel di kawasan datar yang digunakan untuk Kawasan datar dipilih berdasarkan kriteria topografi dengan kemiringan lereng kurang dari 5% dan persebaran kontur yang relatif jarang, sehingga memungkinkan identifikasi objek secara jelas dan stabil secara geometrik (Prasetyo & Santosa, 2019). adapun sampel kawasan Datar untuk Jarak Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Kawasan Datar Jarak Worldview 2 HD

3.2.1.3 Kawasan Datar Ketelitian Luasan

Kawasan datar didefinisikan sebagai wilayah dengan kemiringan lereng kurang dari 5% dan kontur yang tersebar jarang serta stabil, sehingga memudahkan dalam proses delineasi batas bidang tanah secara visual maupun otomatis (Prasetyo & Santosa, 2019). adapun sampel kawasan Datar untuk Luasan Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 11.



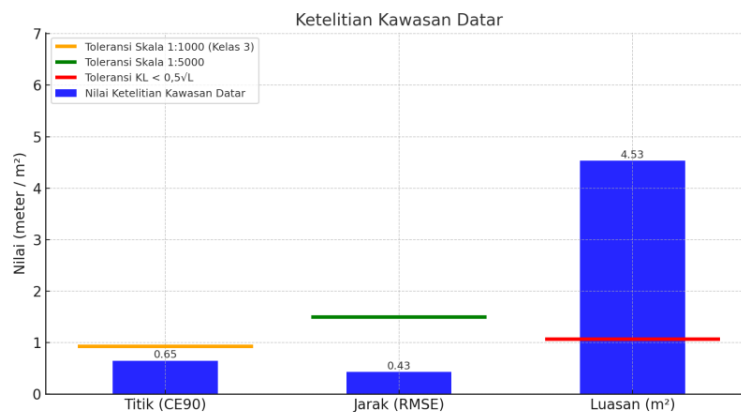
Gambar 11 Kawasan Datar Luasan Worldview 2 HD

Pada kawasan bertopografi datar, hasil ortorektifikasi citra WorldView-2 HD menunjukkan nilai RMSE Hasil evaluasi ketelitian ortorektifikasi citra WorldView-2 HD pada kawasan datar

ditunjukkan pada Tabel berikut. Nilai CE90 sebesar 0,65 m masih memenuhi toleransi skala 1:1.000 (kelas 3) maupun 1:5.000, sedangkan nilai RMSE jarak 0,43 m hanya sesuai untuk peta dasar skala 1:5.000. Pada aspek luasan, RMSE sebesar 4,53 m² melebihi toleransi $\pm 1,06$ m², sehingga tidak memenuhi standar ketelitian untuk parameter luas bidang.

Tabel 1 Ketelitian Kawasan Datar

Parameter	Nilai	Toleransi	Keterangan
Titik (CE90)	0,65	$\leq 0,30$ (1:1.000) / $\leq 1,50$ (1:5.000)	Memenuhi Skala 1:1000 level 3 dan skala 1:5000 level 1
Jarak (RMSE)	0,43	$\leq 0,30$ (1:1.000) / $\leq 1,50$ (1:5.000)	Memenuhi untuk peta dasar skala 1:5.000.
Luasan (M2)	4,53	$\pm 1,06$ m ² (hasil KL < $\pm 0,5\sqrt{L}$)	RMSE luasan tidak memenuhi batas toleransi.



Gambar 12 Grafik RMSE Kawasan Datar

3.2.2 Variasi Ketelitian Kawasan Bergelombang

Pada pengukuran yang dilakukan pada bidang masing-masing kawasan didapatkan nilai ketelitian planimetrik dari hasil perhitungan rata-rata RMSE dari masing-masing kawasan pengukuran di lapangan.

3.2.2.1 Kawasan Bergelombang Ketelitian Titik

Koordinat hasil ortorektifikasi dibandingkan dengan data Analisis ini bertujuan untuk menilai kemampuan metode Rational Function Compute from GCPs dalam menghasilkan posisi spasial yang akurat pada wilayah dengan kontur tidak rata, adapun sampel kawasan Bergelombang untuk Titik Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Kawasan Bergelombang Titik Worldview 2 HD

3.2.2.2 Kawasan Bergelombang Ketelitian Jarak

Kawasan bergelombang ditandai oleh kontur yang rapat, perubahan elevasi yang signifikan, serta kemiringan lereng antara 5% hingga 30%, sesuai klasifikasi topografi menurut Prasetyo dan Santosa (2019). adapun sampel kawasan Bergelombang untuk Jarak Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Kawasan Bergelombang Jarak Worldview 2 HD

3.2.2.3 Kawasan Bergelombang Ketelitian Luasan

Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi spasial luasan yang dihasilkan pada kondisi topografi yang tidak rata, serta menilai apakah hasil ortorektifikasi masih berada dalam batas toleransi kesalahan luasan yang diperbolehkan untuk keperluan pemetaan skala besar, adapun sampel kawasan Bergelombang untuk Jarak Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 15.



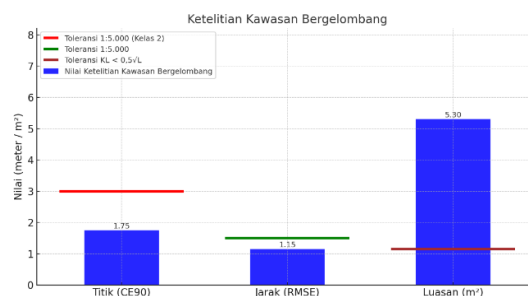
Gambar 15. Kawasan Bergelombang Luasan Worldview 2 HD

Hasil evaluasi pada kawasan bergelombang menunjukkan nilai RMSE titik sebesar 1,18 m dengan CE90 = 1,79 m, yang memenuhi toleransi untuk peta dasar skala 1:5.000 (kelas 2) namun tidak sesuai untuk skala 1:1.000. Nilai RMSE jarak sebesar 1,13 m juga hanya memenuhi ketelitian pada skala 1:5.000, sedangkan pada skala 1:1.000 masih jauh melampaui batas toleransi $\leq 0,3$ m. Adapun hasil RMSE luasan sebesar 5,29 m² melampaui toleransi $\pm 1,15$ m² sehingga tidak memenuhi standar planimetrik.

Tabel 2 Ketelitian Kawasan Bergelombang

Parameter	Nilai	Toleransi	Keterangan
Titik (CE90)	1,79	$\leq 0,30$ (1:1.000) / $\leq 1,50$ (1:5.000)	Memenuhi skala 1:5.000 Kelas 2.
Jarak (RMSE)	1.13	$\leq 0,30$ (1:1.000) / $\leq 1,50$ (1:5.000)	Memenuhi syarat untuk peta dasar skala 1:5.000.
Luasan (M2)	5.29	± 1.15 m ² (hasil KL < $\pm 0,5\sqrt{L}$)	RMSE luasan tidak memenuhi toleransi.

Gambar berikut menampilkan grafik hasil evaluasi nilai RMSE berdasarkan tiga aspek ketelitian, yaitu posisi titik, jarak, dan luasan,



Gambar 16 Grafik RMSE Kawasan Bergelombang

3.2.3 Variasi ketelitian Kawasan Homogen

Pada pengukuran yang dilakukan pada bidang masing-masing kawasan didapatkan nilai ketelitian planimetrik dari hasil perhitungan rata-rata RMSE dari masing-masing kawasan pengukuran di lapangan. Nilai jarak dan nilai luas di dapatkan dari antar titik pada hasil pengukuran GPS RTK dan citra WorldView-2 HD hasil digitasi pada *software* ArcGIS.

3.2.3.1 Kawasan Homogen Ketelitian Titik

Pemilihan kawasan homogen bertujuan untuk mengkaji sejauh mana kestabilan visual citra dapat mempengaruhi akurasi hasil ortorektifikasi, terutama dalam hal identifikasi dan penyesuaian posisi titik. adapun sampel kawasan Homogen untuk Titik Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 18 Kawasan Homogen Titik Worldview 2 HD

3.2.3.2 Kawasan Homogen Ketelitian Jarak

Pada lokasi ini, jarak antar titik diukur langsung pada citra hasil ortorektifikasi dan dibandingkan dengan jarak aktual berdasarkan pengukuran GNSS presisi tinggi. Analisis ini bertujuan untuk menilai seberapa besar pengaruh keseragaman visual kawasan terhadap akurasi pengukuran jarak, serta untuk memastikan bahwa hasil ortorektifikasi tetap berada dalam batas toleransi akurasi spasial yang ditetapkan untuk keperluan pemetaan dasar. adapun sampel kawasan Homogen untuk JarakWorldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 20 Kawasan Homogen Jarak Worldview 2 HD

3.2.3.3 Kawasan Homogen Ketelitian Luasan

Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi seberapa besar deviasi luasan yang terjadi akibat ketidaktepatan geometrik dalam hasil ortorektifikasi, serta untuk menentukan apakah citra yang digunakan memenuhi standar toleransi luasan untuk skala peta tertentu dalam konteks pemetaan dasar. adapun sampel kawasan Homogen untuk Luasan Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21 Kawasan Homogen Luasan Worldview 2 HD

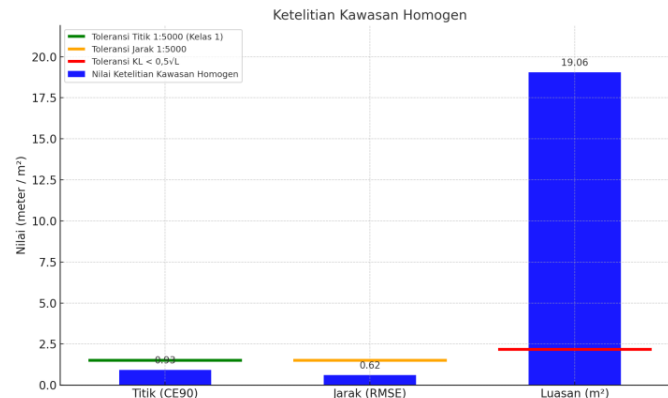
Pada kawasan homogen, hasil ortorektifikasi citra WorldView-2 HD menunjukkan nilai RMSE titik 0,61 m dengan CE90 sebesar 0,93 m, yang memenuhi ketelitian peta dasar skala 1:5.000 (kelas 1) tetapi tidak sesuai untuk skala 1:1.000. Nilai RMSE jarak sebesar 0,62 m juga hanya memenuhi toleransi pada skala 1:5.000, sementara uji luasan menghasilkan RMSE 19,06 m² yang jauh melebihi batas toleransi $\pm 2,18$ m². Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun distribusi GCP telah dilakukan secara merata, keterbatasan kontras dan tekstur visual pada wilayah homogen menyebabkan delineasi batas spasial kurang akurat. Dengan demikian, citra WorldView-2 HD lebih optimal digunakan pada kawasan homogen untuk peta dasar skala menengah (1:5.000), sedangkan akurasi luasan masih menjadi kendala signifikan.

Tabel 3 Hasil Ketelitian Kawasan Homogen

Parameter	Nilai	Toleransi	Keterangan
Titik (CE90)	0,93	$\leq 0,30$ (1:1.000) / $\leq 1,50$ (1:5.000)	Memenuhi skala 1:5.000 Kelas 1.
Jarak (RMSE)	0.62	$\leq 0,30$ (1:1.000) / $\leq 1,50$ (1:5.000)	Memenuhi syarat pada peta dasar skala 1:5.000.

Luasan (M2)	19.06	$\pm 2.18 \text{ m}^2$ (hasil KL < $\pm 0,5\sqrt{L}$)	RMSE luasan tidak memenuhi batas toleransi.
-------------	-------	--	---

Gambar berikut menampilkan grafik hasil evaluasi nilai RMSE berdasarkan tiga aspek ketelitian, yaitu posisi titik, jarak, dan luasan, pada kawasan Homogen.



Gambar 22 Grafik Kawasan Homogen

3.2.4 Variasi ketelitian Kawasan Heterogen

Pada pengukuran yang dilakukan pada bidang masing-masing kawasan didapatkan nilai ketelitian planimetrik dari hasil perhitungan rata-rata RMSE dari masing-masing kawasan pengukuran di lapangan. Nilai jarak dan nilai luas di dapatkan dari antar titik pada hasil pengukuran GPS RTK dan citra WorldView-2 HD hasil digitasi pada *software* ArcGIS.

3.2.4.1 Kawasan Heterogen Ketelitian Titik

Pada lokasi ini, koordinat titik hasil ortorektifikasi dibandingkan dengan koordinat referensi dari pengukuran GNSS presisi tinggi, kemudian dianalisis menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE) untuk menilai akurasi posisi horizontal yang dihasilkan. adapun sampel kawasan Heterogen untuk Titik Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23 Kawasan Heterogen Titik Worldview 2 HD

3.2.4.2 Kawasan Heterogen Ketelitian Jarak

Keberagaman ini memberikan referensi visual yang cukup kuat untuk proses identifikasi pasangan titik pengukuran. Jarak antar titik diukur langsung pada citra hasil ortorektifikasi dan dibandingkan dengan jarak aktual berdasarkan pengukuran GNSS presisi tinggi. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi ketelitian spasial pengukuran jarak pada kawasan dengan kondisi visual kompleks, serta untuk menilai apakah hasil ortorektifikasi memenuhi standar akurasi spasial untuk keperluan pemetaan dasar. adapun sampel kawasan Heterogen untuk Jarak Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24 Kawasan Heterogen Jarak Worldview 2 HD

3.2.4.3 Kawasan Heterogen Ketelitian Luasan

. Pada lokasi ini, hasil delineasi dari citra ortorektifikasi dibandingkan dengan luas referensi yang diperoleh dari pengukuran GNSS presisi tinggi. Analisis dilakukan untuk menilai sejauh mana akurasi luasan yang dihasilkan dapat memenuhi standar toleransi spasial pada skala peta tertentu, khususnya untuk kebutuhan pemetaan dasar pertanahan. adapun sampel kawasan Heterogen untuk Luasan Worldview-2 HD pada dapat dilihat pada Gambar 25.



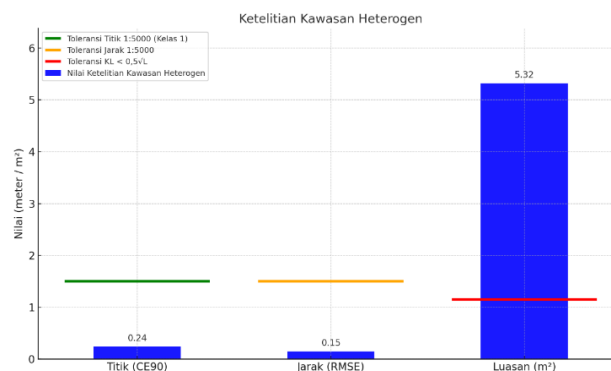
Gambar 25 Kawasan Heterogen Luasan Worldview 2 HD

Pada kawasan heterogen, hasil ortorektifikasi citra WorldView-2 HD menunjukkan ketelitian posisi yang sangat baik dengan RMSE titik 0,16 m dan CE90 0,24 m, memenuhi batas toleransi kelas 1 pada skala 1:1.000 maupun skala 1:5.000. Nilai RMSE jarak sebesar 0,15 m juga berada dalam kategori sangat baik karena sesuai dengan toleransi pada kedua skala tersebut. Kondisi ini dipengaruhi oleh keragaman fitur spasial pada kawasan heterogen, seperti kombinasi bangunan, vegetasi, dan infrastruktur yang memberikan kontras visual jelas bagi proses identifikasi citra. Namun demikian, hasil RMSE luasan sebesar 5,32 m² melebihi batas toleransi $\pm 1,15 \text{ m}^2$, sehingga tidak memenuhi standar ketelitian planimetrik luasan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun akurasi posisi dan jarak sudah sangat baik, delineasi batas bidang pada kawasan heterogen masih menghadapi kendala akibat deviasi interpretasi spasial maupun kesalahan digitasi.

Tabel 4 Hasil Ketelitian Kawasan Heterogen

Parameter	Nilai	Toleransi	Keterangan
Titik (CE90)	0,24	$\leq 0,30$ (1:1.000) / $\leq 1,50$ (1:5.000)	Memenuhi Kelas 1 pada skala 1:1.000.
Jarak (RMSE)	0.15	$\leq 0,30$ (1:1.000) / $\leq 1,50$ (1:5.000)	Memenuhi skala peta dasar 1:1.000 dan 1:5.000.
Luasan (M2)	5.32	$\pm 1.15 \text{ m}^2$ (hasil KL $< \pm 0,5\sqrt{L}$)	RMSE luasan tidak memenuhi batas toleransi.

Gambar berikut menampilkan grafik hasil evaluasi nilai RMSE berdasarkan tiga aspek ketelitian, yaitu posisi titik, jarak, dan luasan, pada kawasan Heterogen. Grafik ini disajikan untuk membandingkan hasil ortorektifikasi citra satelit WorldView-2 HD dengan batas toleransi ketelitian yang ditetapkan oleh Peraturan BIG No. 6 Tahun 2018, baik untuk skala 1:1.000 maupun 1:5.000, serta rumus toleransi kesalahan luasan $KL < \pm 0,5\sqrt{L}$. Visualisasi ini mempermudah pemahaman terhadap kinerja ketelitian citra pada masing-masing kawasan studi.



Gambar 4.26 Grafik Kawasan Heterogen

4. KESIMPULAN

Hasil ortorektifikasi citra satelit resolusi tinggi WorldView-2 HD dengan metode Rational Function Compute from GCPs menghasilkan nilai RMSE 0,48 piksel dengan CE90 sebesar 10,93 cm, yang berada di bawah toleransi 0,30 m sehingga memenuhi standar ketelitian Kelas 1 skala 1:1.000. Variasi ketelitian antar kawasan menunjukkan bahwa pada wilayah datar, homogen, dan bergelombang, akurasi posisi titik serta jarak umumnya hanya sesuai untuk peta dasar skala menengah (1:5.000), sementara aspek luasan tidak memenuhi toleransi. Sebaliknya, pada kawasan heterogen, ketelitian titik dan jarak mampu mencapai Kelas 1 skala 1:1.000 dan 1:5.000, meskipun ketelitian luasan tetap tidak sesuai standar. Temuan ini menegaskan bahwa citra WorldView-2 HD efektif untuk pemetaan peta dasar dengan akurasi tinggi pada aspek posisi dan jarak, tetapi masih memiliki keterbatasan dalam parameter luasan pada berbagai kondisi topografi maupun penutup lahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam proses penelitian ini khususnya Bapak Dr. Soni Darmawan, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dan memberi masukan selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR RUJUKAN

- Adi, K., & Yuwono, B. (2017). *Evaluasi ketelitian peta hasil orthorektifikasi citra satelit dan foto udara untuk pendaftaran tanah*. Universitas Gadjah Mada.
- Belfiore, O. R., & Parente, C. (2015). Orthorectification and pan-sharpening of WorldView-2 satellite imagery to produce high resolution coloured ortho-photos. *Modern Applied Science*, 9(9), 122–137.
- Hakim, N. I. A., Sabri, L. M., & Sukmono, A. (2019). Kajian akurasi citra satelit WorldView 4 pada pembuatan peta dasar pendaftaran tanah. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 308–316.
- Jurnal Bhumi STPN. (2020). Pengaruh jumlah sampel pada analisis ketelitian luasan. *Jurnal Bhumi STPN*, 5(2), 156–168.
- Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. (2019). Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 21 Tahun 2019 tentang Peta Dasar Pertanahan.
- Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. (1997). Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah.
- Nugroho, B., & Hartono, T. (2017). Evaluasi ketelitian orthorektifikasi citra satelit menggunakan titik kontrol lapangan. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 9(1), 45–56.
- Prasetyo, M. A., & Santosa, P. B. (2019). Klasifikasi topografi untuk pemetaan lahan menggunakan pendekatan fotogrametri. *Jurnal Geodesi*, 8(2), 115–123.
- Pratomo, A., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2017). Pengujian akurasi dan ketelitian planimetrik pada pemetaan bidang tanah pemukiman skala besar menggunakan wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 208–215.
- Sari, N., & Dewi, M. (2017). Karakteristik kawasan homogen dan pengaruhnya pada pemetaan. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 14(1), 35–43.