

PENGARUH SISTEM REFERENSI TINGGI *DIGITAL ELEVATION MODEL (MED)* PADA HASIL ORTOREKTIFIKASI CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI UNTUK MENDUKUNG PEMETAAN SKALA BESAR

(Effects of Using a Vertical Reference System from Digital Elevation Model (DEM) on High Resolution Imagery Orthorectification Result to Support Large-Scale Mapping)

Monica Maharani¹ dan Harintaka²

Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia¹

Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia²

Jl. PKH. Mustopha No. 23, Bandung 40124

E-mail: maharani.m@itenas.ac.id

ABSTRAK

Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai instansi yang ditunjuk oleh pemerintah sebagai penanggung jawab penyediaan informasi geospasial dasar sesuai dengan UU Informasi Geospasial nomor 4 Tahun 2011 memanfaatkan Citra Setelit Resolusi Tinggi (CSRT) untuk keperluan pembuatan peta skala 1:5.000. Pemanfaatan CSRT untuk pembuatan peta memerlukan pengolahan data yang lebih rumit dan terkontrol jika dibandingkan dengan penggunaan citra satelit resolusi sedang dan rendah, karena memerlukan proses ortorektifikasi. Proses ortorektifikasi melibatkan CSRT, titik kontrol tanah (TKT) dan model elevasi digital (MED). Komponen ortorektifikasi khususnya MED sering kali memiliki sistem referensi tinggi yang berbeda dengan komponen lain. Hal tersebut melatarbelakangi perlunya dilakukan suatu analisis mengenai pengaruh sistem referensi tinggi terhadap hasil ortorektifikasi. Proses analisis dilakukan dengan membandingkan tiga hasil ortorektifikasi CSRT yang diverifikasi oleh *independent check point* (ICP) hasil pengukuran langsung di lapangan. Hasil ortorektifikasi pertama diperoleh dari data CSRT (sistem ketinggian ellipsoid), TKT (sistem ketinggian ellipsoid) dan MED (sistem ketinggian ellipsoid). Hasil ortorektifikasi kedua diperoleh dari data CSRT (sistem ketinggian ellipsoid), TKT (sistem ketinggian ellipsoid) dan MED (sistem ketinggian EGM2008). Hasil ortorektifikasi ketiga diperoleh dari data CSRT (sistem ketinggian ellipsoid), TKT (sistem ketinggian EGM2008), dan MED (sistem ketinggian EGM2008). Hasil perbandingan menunjukkan bahwa CSRT, MED dan TKT yang berada dalam satu sistem referensi ketinggian, menghasilkan hasil ortorektifikasi citra yang lebih baik dibandingkan dengan MED dan TKT yang tidak dalam satu sistem referensi tinggi.

Kata kunci: Ortorektifikasi, Citra Satelit Resolusi Tinggi, Sistem Referensi, Geoid, Ellipsoid

ABSTRACT

Badan Informasi Geospasial, appointed institution by the government which provided basic geospatial information in accordance with Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 used High Resolution Configuration Image (HRSI) as their data to producing large scale map. HRSI data processing is more complicated and controlled than medium and low satellite images processing, due to orthorectification processes. Every orthorectification process needs HRSI, ground control points (GCP) and digital elevation models (DEM). Sometimes DEM has a different system from other components. Therefore, we need to analyze the effects of different systems on orthorectification results. The process was carried out by comparing three HRSI orthorectification results that were verified by the independent check point (ICP) from direct measurements. The first orthorectification result was obtained from HRSI (ellipsoid vertical system), GCP (ellipsoid vertical system) and DEM (ellipsoid vertical system). The second orthorectification result was obtained from HRSI (ellipsoid vertical system), GCP (ellipsoid vertical system) and DEM (EGM2008 vertical system). The third orthorectification result was obtained from HRSI (ellipsoid vertical system), GCP (EGM2008 vertical system) and DEM (EGM2008 vertical system). Result of the comparison is HRSI, DEM and GCP that in a one system, produced better results.

Keywords: Orthorectification, High Resolution Satellite Imagery, Reference System, Geoid, Ellipsoid

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Penggunaan citra satelit resolusi tinggi (CSRT) telah begitu berkembang untuk keperluan akuisisi data yang teliti. Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai instansi yang ditunjuk oleh pemerintah sebagai penanggung jawab penyediaan informasi geospasial dasar sesuai dengan UU Informasi Geospasial nomor 4 Tahun 2011 pun memanfaatkan CSRT untuk keperluan pembuatan peta skala 1:5.000. CSRT yang dimaksud adalah citra satelit tegak yang memiliki resolusi spasial kurang dari 1 meter (BIG, 2015).

Pemanfaatan CSRT untuk pembuatan peta memerlukan pengolahan data yang lebih rumit dan terkontrol jika dibandingkan dengan penggunaan citra satelit resolusi sedang dan rendah. Dalam proses georeferensi pun, menurut *United States Geological Survey* (USGS) (2015) CSRT tidak cukup direktifikasi saja melainkan harus diortorektifikasi. Hal ini disebabkan karena CSRT mempunyai karakteristik piktorial yang setara dengan foto udara (USGS, 2015). Proses ortorektifikasi merupakan pekerjaan mendasar pada pengolahan CSRT (Gianonne, 2006). Proses ortorektifikasi akan menghasilkan citra yang terortorektifikasi (Baltsavias dkk., 2006). Citra yang terortorektifikasi adalah citra yang telah terbebas dari kesalahan distorsi pada sensor perekaman maupun distorsi karena pergeseran relief (Welch dan Jordan, 1996). Ortorektifikasi memiliki maksud untuk mengurangi kesalahan posisi sensor terhadap posisi aslinya di permukaan bumi (Merce, 2015).

Proses ortorektifikasi memerlukan dukungan model elevasi digital (MED) (Barazzetti dkk., 2010; Albertz dan Wolf, 2004; Welch dan Jordan, 1996), titik kontrol tanah (TKT) (Ayhan dkk., 2006) dan CSRT itu sendiri. Ketiga komponen yang digunakan pada proses ortorektifikasi memberikan pengaruh terhadap hasil ortorektifikasi yang dikerjakan. MED dalam proses ortorektifikasi diperlukan karena keberadaan TKT pada proses rektifikasi CSRT saja tidak cukup (Weng, 2011; Reddy, 2008; Lillesand dkk., 2004; Janssen dan Huurneman, 2001). Distorsi yang dikoreksi oleh rektifikasi menggunakan TKT, sesungguhnya memunculkan distorsi baru pada daerah yang jauh dari posisi TKT (PCI, 2003). TKT juga tidak dapat melakukan koreksi terhadap pergeseran relief yang terjadi pada citra. Oleh karena itu, MED diperlukan untuk menghilangkan pergeseran relief (Baltsavias dkk., 2006).

Model Elevasi Digital yang berkualitas dengan resolusi yang lebih besar dalam ortorektifikasi CSRT mampu menghasilkan skala peta yang semakin tinggi (Amato dkk., 2004). Namun demikian, dalam praktik pekerjaan ortorektifikasi, banyak operator tidak menyadari bahwa MED yang telah dibeli ataupun diproduksi untuk digunakan dalam proses ortorektifikasi, terkadang memiliki sistem referensi tinggi atau referensi vertikal yang berbeda dengan TKT dan CSRT itu sendiri. Dalam pekerjaan geodesi, perbedaan sistem referensi dipercaya sangat menjadi kendala dalam pencapaian hasil akurasi dan kesesuaian pada suatu pemetaan.

Mengingat proses ortorektifikasi merupakan proses yang penting dalam pengolahan CSRT, perlu diketahui lebih lanjut mengenai pengaruh komponen ortorektifikasi khususnya MED yang sistem referensi tingginya berbeda dengan komponen lain, pada hasil ortorektifikasi CSRT yang diperoleh untuk keperluan pembuatan peta skala besar. Pemanfaatan CSRT secara optimal dalam pembuatan peta skala besar tentu sangat diharapkan mengingat biaya pengadaan CSRT yang telah dikeluarkan tidaklah sedikit. Hasil dari makalah ini diharapkan mampu mendukung dalam perbaikan maupun pengembangan proses ortorektifikasi yang sedang dilakukan oleh Badan Informasi Geospasial, guna mencapai pemanfaatan CSRT yang efisien.

TUJUAN

Model Elevasi Digital yang telah dibeli ataupun diproduksi untuk digunakan dalam proses ortorektifikasi, terkadang memiliki sistem referensi tinggi yang berbeda dengan CSRT maupun TKT yang akan digunakan. Perbedaan ini terkadang tidak disadari oleh operator, mengingat saat ini pengolahan data dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak. Dalam pekerjaan geodesi, perbedaan sistem referensi dipercaya sangat menjadi kendala dalam pencapaian hasil akurasi dan kesesuaian pada suatu pemetaan. Adanya kondisi perbedaan referensi tersebut, perlu diketahui

lebih lanjut akibatnya pada hasil ortorektifikasi CSRT. Makalah ini nantinya diharapkan mampu memberikan pertimbangan dalam perbaikan maupun pengembangan proses ortorektifikasi CSRT guna mendukung pemetaan skala besar 1:5.000.

LITERATUR

ORTOREKTIFIKASI

Ortorektifikasi merupakan proses yang dijalankan menggunakan suatu model matematik. Ada dua kelompok model matematik yang digunakan dalam proses ortorektifikasi, yakni parametrik dan non-parametrik (Aguilar dkk., 2012). Parametrik adalah suatu model matematik *rigorous* 3 dimensi atau model matematik fisik yang dapat menyajikan secara akurat gerakan sensor satelit di ruang angkasa dan hubungan antara ruang citra satelit dan ruang tanah. Penggunaan metode ini tergantung pada ketersediaan informasi mengenai sensor dan data efemeris satelit. Metode ini hanya dapat dilakukan apabila data mengenai sensor dan data efemeris satelit tersedia. Kedua data tersebut dapat diperoleh dari metadata citra. Setiap satelit memiliki sensor dan efemeris yang berbeda, oleh karena itu model matematik yang nantinya dapat dihasilkan pun akan berbeda-beda (Aguilar dkk., 2012). Apabila metadata citra tidak diberikan oleh penyedia data, metode pendekatan menggunakan model Toutin dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut (Chmiel dkk., 2004). Non-parametrik adalah suatu model empirik atau aproksimasi yang memberikan perkiraan hubungan antara ruang gambar dan ruang objek tanpa membutuhkan informasi mengenai pergerakan sensor di ruang angkasa, ephemetis satelit ataupun kondisi satelit. Model matematik yang digunakan untuk proses transformasi sistem koordinat citra ke sistem koordinat tanah adalah *rational fuction* (Aguilar dkk. 2012). Pada prinsipnya model matematik *rational function* akan membuat korelasi antara titik di piksel dan titik di tanah berdasarkan pada rasio dari dua fungsi polinomial kubik (orde 3) (Chmiel dkk. 2004). Proses ortorektifikasi yang dilakukan pada metodologi makalah ini menggunakan model non-parametrik dengan *rational function*, sesuai dengan prosedur yang biasa dilakukan oleh BIG.

RATIONAL POLYNOMIAL COEFFICIENT (RPC)

Rational Polynomial Coefficient (RPC) menurut ASTRIUM (2012) adalah suatu model analitik yang menunjukkan hubungan antara koordinat citra, *altitude* dan koordinat tanah. RPC merupakan salah satu model *rational function* (Chmiel dkk., 2004). RPC merupakan perbandingan dua polinomial kubik koordinat tanah dan menyediakan fungsional antara koordinat tanah dan koordinat citra (Frianzah, 2009). Dalam penelitian ini, proses ortorektifikasi dilakukan secara non-parametrik dengan melibatkan *rational function* berupa RPC. Metode ini tidak memerlukan metadata citra yang detail seperti yang digunakan pada model parametrik.

Rational function disediakan untuk membawa koordinat tanah ke koordinat citra secara berurutan (Julzarika, 2010). RPC pada citra yang dikeluarkan oleh Airbus Defense and Space memiliki ekstensi *.rpc. RPC pada citra yang dikeluarkan oleh Digital Globe memiliki ekstensi *.rpb. Setiap citra memiliki *adjustment order* yang berbeda sesuai dengan jenis sensor yang dimiliki.

METODE

Penelitian yang dituangkan dalam makalah ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi persiapan, pengumpulan data, pengolahan data dan penyajian hasil. Tahapan persiapan dilakukan dengan menyusun kebutuhan penelitian dan studi pustaka serta persiapan peralatan dan bahan penelitian. Pengolahan data yang dimaksud dalam penelitian ini adalah ortorektifikasi.

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah Kabupaten Badung dan sekitarnya mengikuti area perekaman citra di Pulau Bali. Kabupaten Badung, Bali dapat dilihat pada **Gambar 1**. Area sekitarnya yang dimaksud dalam penelitian adalah area di sekitar Kabupaten Badung yang terekam pada setiap *scene* citra yang digunakan. Kabupaten Badung dipilih sebagai area penelitian karena memiliki variasi permukaan yang cukup tajam. Area ini memiliki dataran rendah yang ditunjukkan dengan keberadaan pantai di bagian selatan dan memiliki dataran tinggi yang ditunjukkan dengan keberadaan gunung di bagian utara. Area yang memiliki ragam variasi

permukaan, diharapkan mampu menghasilkan analisis data yang lebih detail terkait hasil ortorektifikasi untuk setiap jenis permukaan dalam suatu area yang sama.



Sumber: Maharani (2016)

Gambar 1. Lokasi Kabupaten Badung, Bali.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari komputer personal, sedangkan perangkat lunak terdiri dari: PCI Geomatics 2015 yang digunakan untuk melakukan proses ortorektifikasi pada bagian Orthoengine. ArcMap yang digunakan untuk melakukan koreksi sistem referensi pada MED. Microsoft Excel yang digunakan untuk melakukan koreksi sistem referensi pada TKT. Global Mapper 16 yang digunakan untuk membantu proses pengecekan hasil ortorektifikasi.

Data yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi: 8 buah bundle data CSRT Kabupaten Badung dan sekitarnya. MED Kabupaten Badung dan sekitarnya yang diperoleh dari TerraSAR-X dengan sistem referensi tinggi pada EGM2008. Data undulasi geoid wilayah Kabupaten Badung dan sekitarnya yang diperoleh dari website srgi.big.go.id. Koordinat TKT dan Independent Check Point (ICP) Kabupaten Badung yang diperoleh dari pengukuran menggunakan GPS Geodetik dengan sistem referensi tinggi pada ellipsoid. Seluruh CSRT yang digunakan telah mengalami proses resampling sehingga memiliki resolusi spasial sebesar 0,5 m untuk kanal pankromatik dan 2 m untuk kanal multispektral.

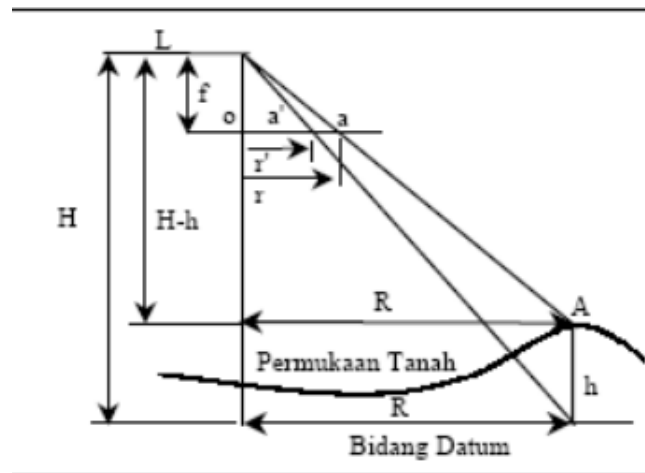
Pergeseran relief atau pergeseran bayangan merupakan ketidaktepatan posisi objek pada citra yang disebabkan oleh perbedaan tinggi terhadap bidang referensi (Harintaka, 2003). Efek pergeseran bayangan objek pada citra selalu terjadi pada lokasi yang menjauhi pusat proyeksi. Pada CSRT, pusat proyeksi berada di sepanjang jalur perekaman data yaitu pada posisi vertikal citra. Hal ini disebabkan karena sensor yang digunakan untuk merekam objek di permukaan bumi merupakan sensor *pushbroom*.

Pergeseran relief disebabkan oleh adanya distorsi akibat suatu objek di permukaan bumi yang memiliki ketinggian (Levin, 1999; Marther dan Koch, 2011; Weng, 2011). Pergeseran relief tidak dapat dikoreksi menggunakan TKT, metadata maupun proses rektifikasi atau *geocoding* citra saja (Schowengerdt, 2007). Pergeseran relief semakin besar nilainya seiring semakin menjauhnya suatu objek tersebut dari pusat proyeksi citra (Lillesand dkk., 2004). Pergeseran relief dapat dihilangkan dengan proses ortorektifikasi menggunakan MED (Baltsavias dkk., 2006; Albertz dan Wolf, 2004).

Gambar 2 menunjukkan pergeseran bayangan yang terjadi. Titik A di permukaan bumi seharusnya mempunyai bayangan *a'* pada bidang citra, tetapi karena titik A yang mempunyai elevasi (*h*) terhadap bidang datum maka bayangannya berada pada titik *a*. Pergeseran *a'* ke *a* merupakan pergeseran bayangan yang selalu mempunyai sifat menjauhi pusat proyeksi *o*. Jika citra mempunyai kemiringan, maka pergeseran ideal relief adalah sebesar $d=(r-r')$ yang dihitung dengan melibatkan besar kemiringan *tilt*. Menurut Moffit and Mikhail (1980), besar pergeseran relief (*d*) pada citra tegak dihitung dengan **Persamaan 1**.

$$d = \frac{r'h}{H - h} \dots\dots\dots(1)$$

dimana,
 d = pergeseran relief.
 r' = jarak bayangan dari pusat proyeksi.
 h = tinggi objek di permukaan Bumi di atas datum.
 H = tinggi pusat proyeksi di atas bidang datum.

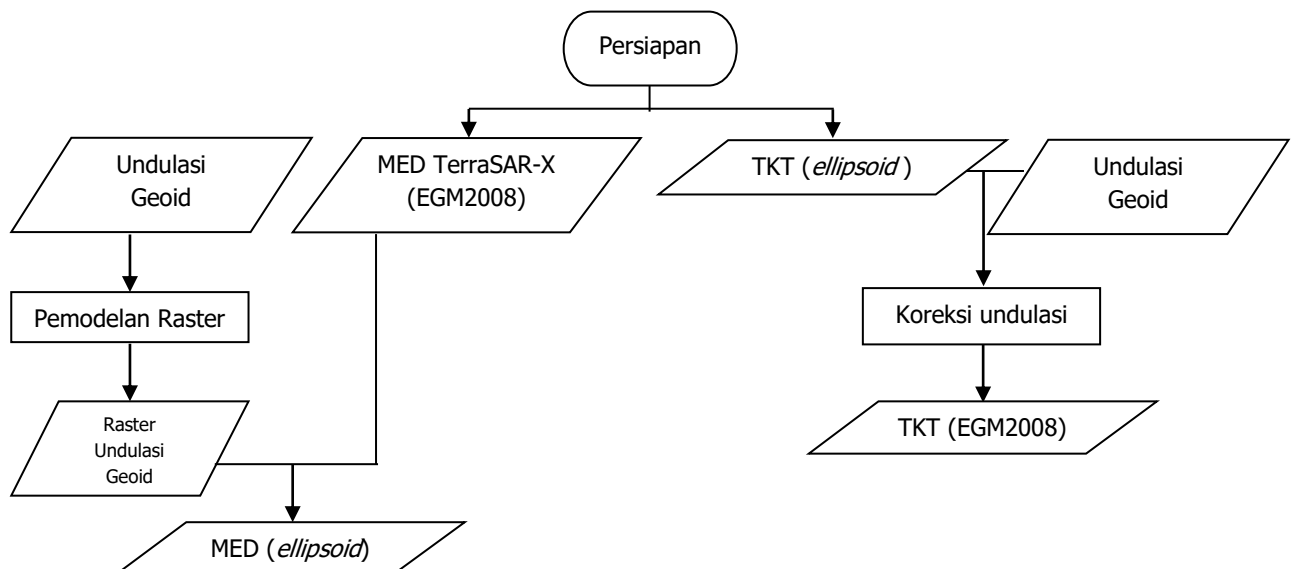


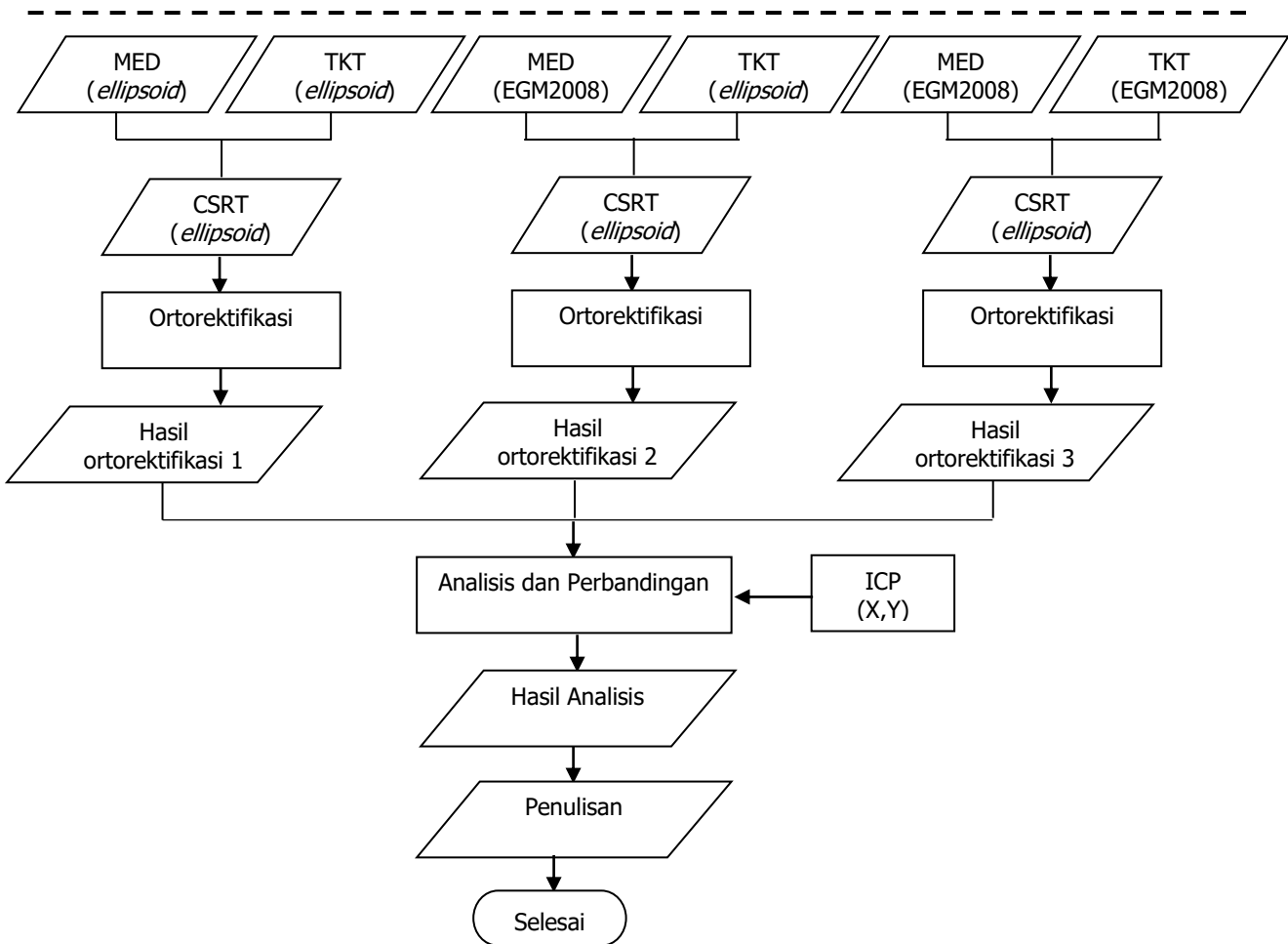
Sumber: Julzarika (2010)]

Gambar 2. Kondisi Pergeseran Relief.

Berdasarkan persamaan (1), semakin besar nilai ketinggian objek dan semakin jauh jarak bayangan dari pusat proyeksi, maka nilai pergeseran relief akan jauh lebih besar. Pergeseran relief bernilai 0 apabila objek tersebut berada pada nilai $r' = 0$ atau objek tepat berada pada pusat proyeksi citra (Lillesand dkk., 2004). Weng (2011) menjelaskan bahwa dalam proses ortorektifikasi, dilakukan koreksi pergeseran relief secara bagian per bagian atau piksel per piksel. Koreksi ini mengakibatkan objek yang tadinya memiliki ketinggian seolah-olah menjadi datar. Ortorektifikasi dilakukan menggunakan perangkat lunak PCI Geomatics 2015, dengan data yang digunakan adalah kumpulan CSRT untuk Kabupaten Badung, Bali. Proses analisis dilakukan dengan membandingkan tiga hasil ortorektifikasi CSRT yang diverifikasi oleh *independent check point* (ICP) hasil pengukuran langsung di lapangan. Hasil ortorektifikasi pertama diperoleh dari data CSRT (sistem ketinggian ellipsoid), TKT (sistem ketinggian ellipsoid) dan MED (sistem ketinggian ellipsoid). Hasil ortorektifikasi kedua diperoleh dari data CSRT (sistem ketinggian ellipsoid), TKT (sistem ketinggian ellipsoid) dan MED (sistem ketinggian EGM2008). Hasil ortorektifikasi ketiga diperoleh dari data CSRT (sistem ketinggian ellipsoid), TKT (sistem ketinggian EGM2008) dan MED (sistem ketinggian EGM2008).

Diagram alir penelitian yang disajikan dalam makalah ini, dapat dilihat pada **Gambar 3**.

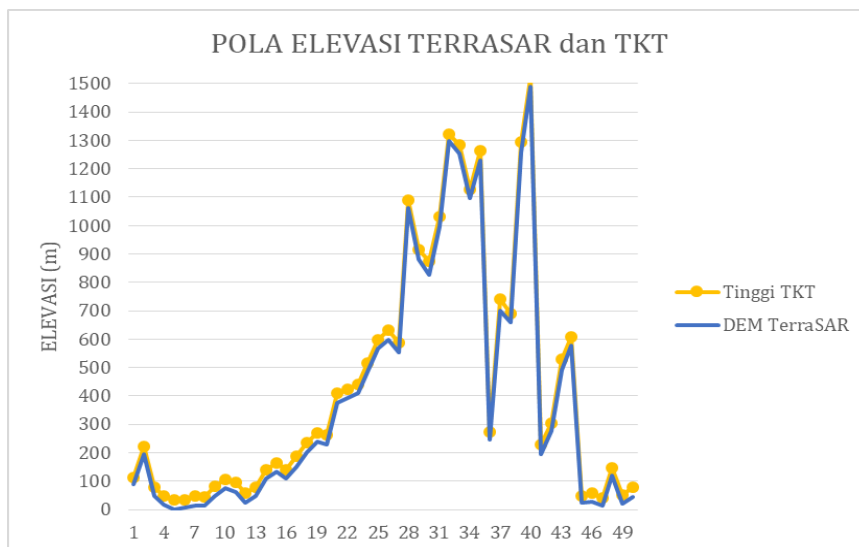




Gambar 3. Diagram Alir Proses Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 menunjukkan suatu kejanggalan dimana suatu nilai ketinggian pada titik yang sama memiliki perbedaan apabila diamati dari MED dan hasil ukuran TKT. Kondisi ideal adalah titik yang sama memiliki ketinggian yang sama pada model apapun. Dalam penelitian ini, perbedaan nilai ketinggiannya pun sangat jauh, yakni mencapai angka 31 meter.

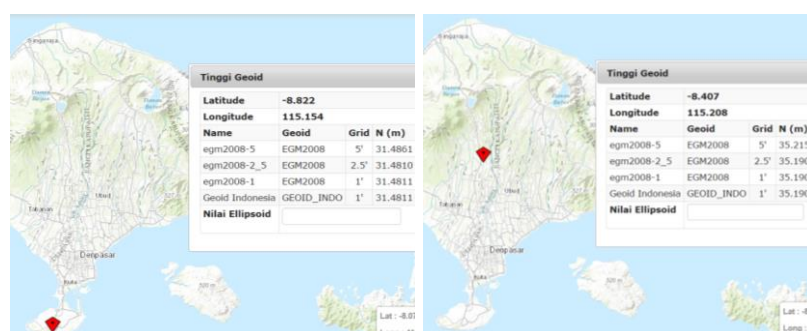


Sumber: Maharani (2016)

Gambar 4. Pola Elevasi pada MED TerraSAR-X dengan TKT

Kondisi tersebut dapat terjadi akibat dari MED TerraSAR-X memiliki referensi tinggi yang berbeda dengan TKT hasil pengukuran GPS meskipun keduanya menggunakan sistem referensi horizontal yang sama, yaitu *ellipsoid* WGS84. Perbedaan referensi vertikal inilah yang menyebabkan perbedaan nilai ketinggian yang sangat signifikan antara MED dengan TKT. Dalam metadata MED diketahui bahwa MED TerraSAR-X memiliki referensi tinggi EGM2008, sedangkan hasil ukuran GPS memiliki sistem referensi tinggi yang sama dengan sistem referensi horizontal yaitu *ellipsoid*. EGM2008 merupakan model geoid global.

Perbedaan ketinggian yang cukup signifikan dipastikan merupakan nilai undulasi geoid. Untuk memperkuat hal tersebut, informasi nilai undulasi geoid pada area penelitian ini kemudian dicari. Pencarian mengenai nilai undulasi geoid dilakukan pada situs milik BIG yang mengakomodasi informasi mengenai geoid yaitu <http://srgi.big.go.id/peta/geoid.jsp>. Hasil dari pengambilan informasi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5**. Berdasarkan sampel yang diambil, terbukti nilai undulasi geoid pada wilayah penelitian ini memiliki kisaran 31 meter. Nilai yang mendekati rata-rata selisih di antara kedua MED dengan tinggi TKT hasil ukuran GPS.



Sumber: Maharani (2016)

Gambar 5. Sampel Pengambilan Informasi Nilai Undulasi Geoid.

Dengan adanya nilai selisih yang cukup besar antar ketinggian suatu titik di atas MED dengan TKT akibat perbedaan sistem referensi tinggi, perolehan hasil ortorektifikasi sangat menyimpang dengan kondisi asli di lapangan. **Tabel 1** menunjukkan bahwa hasil ortorektifikasi saat MED dan TKT memiliki perbedaan sistem referensi tinggi, memiliki penyimpangan sebesar 5,05 meter. Berbeda halnya dengan **Tabel 2** dan **Tabel 3**, saat MED dan TKT memiliki sistem referensi yang sama, penyimpangan hasil ortorektifikasi yang diperoleh masing-masing hanya 2,59 meter saat MED dan TKT berada pada sistem EGM2008 dan 2,53 saat MED dan TKT berada ada sistem *ellipsoid*.

Tabel 1. Perhitungan pada hasil ortorektifikasi citra dengan MED dan TKT yang sistem referensinya berbeda.

No	ID ICP	E ICP (m)	N ICP (m)	E CITRA (m)	N CITRA (m)	SELISIH E (m)	SELISIH N (m)
1	ICP_108	294269,78	9095569,32	294273	9095569	3,22	0,32
2	ICP_090	294119,26	9087512,18	294124	9087510,5	4,74	1,68
3	ICP_091	299842,20	9086078,66	299845,5	9086078,5	3,30	0,16
4	ICP_071	295991,19	9083031,19	295995	9083030,5	3,81	0,69
5	ICP_072	301057,03	9080951,56	301060,5	9080952,5	3,47	0,94
6	ICP_052	296513,74	9072772,63	296518	9072774,5	4,26	1,87
7	ICP_035	301454,73	9070540,52	301455,5	9070543	0,77	2,48
8	ICP_034	294344,58	9065942,48	294350	9065945	5,42	2,52
9	ICP_023	300121,86	9061864,24	300126	9061867	4,14	3,26
10	ICP_014	292937,63	9055476,66	292943	9055480	5,38	3,84
11	ICP_010	293655,16	9046075,96	293661	9046082	5,84	6,04
RATA - RATA						4,03	2,16
MAKSIMAL						5,84	6,04
MINIMAL						0,77	0,16
RMSE						4,25	2,73
RMSE total						5,05	

Tabel 2. Perhitungan pada hasil ortorektifikasi citra dengan MED dan TKT yang sistem referensi tingginya dalam EGM2008

No	ID ICP	E ICP (m)	N ICP (m)	E CITRA (m)	N CITRA (m)	SELISIH E (m)	SELISIH N (m)
1	ICP_108	294269,78	9095569,32	294268	9095566,5	1,78	2,82
2	ICP_090	294119,26	9087512,18	294119	9087508	0,26	4,18
3	ICP_091	299842,20	9086078,66	299840,5	9086076	1,70	2,66
4	ICP_071	295991,19	9083031,19	295990	9083029	1,19	2,19
5	ICP_072	301057,03	9080951,56	301055,5	9080950	1,53	1,56
6	ICP_052	296513,74	9072772,63	296513	9072772	0,74	0,63
7	ICP_035	301454,73	9070540,52	301450,5	9070540,5	4,23	0,02
8	ICP_034	294344,58	9065942,48	294345	9065942,5	0,42	0,02
9	ICP_023	300121,86	9061864,24	300121	9061865	0,86	0,76
10	ICP_014	292937,63	9055476,66	292938	9055478	0,38	1,34
11	ICP_010	293655,16	9046075,96	293656	9046077	0,84	1,04
RATA - RATA						1,27	1,56
MAKSIMAL						4,23	4,18
MINIMAL						0,26	0,02
RMSE						1,65	1,99
RMSE total						2,59	

Tabel 4 menunjukkan hasil hitungan yang menyatakan bahwa apabila MED dan TKT yang berada dalam satu sistem referensi ketinggian, menghasilkan hasil ortorektifikasi citra yang lebih baik dibanding dengan MED dan TKT yang tidak dalam satu sistem referensi tinggi. Terbukti benar bahwa MED dan TKT yang memiliki satu sistem referensi tinggi, menghasilkan hasil RMSE pengecekan ICP yang nilainya hampir sama dengan RMSE saat pemrosesan citra tersebut. Saat dilihat bahwa selisih RMSE hasil ortorektifikasi yang dihasilkan oleh MED dan TKT tidak dalam satu sistem dengan MED dan TKT dalam satu sistem referensi tinggi yang hampir 3 meter, menunjukkan bahwa proses persamaan sistem referensi vertikal pun juga penting dan sangat berpengaruh pada hasil ortorektifikasi.

Model elevasi digital dan TKT merupakan komponen yang sangat penting dalam pemrosesan ortorektifikasi, apabila kedua data tidak menyatu dengan sempurna oleh karena penggunaan sistem referensi tinggi yang berbeda, kondisi akan mengakibatkan ketidaksesuaian hasil ortorektifikasi yang diperoleh. Dalam proses ortorektifikasi MED digunakan untuk melakukan koreksi pergeseran relief. MED dan TKT yang tidak menyatu dengan sempurna, akan mengakibatkan proses koreksi pergeseran relief dalam proses ortorektifikasi tidak akan berjalan dengan sempurna, sehingga dapat dipastikan proses pengolahan citra setara dengan proses rektifikasi secara 2 (dua) dimensi saja.

Tabel 3. Perhitungan pada hasil ortorektifikasi citra dengan MED dan TKT yang sistem referensi tingginya dalam *ellipsoid*.

No	ID ICP	E ICP (m)	N ICP (m)	E CITRA (m)	N CITRA (m)	SELISIH E (m)	SELISIH N (m)
1	ICP_108	294269,78	9095569,32	294273	9095569	1,28	2,32
2	ICP_090	294119,26	9087512,18	294124	9087510,5	0,24	3,68
3	ICP_091	299842,20	9086078,66	299845,5	9086078,5	1,20	2,16
4	ICP_071	295991,19	9083031,19	295995	9083030,5	1,69	2,69
5	ICP_072	301057,03	9080951,56	301060,5	9080952,5	1,53	1,56
6	ICP_052	296513,74	9072772,63	296518	9072774,5	0,24	0,63
7	ICP_035	301454,73	9070540,52	301455,5	9070543	4,73	0,03
8	ICP_034	294344,58	9065942,48	294350	9065945	0,08	0,02
9	ICP_023	300121,86	9061864,24	300126	9061867	1,36	0,26
10	ICP_014	292937,63	9055476,66	292943	9055480	0,88	1,34
11	ICP_010	293655,16	9046075,96	293661	9046082	0,84	1,04
RATA - RATA						1,28	1,43
MAKSIMAL						4,73	3,68
MINIMAL						0,08	0,02
RMSE						1,76	1,82
RMSE total						2,53	

Tabel 4. Perbandingan Ketelitian Ketiga Hasil Ortorektifikasi

HASIL	Sistem Referensi KetinggianData			Ketelitian		
	CSRT	MED	TKT	RMS X (Easting)	RMS Y (Northing)	RMSE (total)
1	<i>ellipsoid</i>	EGM2008	<i>ellipsoid</i>	4,25 m	2,73 m	5,05 m
2	<i>ellipsoid</i>	EGM2008	EGM2008	1,65 m	1,98 m	2,59 m
3	<i>ellipsoid</i>	<i>ellipsoid</i>	<i>ellipsoid</i>	1,76 m	1,82 m	2,53 m

KESIMPULAN

Sistem referensi tinggi yang digunakan pada data ortorektifikasi, memiliki pengaruh yang besar pada hasil proses ortorektifikasi yang akan diperoleh. Dalam proses ortorektifikasi, amat penting dilakukan penyamaan sistem referensi antar data tidak hanya sistem referensi horizontal TKT saja, melainkan juga sistem referensi tinggi. Saat MED dan TKT ada pada sistem referensi tinggi yang berbeda, terjadi penyimpangan hasil ortorektifikasi yang sangat besar akibat proses koreksi pergeseran relief yang tidak dapat berjalan oleh karena tidak menyatunya hasil rektifikasi CSRT berdasarkan TKT dengan MED. Penyimpangan yang besar, membuat hasil ortorektifikasi tidak akan memenuhi kriteria ketelitian peta skala 1:5.000 yang telah ditetapkan BIG sebesar 2,5 meter. Membawa sistem referensi MED ke *ellipsoid*, menjadi hasil terbaik pada penelitian di atas dibanding dengan metode lain, karena CSRT yang dimiliki pun memiliki sistem referensi tinggi *ellipsoid*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang membantu penulis dalam melakukan penelitian khususnya seluruh staf Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponimi (PPRT) BIG.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar, M. A., Saldana, M. d. M. dan Aguilar, F. J. (2012). *Assessing Geometric Accuracy of the Orthorectification Process from GeoEye-1 and WorldView-2 Panchromatic Images*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 21, 427–435.
- Albertz, J. dan Wolf, B. (2004). *Generating True Orthoimages Without A 3D Surface Model*. XXth ISPRS Congress Technical Commission III, 35 Part B3, 693697.
- Amato, R., Dardanelli, G., Emmolo, D., Franco, V., Lo, B. M., Midulla, P., Orlando, P. dan Villa, B. (2004). *Digital Orthophotos at A Scale Of 1:5000 From High Resolution Satellite Images*. XXth ISPRS Congress Technical Commission IV, 35 Part B4, 593-598.
- Astrium, 2012, *Pleiades User Guide*, GEO-Information Services, Eads Company, Centre National D'Etudes Spatiales.
- Ayhan, E., Erden, Ö., Atay, G. dan Tunc, E. (2006). *Digital Orthophoto Generation with Aerial Photos and Satellite Images and Analyzing of Factors which Affect Accuracy*. FIG Congress Photogrammetry and Remote Sensing, 23, 0552-0565.
- Badan Informasi Geospasial (BIG). (2015). *Citra Satelit Optis Resolusi Sangat Tinggi untuk Kebutuhan Nasional*. Jakarta.
- Baltsavias, E., Zhang, L., Holland, D., Srivastava, P. K., Krishna, B. G. dan Srinivasan, T. P. (2006). *Extraction of Geospatial Information from High Spatial Resolution Optical Satellite Sensors*. An Article ISPRS Technical Commission IV Symposium Geospatial Databases for Sustainable Development, 36 Part 4.
- Barazzetti, Luigi, Brovelli, Antonia, M., Valentini dan Luana. (2010). *LiDAR Digital Building Models for True Orthophoto Generation*. Applied Geomatics, 2, 187-196.
- Chmiel, J., Kay, S. dan Spruyt, P. (2004). *Orthorectification and Geometric Quality Assessment of Very High Spatial Resolution Satellite Imagery for Common Agricultural Policy Purposes*. XXth ISPRS Congress Technical Commission IV, 35 Part B4, 1019-1024.
- Frianzah, A. (2009). *Pembuatan Orthoimage dari Citra ALOS Prism*. Skripsi Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UGM, Yogyakarta.
- Giannone, F. 2006. *A Rigorous Model for High Resolution Satellite Imagery Orientation*. University of Rome.

- Harintaka, (2003). *Penggunaan Persamaan Kolinier untuk Rektifikasi Citra Satelit SPOT secara Parsial*. Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta.
- Janssen, L. L. F. dan Huurneman, G. C. 2001. *Principles of Remote Sensing*, Enschede, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC).
- Julzarika, A. (2010). *Perbandingan Teknik Orthorektifikasi Citra Satelit SPOT-5 Wilayah Semarang dengan Metode DMP dan RPCs*. jurnal. LAPAN.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. dan Chipman, J. W. (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation*, United States of America, John Wiley & Son, Inc.
- Levin, N. 1999. *Fundamentals of Remote Sensing*, Italy, International Maritime Academy.
- Maharani, M. (2016). *Kajian Proses Ortorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi untuk Pemetaan Skala Besar*. Tesis Pascasarjana Teknik Geomatika Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 143 hlm.
- Mather, P. M. dan Koch, M. (2011). *Computer Processing of Remotely Sensed Images - An Introduction*, United Kingdom, John Wiley & Sons, Inc.
- Merce. JB., 2015, "Orthorectification of Satellite Images Using External DEMs from IfSAR, Intermap Technologies Corp.
- Moffitt, F.H., Mikhail, E.M. (1980). *Photogrammetry* 3rd ed. Harper and Row.
- PCI Geomatics. (2015). *Understanding Adjustment Order* Cited in http://www.pcigeomatics.com/geomaticahelp/concepts/orthoengine_c/rpc_adj_ord_spec [22 Januari 2016].
- RI (Republik Indonesia). (2012). Undang-Undang No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan. Lembaran Negara RI Tahun 2012, No. 227. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Reddy, M. A. (2008). *Remote Sensing and Geographical Information Systems* Hyderabad, BS Publications.
- Schowengerdt, R. A. (2007). *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing*, London, Elsevier Inc.
- USGS. (2015). *High Resolution Imagery*. Cited in https://lta.cr.usgs.gov/high_res_ortho [25 November 2015].
- Weng, Q. (2011). *Advances in Environmental Remote Sensing - Sensors, Algorithms, and Applications*, New York, CRC Press Taylor & Francis Group.