

CITRA TEGAK RESOLUSI TINGGI UNTUK PENGELOLAAN LINGKUNGAN

High Resolution of Ortho Image for Environmental Management

Asep Karsidi

Pusat Teknologi Lingkungan (PTL)
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Gedung 820 Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15314
Email: asepkarsidi@bppt.go.id

Diterima: 23 Mei 2014; Diperiksa: 2 Juni 2014; Revisi: 16 Juni 2014; Disetujui: 30 Juni 2014

Abstract

The common society is not fully understood about map and its function. Moreover when Satellite Imagery now easily accessed from the internet and present as media to provide spatial information, it will make confuse whether the satellite imagery is correct, good quality or not. Maps have been produced based on mapping procedure, meanwhile satellite imagery is not a map. Satellite imagery can be used as a map if this image has been corrected and processed based on mapping procedure. Ortho image is the image map that can be used to support any activities including environmental management.

Keywords: ortho image, photogrammetry, orthorectification, map

Abstrak

Masyarakat umum belum sepenuhnya memahami tentang peta dan fungsinya, masih banyak yang keliru mengambil informasi yang terkandung didalam selembar peta. Dengan kehadiran citra satelit yang begitu mudah diakses melalui media internet semakin mengkhawatirkan terhadap pemahaman informasi yang dikandung dalam selembar citra dan selembar peta. Citra yang belum atau tidak melalui proses koreksi sesuai kaidah pemetaan akan menyesatkan, sebaliknya peta yang diproduksi bersumber dari citra satelit atau fotogrametris telah melalui proses sesuai kaidah pemetaan sehingga dimensi ukuran dan orientasi objek sebagai informasi yang dikandung dalam selembar peta atau peta citra dapat diandalkan dan tidak akan menyesatkan. Citra tegak resolusi tinggi merupakan peta citra yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi berbasis keruangan yang handal untuk berbagai tujuan termasuk pengelolaan lingkungan.

Kata kunci: citra tegak, fotogrametri, ortoretrifikasi, peta

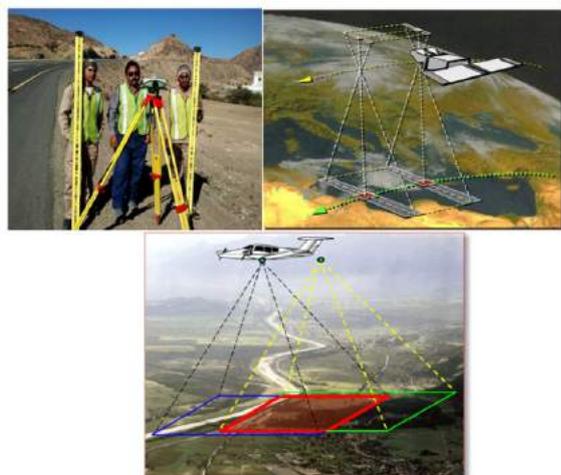
1. PENDAHULUAN

Dipahami bersama bahwa peta sangat membantu sebagai sarana untuk mengenali suatu objek dimuka bumi, peta sering dipakai untuk mengetahui kemana arah tujuan berpergian karena didalam peta tersaji informasi tentang fenomena dan kondisi muka bumi (sekarang dikenal dengan istilah Informasi Geospasial). Secara definisi, Peta adalah: "Model 3D Dunia Nyata diatas bidang lengkung yang disajikan secara 2D diatas bidang datar pada system koordinat kartesian dengan perbandingan Skala tertentu, serta memiliki karakteristik dimensi jarak, sudut dan luasan yang benar" [1]. Kata kuncinya adalah system Koordinat dan Skala tertentu, sehingga kandungan objek yang digambar pada setiap peta kedetilannya akan berbeda sesuai dengan Skala peta tersebut. Peta dengan Skala 1: 5 000 memiliki kandungan objek yang digambarkan lebih rinci dibanding dengan Peta yang memiliki Skala 1: 25 000. Dalam Peta berskala 1: 5 000 menggambarkan 1 cm objek didalam Peta

sama dengan objek yang berukuran 5000 cm (50m) dilapangan. Sedangkan di dalam Peta Skala 1: 25 000, 1 cm objek didalam Peta sama dengan objek yang berukuran 25 000 cm (250m) dilapangan. Oleh karena itu kedetilan objek di dalam peta Skala 1:25 000 tidak sama dengan kedetilan objek pada Peta Skala 1: 5000 karena dalam peta skala 1: 25000 objek yang berukuran lebih kecil dari 250 meter tidak tergambar sedangkan dalam peta skala 1: 5000 objek dengan ukuran hingga 50m bisa tergambar, seperti rumah, perkantoran, lapangan dll.

Memahami Peta dengan segala ketentuannya memberikan gambaran begitu pentingnya. Peta ini untuk dapat dijadikan sarana penyusunan rencana pembangunan wilayah atau pengelolaan lingkungan. Karena didalam peta dapat digambarkan fakta kondisi wilayah dengan segala kandungannya secara keruangan. Tulisan berikut ini mengulas tentang proses pembuatan Peta Skala besar melalui pemrosesan Citra tegak resolusi tinggi (*Ortho Image*) sebagai hasil kajian

umum, sehingga dapat dimanfaatkan untuk penyusunan pembangunan wilayah secara detail termasuk pengelolaan lingkungan.



Gambar 1. metode pemetaan teristris (kiri) dan Fotogrametris (kanan). (Sumber BIG)

2. BAHAN DAN METODE

Paper ini disusun berdasarkan pengalaman dan kajian literatur. Bahan kajian diambil dari literature umum dan khusus yang menyangkut kegiatan proses pemetaan secara fotogrametris, baik yang bersumber literatur Internasional berbahasa Inggris dan yang Nasional berbahasa Indonesia.

2.1 Tinjauan Umum Teoritis

Proses pembuatan peta dilakukan melalui kegiatan survey dan pemetaan dikenal dengan istilah Surta. Kegiatan ini terdiri dari beberapa tahap yakni tahap akuisisi, tahap pemrosesan dan tahap produksi. Tahap akuisisi dapat dilakukan dengan 1) pengukuran langsung dilapangan dikenal dengan pengukuran Teristris; 2) dengan metode Fotogrametris yakni melalui kegiatan pemotretan udara menggunakan pesawat terbang, satelit atau wahana lainnya [2] [3].

Kedua metode ini memiliki kelebihan dan kekurangannya, untuk metode teristris dapat menghasilkan peta sangat detail khususnya dilaksanakan dalam kegiatan pengukuran untuk tujuan pekerjaan sipil konstruksi dan pemetaan pada area yang tidak terlalu luas. Sedangkan dengan metode fotogrametris khususnya fotogrametris foto udara dapat dilakukan pemetaan pada area yang luas hingga kedetilan tertentu tergantung ketinggian terbang dan kamera yang dipakai [4]. Semakin tinggi terbang semakin luas area yang tercover namun semakin rendah ketajaman objek yang terekamnya. Oleh karena itu cara ini dikombinasikan dalam melaksanakan pemetaan. Pada kegiatan pemetaan area yang luas mempergunakan metode fotogrametris agar dapat diselesaikan dengan cepat apalagi pada

daerah yang sulit dijangkau melalui darat, kemudian ditindaklanjuti dengan pengukuran teristris untuk pemetaan detail di area tertentu terutama pada tahapan perencanaan pekerjaan sipil konstruksi atau kegiatan yang memerlukan peta sangat detail.

Ada perbedaan mendasar pada akuisi melalui Pemotretan Udara dengan pesawat terbang dan wahana Satellite. Pemotretan udara melalui pesawat terbang dirancang secara fotogrametris untuk memetakan bentuk permukaan bumi termasuk kondisi terainnya yang diturunkan dalam bentuk garis kontur dan merekam objek secara tegak (ortho) [5]. Oleh karena itu proses pemotretannya dilaksanakan overlap sekitar 60% pada daerah yang sama untuk memperoleh unsur ketinggian dan rekaman objek tegak lurus dengan permukaan. Sedangkan wahana Satellite sumerdeya alam dirancang untuk kegiatan observasi bumi [6], tidak melakukan pengambilan gambar secara overlap pada daerah yang sama, sehingga tidak memperoleh data ketinggian suatu daerah dan masih ada unsur lengkung bumi pada cakupan area yang luas (Gbr 1).

Sejalan dengan perkembangan teknologi, saat ini sudah ada satelit radar yang khusus merekam terrain permukaan bumi (menghasilkan Digital Elevation Model/DEM), citra ini dapat dijadikan dasar memproses koreksi geometris orthorektifikasi untuk menghasilkan Citra tegak resolusi tinggi lengkap dengan garis ketinggiannya. Namun DEM, masih relative mahal dan terbatas.

2.2 Peta dan Citra

Pemahaman tentang Peta dan Citra (khususnya citra Satellite) sangat penting agar tidak terkecoh terhadap data yang terkandungnya. Terutama di era yang serba digital sekarang ini hampir dengan mudah setiap saat memperoleh informasi berbasis keruangan baik itu berupa Peta maupun Citra.

Telah disampaikan dalam pendahuluan bahwa Peta adalah: Model 3D Dunia Nyata diatas bidang lengkung yang disajikan secara 2D diatas bidang datar pada system koordinat kartesian dengan perbandingan Skala tertentu, serta memiliki karakteristik dimensi jarak, sudut dan luasan yang benar. Peta dihasilkan berdasarkan metode tertentu melalui proses pemetaan. Selembar Peta menggambarkan objek muka bumi pada bidang datar sehingga kenampakan objek akan terproyeksikan tegak lurus terhadap permukaan. Objek yang tergambar dalam peta direpresentasikan berupa titik, garis dan bidang, diterangkan dalam legenda berupa symbol. Oleh karena itu, dalam selembor peta tanpa Legenda, kita tidak dapat mengenalinya secara langsung apakah objek tersebut sebuah rumah, lapangan atau objek lainnya. Namun, dimensi ukuran, bentuk dan orientasi dari objek yang digambarkan sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya dilapangan tergantung dari Skala peta yang dipakai sehingga dapat dijadikan rujukan dalam hal ukuran bentuk

serta orientasinya.

Berbeda dengan Citra, sebuah citra merupakan hasil rekaman objek permukaan bumi melalui kamera/sensor tertentu untuk kepentingan observasi muka bumi [7] [8]. Dalam selembar citra satelit (setelah melalui proses penajaman citra) [9] [10], dapat langsung dikenali objek yang terekam sesuai dengan ketelitian (resolusi) spasialnya [11] [12]. Misalnya citra satelit dengan resolusi spasial 5 m, artinya objek dengan ukuran 5m akan terekam pada citra tersebut, sehingga objek tersebut secara langsung dapat dilihat, seperti rumah, taman, lapangan, pepohonan dll, semuanya tergambarkan seperti aslinya yg dengan mudah dapat kita kenali.

Namun perekaman objek melalui satelit belum sepenuhnya memenuhi kaidah pemetaan, objek

yang tergambar baru berupa kenampakan yang secara langsung dapat dikenali saja, sedangkan data yang lebih penting lainnya seperti dimensi ukuran, ruang dan orientasi dari objek tersebut belum dikenali dengan pasti karena saat perekaman masih mengandung unsur lengkung bumi. Berbeda dengan "Peta" yang dihasilkan melalui proses sesuai kaidah pemetaan, objek yang digambarkan dalam sebuah peta dimensi ukuran, ruang dan orientasi objek yang digambarkan sudah benar dan dapat dipergunakan untuk kepentingan yang lebih luas dan mengikat. Melalui Gambar.2. dibawah ini dapat diketahui isi yang terkandung didalam selembar Citra resolusi tinggi (kiri) dan yang terkandung dalam selembar Peta (kanan).

2.3 Proses pengolahan Citra menjadi Citra



Gambar 2. Citra Satelit ketelitian spasial 5m (kiri), Peta Skala 1: 10 000 (kanan). (Sumber BIG)

Tegak (Ortho Image).

Saat ini citra satelit dapat diproses lebih lanjut agar dapat berfungsi seperti peta atau dijadikan bahan untuk penyusunan peta berskala besar. Citra hasil pemrosesan ini dikenal dengan istilah citra tegak (ortho image), yakni citra yang telah melalui pemrosesan mengikuti kaidah pemetaan, diantaranya menyangkut proses koreksi geometris ortho rektifikasi. Dalam sebuah citra tegak diusahakan objek telah terproyeksikan tegak lurus dengan permukaan bumi melalui transformasi dengan bantuan referensi datum baku yang terikat secara nasional dan global.

Gambar.3. berikut ini memberi contoh alur pembuatan peta yang diproduksi dari citra satellite resolusi tinggi. Namun pengolahan citra tegak inipun akurasi tergantung dari ketersediaan data penunjang lainnya. Seperti kerapatan jaringan kontrol referensi koordinat dan referensi terrain.



Gambar.3. Contoh Peta Skal besar bersumber dari Citra satellite. (Sumber BIG)

Seperti telah dijelaskan didepan bahwa Satellite obeservasi saat ini belum dapat

memenuhi kebutuhan untuk proses pemetaan berskala besar secara lengkap karena tidak dirancang untuk sekaligus merekam parameter ketinggian dan perekamannya pun masih mengandung unsur lengkung bumi. Pemrosesan citra menjadi Citra Tegak dapat dilakukan dengan melakukan pemrosesan transformasi unsur lengkung dengan bantuan referensi datum yang baku, sehingga diperoleh citra yang tegak lurus terhadap permukaan bumi, proses ini dikenal dengan istilah koreksi geometris orthorektifikasi. Lebih lanjut dengan bantuan referensi terrain (sekumpulan data ketinggian) sebagai referensi ketinggian, Citra tegak dapat diproses menjadi citra tegak tiga dimensi (3D). Citra tegak tanpa terrain atau garis kontur tidak dapat diproses menjadi 3D dikenal dengan citra tegak planimetris. Oleh karenanya proses pemetaan melalui metode pemotretan udara (fotogrametris) saat ini masih merupakan metode utama dalam pemenuhan pemetaan skala besar yang lengkap mencakup unsur garis ketinggian dan secara utuh dapat menghasilkan 3D.

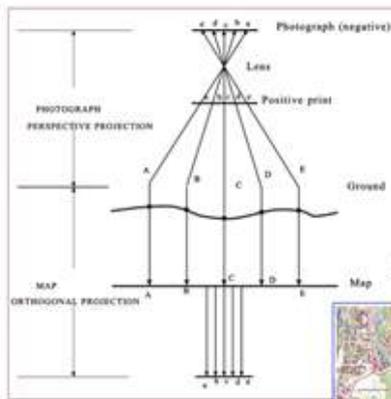
Berikut disajikan gambaran metode pemetaan melalui Satelite dan Foto Udara dalam memproduksi peta (Gamabar.4).

Melalui Foto udara dimana proses akuisisinya dirancang untuk memproduksi peta termasuk merekam objek secara tegak lurus (Ortho) dan unsur ketinggian, dapat menghasilkan Peta Dasar skala besar yang lengkap. Sedangkan dari citra satelit hanya dapat diproduksi Citra tegak planimetris, yakni sebatas menyangkut aspek horizontal. Artinya hanya mengandung ketelitian koordinat secara horizontal (x,y) dari suatu objek sedangkan unsur ketinggian (z) belum tercakup.

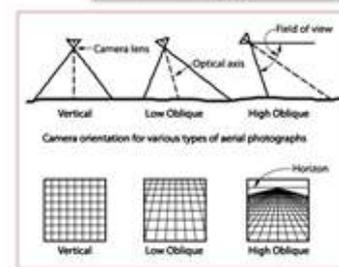
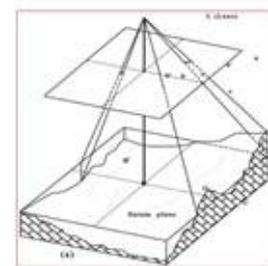
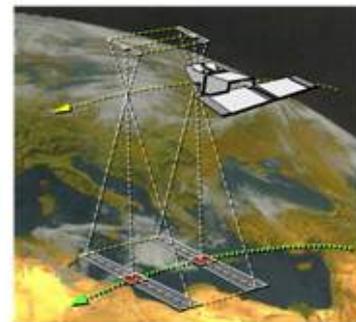
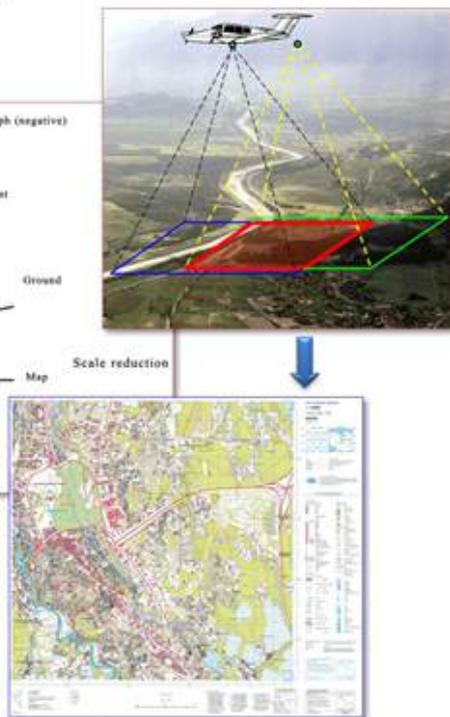
Untuk dapat memproses citra satelit menjadi peta harus melalui proses transformasi agar unsur tegak lurus dengan permukaan terpenuhi, serta unsur koordinat horizontal (x,y) terkoreksi yang terikat dengan koordinat rujukan. Merapatkan titik koordinat (x,y) objek rujukan untuk memproses citra beresolusi tinggi (resolusi 4m hingga 0,5m atau lebih kecil) dapat dipenuhi dilapangan lebih mudah dibanding dengan merapatkan titik ketinggian objek (z) rujukan. Oleh karena itu sebaran titik rujukan untuk unsur ketinggian (z) saat ini kerapatannya belum memadai, satu-satunya cara untuk memproses unsur ketinggian pada citra beresolusi tinggi perlu dibantu dengan citra satelit yang merekam terrain muka bumi.

GEOMETRI CITRA SATELIT & FOTO UDARA

Citra Satelit dan Foto Udara memiliki Sistem Proyeksi Optis Perspektif



Peta RBI memiliki Sistem Proyeksi Orthogonal, dan Skala Peta yang homogen



Gambar.4. Proses memproduksi Peta melalui Foto udara dan Satelit. (Sumber BIG)

Saat ini proses orthorektifikasi sebuah citra satelit dilakukan melalui data yang terekaman pada satellite itu sendiri (onboard datum) belum diikat dengan data sebenarnya dilapangan. Namun dengan bantuan citra radar DEM yang memiliki ketelitian 90m dan 30m, seperti citra Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 30 dan SRTM 90 [13] [14] [15], dan dibantu dengan pengambilan titik control dilapangan dapat dilakukan proses orthorektifikasi pada citra satelit beresolusi rendah dan sedang. Untuk orthorektifikasi citra resolusi tinggi memerlukan kerapatan sebaran rujukan titik ketinggian yang lebih rapat, diantaranya dapat dilakukan dengan dukungan data Ortho Rektification Image (ORI) resolusi tinggi dengan ketelitian hingga centimeter [16]. Artinya untuk menghasilkan peta skala besar seperti 1: 5000 perlu referensi ketinggian yang cukup detail seperti dari ORI resolusi tinggi, karena pada peta skala 1: 5000 harus menggambarkan

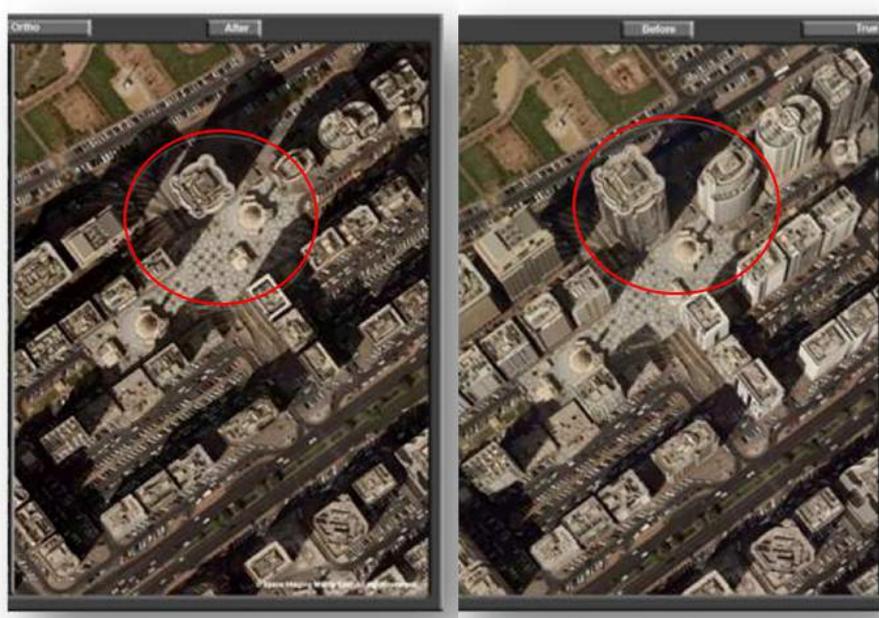
kontur dengan interval sekitar 2,5 m.

Pemetaan berskala sedang 1: 50 000 dan 1: 25 000 lengkap dengan garis ketinggiannya dapat dipenuhi melalui pemanfaatan citra satelit dengan dukungan citra DEM resolusi 90m dan 30m atau dengan bantuan rujukan titik tinggi yang ada dilapangan saat ini. Citra ORI resolusi tinggi saat ini masih terbatas dan terhitung mahal.

Untuk lebih mengenali citra tegak hasil orthorektifikasi dengan citra yang belum diproses dapat dilihat pada Gambar .5 A. dan citra foto udara pada gambar.5 B.

Berdasarkan Gambar.5. A dan .5. B diatas dapat dipahami dengan jelas pentingnya proses orthorektifikasi suatu citra agar diperoleh dimensi ruang dan ukuran dari objek yang tergambarkan memiliki tingkat ketepatan yang pasti (tidak menyesatkan).

Perhatikan pada Gbr.5. A, objek gedung yg dilingkari merah pada citra tegak, disebelah



Gambar. 5.A. Bukan Citra Tegak (kiri) dan Citra Tegak (kanan). (Sumber BIG)

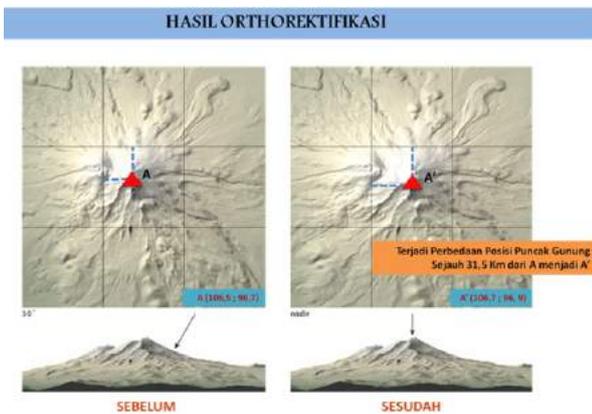


Gambar.5. B. Citra Foto Udara sebelum dan setelah proses ortho rektifikasi. (Sumber BIG)

kanan dan yang belum diproses citra sebelah kiri, dimensi ruang dan ukuran gedung tersebut sangat berbeda. Bila kita hitung luasan puncak gedung pada kedua citra tersebut sangat berbeda, tentunya ukuran luasan pada citra tegaklah yang betul-betul merepresentasikan luasan sebenarnya dilapangan. Demikian juga dimensinya, dimensi bentuk dari puncak gedung pada citra tegak nampak persegi secara vertical kepermukaan, sedangkan gedung pada citra yang belum diproses masih ada dimensi badan bangunan, tentunya berpengaruh terhadap perhitungan luas dan bentuk puncak gedung tersebut.

Pada Gambar.5. B. ditunjukkan pula citra tegak hasil pemotretan udara setelah dan sebelum di proses orthorektifikasi. Sangat jelas perbedaan objek yang tergambarkan dikala belum diproses, dimensi ruang objek tersebut memiliki perbedaan bentuk, diman pada citra yang telah diproses nampak lebih tegak lurus terhadap permukaan.

Contoh lain yang perlu menjadi perhatian tentang citra tegak ini adalah unsur parameter koordinat (x,y) objek. Perhatikan Gambar.6. berikut:



Gambar 6. Nilai koordinat puncak gunung sebelum dan sesudah koreksi. (Sumber BIG)

Gambar 6. menunjukkan ketelitian horizontal menyangkut koordinat suatu objek pada citra setelah dilakukan proses orthorektifikasi dan sebelum. Nilai koordinat puncak gunung jauh berbeda antara sebelum dikoreksi dengan setelah di koreksi. Selisihnya melenceng hingga sekitar 31 km. Dapat dibayangkan bagaimana nilai koordinat yang tercatat pada citra yang tidak dikoreksi melenceng begitu besar dengan koordinat yang sesungguhnya dilapangan. Hal ini tentunya merupakan kesalahan yang sangat fatal terutama bila dijadikan referensi target sasaran tembak suatu objek atau pada penarikan batas wilayah yang tidak lain merupakan penarikan garis dari titik-titik koordinat, sehingga bisa jadi batas wilayah tersebut akan berbeda dengan batas wilayah yg ditarik berdasarkan koordinat titik-titik yang tak terkoreksi [17].

Bentuk ruang atau garis dari objek yang tergambarkan pada dasarnya merupakan kumpulan koordinat dari titik-titik yang membentuk

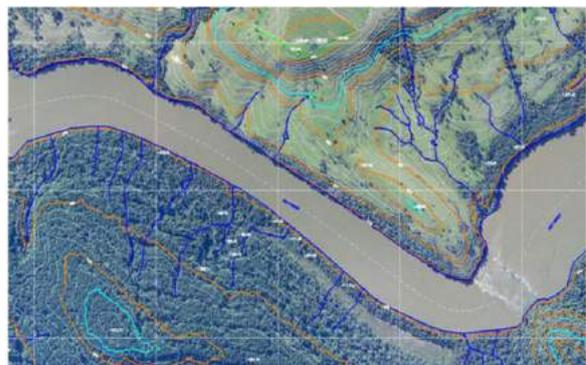
dimensi objek tersebut. Pemrosesan koreksi geometris rektifikasi secara horizontal (X,Y) dan orthorektifikasi secara vertikal adalah upaya agar koordinat dari objek yang terekam di Citra sesuai dengan koordinat yang sesungguhnya di lapangan. Oleh karena itu tingkat akurasi objek yang tergambarkan akan sangat tergantung kepada tingkat ketelitian referensi dalam pemrosesan citra dan peta tersebut, baik referensi koordinat (x,y) maupun referensi ketinggian objek.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari uraian diatas diharapkan dapat dipahami bahwa Citra satelit tidak dapat langsung berfungsi sebagai peta. Citra yang dapat dipergunakan sebagai pengganti peta adalah Citra tegak (ortho image) yang telah diproses sesuai dengan kaidah pemetaan.

Pengelolaan lingkungan tidak dapat dilaksanakan tanpa dukungan ketersediaan peta sebagai sumber informasi berbasis keruangan. Pengelolaan lingkungan menyangkut pengelolaan permukaan bumi pada lingkungan tertentu. Dasar kerjanya tentunya memerlukan peta atau citra untuk mengenali objek. Persoalannya dengan tersedianya citra satelit yang sudah begitu mudah diperoleh di internet saat ini, ada yang merasakan sudah cukup untuk memperoleh informasi menyangkut aspek keruangan dari citra secara instan. Tentunya perlu kehati-hatian apabila kita memperoleh sebuah citra satelit, apakah citra ini sudah melalui proses pengolahan yang sesuai dengan kaidah pemetaan atau belum ? sehingga kita punya kepastian bahwa informasi yang terkandung didalamnya dapat kita pergunakan untuk kepentingan lebih lanjut.

Pada kegiatan pengelolaan lingkungan skala global, mungkin citra tegak resolusi rendah dan sedang dapat dimanfaatkan [18] [19], namun pada sekala detail harus betul-betul memanfaatkan citra tegak resolusi tinggi yang telah melalui proses yang sesuai dengan kaidah pemetaan. Berikut disajikan contoh citra tegak resolusi tinggi hasil pengolahan secara lengkap, dapat membantu untuk kegiatan pengelolaan lingkungan dengan baik dan benar. (Gambar 7).



Gambar 7. Citra Tegak lengkap dengan DEM dan garis ketinggian (kontur). (Sumber BIG)

Melalui citra pada Gambar 7 diatas, data dan informasi yang dibutuhkan untuk pengelolaan lingkungan di wilayah tersebut sangat lengkap dan memadai. Dua hal keuntungan yang diperoleh dari citra yang telah diproses sesuai kaidah pemetaan tersebut. Pertama, dimensi ukuran, bentuk dan orientasi dari seluruh objek yang terekam sudah benar, sehingga bentuk kelokan sungai yang terekam sudah sesuai dengan kelokan yang sesungguhnya, dimensi ukuran panjang dan lebar sungai dapat diketahui sesuai dengan skalanya, demikian pula posisi dan orientasi dari objek tersebut koordinat dan orientasi utara selatan diketahui dengan pasti. Kedua, dengan dilengkapi data terainnya termasuk kontur dapat dimanfaatkan untuk pemodelan 3D, sehingga arah aliran dan relief bentang alamnya sangat jelas diketahui, terlebih citra ini dalam format digital sehingga dapat dibangun model simulasi secara digital untuk kepentingan pengelolaan lingkungan [9] [20].

Perhatikan Gambar 8. berikut yang menyajikan citra satelit yang belum diproses sesuai kaidah pemetaan secara lengkap diambil secara instan dari internet. Kita hanya dapat mengenali objek tersebut, namun dimensi; ukuran, bentuk dan orientasinya belum dapat dipastikan (karena belum diproses sesuai kaidah pemetaan). Oleh karena itu dari citra yang belum melalui proses seperti halnya citra tegak resolusi tinggi yang memenuhi kaidah pemetaan, data dan informasinya masih diragukan.



Gambar 8. Citra yang belum diproses (*Searching Google Earth*).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa citra satelit belum dapat dimanfaatkan langsung sebagai data dan informasi berbasis keruangan sebagaimana halnya data dan informasi yang tersaji dalam sebuah peta.

Citra satelit hanya dapat dipergunakan sebagai sumber informasi berbasis keruangan apabila telah melalui proses yang memenuhi kaidah pemetaan. Citra tegak (*ortho image*) merupakan citra yang telah diproses memenuhi kaidah pemetaan, namun tergantung tingkat ketelitian rujukan koordinat dan ketinggian objek yang dipakai.

Citra resolusi tinggi yang telah diproses dengan dukungan rujukan koordinat dan ketinggian objek dengan ketelitian tinggi dapat dimanfaatkan sebagai peta berskala besar.

Citra tegak yang tidak mencakup unsur ketinggian objek atau terrain dikenal dengan citra tegak planimetris. Proses pemetaan skala besar dengan metode fotogrametris melalui pemotretan udara, masih satu-satunya cara untuk memperoleh peta yang berkualitas, detail, lengkap dan benar pada waktu yang relative singkat. Untuk kepentingan pengelolaan lingkungan hendaknya memanfaatkan citra tegak yang telah diproses sesuai kaidah pemetaan.

Sekurang-kurangnya ada dua kelebihan dengan memanfaatkan citra tegak resolusi tinggi untuk kepentingan pengelolaan lingkungan, yakni: Pertama, dimensi ukuran, bentuk dan orientasi dari seluruh objek yang terekam sudah benar, sehingga bentuk objek yang terekam sudah sesuai dengan yang sesungguhnya, dimensi ukuran panjang dan lebar dapat diketahui sesuai dengan skalanya, koordinat dan orientasi utara selatan diketahui dengan pasti. Kedua, dengan dilengkapi data terainnya termasuk kontur dapat dimanfaatkan untuk pemodelan 3D, sehingga arah aliran dan relief bentang alamnya sangat jelas diketahui dan dapat dibangun model simulasi secara digital.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dodi Sukmayadi, 2014. Penyelenggaraan Koreksi Geometrik Citra Satelit Resolusi Tinggi, BIG.
2. Matthews.N.A, 2008. Aerial and close-range Photogrammetric Technology. Technical note 428.U.S.Dept. of the Interior Bureau of Land Management, National Operational Center, Denver, Colorado.
3. Schenk.T.,2005. Introduction to Photogrammetry. The Ohio State University, 2070 Neil Ave. Columbus, OH.43210.
4. Lunetta.R.S and Elvidge.C.D (editor),1999. Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Application, Taylor and Francis Ltd.,1 Gunpowder Square, London, EC4A 3DF.
5. Soendjojo.H., Akhmad Riqqi., 2012. Kartografi. Penerbit ITB, Bandung.
6. Sabin.F.F Jr. (1987). Remote Sensing Principles and Interpretation. Remote Sensing Enterprise, Inc. USA.
7. Tucker C.J. (1979). Red and Photographic Infrared Linier Combinations for Monitoring Vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8:127-150.
8. Watson N. and David W. (2001). Pre-classification as an Aid to Improvement of Thematic and Spatial Accuracy in Land Cover Maps Derived from Satellite Imagery. *Remote Sensing of environment*, 75 (2): 267-278
9. Fung T and W. Siu (2000). Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI. *International Journal of Remote Sensing*, 21:1011-1024.
10. Lavigne, F., *et al.* (2007). "Field observations of the 17 July 2006 Tsunami in Java." *Natural Hazards Earth System Sciences* 7: 177-183.

11. Jensen J.R (1996) *Introductory digital image Processing: a remote sensing perspective*. Prentice-Hall, USA.
12. Thenkabail P.S. and C. Note (1996). Capabilities of Landsat-5 Thematic Mapper™ Data in Regional Mapping and Characterization of Inland Valley Agro ecosystems in West Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 17:1505-1538.
13. Elachi, C., 1988, *Spaceborne Radar Remote Sensing: Applications and Techniques*, IEEE Press, New York, 254 pp.
14. Campbell, B.A., 2002, *Radar Remote Sensing of Planetary Surfaces*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 331 pp.
15. Farr, T.G; E. Caro, R. Crippen; R. Duren, S. Hensley; M. Kobrick, M. Paller, E. Rodriguez, P. Rosen, L. Shaffer, J. Shimada, J. Umland, M. Werner, M. Oskin, D. Burbank, D. Alsdorf, 2007, *The Shuttle Radar Topography Mission*, v. 45, *Reviews of Geophysics*, doi:10.29/2005RG000183.
16. Siart Christoph., Olaf. B., Benhard. E., 2009. Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete. *Geomorphology*. Vol.112, Issue 1-2, 1 November
17. Folger, F. 2009. Geospatial information is data referenced to a place—a set of geographic coordinates—which can often be gathered, manipulated, and displayed in real time. Congressional Research Service 7-5700 www.crs.gov R40625
18. Lillesand T.M. and R.W. Kiefer (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Wiley, USA
19. Filho R. A., Yosio E. Shimabukuro (2002). Digital processing of a Landsat-TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold miners, Roraima State, Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment*, 79: 42-50.
20. Helmschrot J., Wolfgang Albert Flugel (2002). Land use characterisation and change detection analysis for hydrological model parameterisation of large scale afforested areas using remote sensing. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27: 711-718.