KAITAN ANTARA ASPEK PENENTUAN POSISI, PEMETAAN, DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS SERTA PERMASALAHANNYA DENGAN SUPLEMEN ELEMEN- ELEMEN SISTEM KOORDINAT

(STUDI KASUS: PEMODELAN EROSI DI DAS CITARUM)

*(Positioning Aspect, Mapping and Geographic Information System
and the Problems in Supplement to Coordinate System Elements
- Case Study: Erosion Model of Citarum Watershed)*

Oleh/by:

R. Danoe Soeryamihardja¹, Pipien M. Sedayu², Meiriska Yustania², dan Miga M. Julian²

¹Staff PSJSDS BAKOSURTANAL

²Mahasiswa Pasca Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika-ITB

ABSTRAK

Penentuan posisi, pemetaan dan Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan keping-keping mosaik pada suatu permasalahan geodesi dan geomatika. Antara keping satu dan lainnya pasti saling berkaitan. Masalahnya tidak semua orang menganggap antara keping tersebut sebagai kesatuan. Sebagai seorang geodet harus dapat memandang sebuah permasalahan geodesi dan geomatika sebagai suatu aspek penentuan posisi, pemetaan, dan SIG sebagai mosaik yang saling mendukung. Pada makalah ini disajikan sebuah studi kasus tentang pemodelan erosi, sehingga terlihat jelas hubungan dan peran antara ketiga aspek tersebut. Selain itu, dari ketidakseragaman data masukan dalam penentuan erosi dapat dikaji pula mengenai variasi sistem koordinat setiap data serta proses penyeragamannya guna keberhasilan proses selanjutnya.

ABSTRACT

Positioning, mapping and Geographic Information Systems (GIS) are mosaic pieces on a problem of Geodesy and Geomatics. One and the other pieces must be interrelated. The problem is that not all people think of these pieces as a whole. Geodetists should look at a problem in Geodesy and Geomatics as an aspect of positioning, mapping, and GIS as a mosaic of mutually supportive. This paper will present a case study on modeling of erosion, so that relationship and role of the three aspects become apparent. In addition, different input data for determination of erosion can be used to assess the variation of coordinate system for every data set.

Kata Kunci : Positioning, Pemetaan, SIG, Model, Erosi

Keyword : Positioning, Mapping, GIS, Model, Erosion

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Geodesi adalah ilmu yang mempelajari mengenai penentuan bentuk dan ukuran

bumi, Geodesi berkaitan erat dengan proses pemetaan unsur-unsur geografis di permukaan bumi (laut dan darat) sedangkan Geomatika sendiri adalah cabang ilmu dari Geodesi. Geodesi Informatika merupakan ilmu yang berkaitan dengan penya-

ian data spasial bumi dalam bentuk yang lebih informatif menggunakan teknologi komputer (digital). Sesuai dengan salah satu bidang kajian utama dari ilmu Geodesi itu sendiri, untuk menentukan bentuk dan ukuran bumi maka dilakukan kegiatan penentuan posisi.

Penentuan posisi adalah salah satu proses perealisasi titik-titik koordinat di permukaan bumi dalam domain waktu. Penentuan posisi dilakukan secara horizontal maupun vertikal dalam ruang lingkup terestris (darat) dan ekstra-terestris.

Penentuan posisi itu sendiri sebenarnya adalah salah satu kegiatan yang perlu dilakukan dalam proses pemetaan. Pemetaan perlu memperhatikan ruang lingkungannya yaitu yang berkaitan dengan sistem referensi, proyeksi peta, dan aspek kartografis. Pemetaan dapat dilakukan dalam berbagai metode misalnya teknik fotogrametri, *remote sensing* (biasanya digunakan sebagai pelengkap peta dasar rupabumi untuk tujuan pembuatan peta tematik), ataupun secara konvensional.

Perkembangan teknologi dari waktu ke waktu berimbas pada majunya teknik penyajian (visualisasi) peta. Saat ini suatu sistem yang sangat berkembang dalam penyajian peta adalah Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG merupakan sistem informasi berbasis *geospatial reference*, bereferensi terhadap sistem koordinat tertentu di permukaan bumi. SIG itu sendiri terdiri dari proses pengumpulan data, pengolahan data, penyimpanan data, penyajian, dan penganalisisan data spasial secara digital (menggunakan komputer). SIG merupakan salah satu *tools* yang informatif dalam menyajikan informasi *real world* yang ber-*geospatial reference* dengan keterangan obyek spasialnya (atribut).

Pembangunan atau perancangan SIG dilakukan sesuai dengan kebutuhan/keperluan pengguna. Oleh karena itu, SIG dapat memiliki beragam tema. Dapat dipahami bahwa SIG berkaitan erat dengan pengelolaan basis data untuk obyek spasial yang *up to date*, efektif, dan efisien, sehingga dikemudian hari kema-

juannya sangat pesat dan telah banyak digunakan sebagai alat untuk menyelesaikan masalah dan mendukung sistem pengambilan keputusan.

1.2. Tujuan

Perkembangan ilmu Geodesi dan Geomatika saat ini sangat pesat, terutama dalam penentuan posisi yang berkaitan dengan proses pemetaan. Hasilnya dapat digunakan sebagai aplikasi dalam pengambilan keputusan, salah satu contoh misalnya untuk penentuan daerah rawan erosi yang terjadi di suatu DAS (Daerah Aliran Sungai).

Pada makalah ini, kelompok kami membahas mengenai pemodelan erosi untuk menentukan Daerah Rawan Erosi di DAS Citarum (**Gambar 1**) ditinjau dari perspektif kaitan antara aspek penentuan posisi, pemetaan, dan SIG berikut permasalahan/persoalan yang sering terjadi dalam perealisasiannya.

SIG digunakan sebagai sarana/media untuk menyajikan informasi mengenai erosi yang terjadi di DAS Citarum. Untuk membangun SIG dilakukan pengumpulan data terkait. Jenis-jenis data yang diperlukan antara lain sebagai berikut: Tutupan Lahan, Jenis Tanah, Curah Hujan dan Topografi.

Gambar 1. Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum (Rallyanti, 2007)

1.3. Manfaat

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai, sebagai seorang geodet diharapkan harus dapat memandang sebuah permasalahan geodesi dan geomatika sebagai suatu aspek penentuan posisi, pemetaan, dan SIG sebagai aspek yang saling mendukung.

Keberagaman sistem koordinat setiap data penentu erosi akan menambah manfaat tersendiri. Dengan mengetahui variasi sistem koordinat, kompetensi mengenai sistem koordinat tentu saja akan meningkat. Selain itu, proses penyeragaman sistem koordinat perlu didukung oleh pengetahuan mengenai sistem dan transformasi koordinat.

Daerah Rawan Erosi yang telah diketahui dari Penentuan Daerah Rawan Erosi di DAS Citarum menggunakan data yang dijelaskan di atas selanjutnya dipakai sebagai sistem pendukung keputusan untuk melakukan pembangunan atau kebijakan wilayah tersebut.

II. TEORI DAN PEMBAHASAN

2.1. Sistem Koordinat dan Sistem Proyeksi

Sistem Koordinat adalah satuan unit yang memiliki acuan hitungan (besaran, parameter, bentuk dasar hitungan) dan acuan sistem untuk menyatakan/mendefinisikan posisi suatu obyek di permukaan bumi.

Sistem koordinat didefinisikan dengan menspesifikasikan tiga parameter berikut, yaitu:

- lokasi titik asal (titik nol) dari sistem koordinat
- orientasi dari sumbu-sumbu koordinat
- besaran yang digunakan untuk mendefinisikan posisi suatu titik dalam sistem koordinat tersebut.

Klasifikasi sistem koordinat berdasarkan parameternya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Lokasi Titik Nol : Geosentrik (di pusat bumi), Toposentrik (di permukaan bumi)

- Orientasi Sumbu : Terikat bumi (earth-fixed), terikat langit (space-fixed)
- Besaran Koordinat :
 - o Jarak (Kartesian X, Y, Z)
 - o Sudut dan Jarak (Geodetik ϕ , λ , h)

Karena spesifikasi parameter berbeda, maka dikenal beberapa jenis sistem koordinat.

Secara garis besar sistem koordinat dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Sistem Koordinat 2D
 - a. Sistem Koordinat Kartesian merupakan suatu sistem yang menyatakan posisi titik di permukaan bumi dengan sumbu mendatar (X) dan sumbu tegak (Y).
 - b. Sistem Koordinat Geodesi merupakan sistem koordinat siku-siku permukaan (elipsoida), dimana posisi dinyatakan dengan L (Lintang), dan B (bujur).
- Sistem Koordinat 3D
 - a. Sistem Koordinat Geosentrik (X,Y,Z)
 - o titik nolnya berada di pusat lingkaran ekuator
 - o sumbu X, Y terletak pada bidang ekuator
 - o sumbu Z tegak lurus bidang ekuator di titik nol.
 - b. Sistem Koordinat Toposentrik (N,E,h)
 - o titik nolnya dapat berada salah satu titik di permukaan bumi
 - o sumbu N (positif) menyinggung meridian di titik nol ke arah utara
 - o sumbu E (positif) menyinggung meridian di titik nol ke arah timur
 - o sumbu h (positif) merupakan garis yang sejajar dan berimpit dengan garis gaya berat

Sistem koordinat referensi koordinat dijelaskan sebagai berikut :

a. CIS (Conventional Inertial System)

Sistem CIS umumnya digunakan untuk mendefinisikan posisi dan pergerakan satelit. CIS adalah geosentrik dan terikat langit. Sistem koordinat ini tidak berotasi dengan bumi, tetapi ikut berevolusi bersama bumi mengelilingi matahari. Karakteristik dasar CIS:

- titik nol adalah pusat bumi

- sur
(ve
bid
- sur
X
ko
- su
(C
lah
rot

b. CTS(
CTS
referi
untuk
pergi
Siste
bumi
bumi
Kara
- tit
- s
n
d
b
- s
Z
ti
- s
(
a
f
l
f
(

c. |
Per
bail
yait
me
set
titik
din
refr
sis
ber
me
Sis
sel
-

- sumbu X mengarah ke titik semi (vernal equinox) dan terletak pada bidang ekuator bumi
- sumbu Y tegak lurus sumbu-sumbu X dan Z, dan membentuk sistem koordinat tangan kanan.
- sumbu Z mengarah ke CEP. CEP (*Conventional Ephemeris Pole*) adalah posisi bebas di langit dari sumbu rotasi bumi.

b. CTS (*Conventional Terrestrial System*)

CTS merupakan sistem koordinat referensi terikat bumi, biasa digunakan untuk pendeskripsian posisi dan pergerakan titik-titik di permukaan bumi. Sistem koordinat ini berotasi dengan bumi, dan juga berevolusi bersama bumi mengelilingi matahari.

Karakteristik dasar CTS:

- titik nol adalah pusat bumi
- sumbu X berada dalam bidang meridian Greenwich (meridian nol) dan terletak dalam bidang ekuator bumi
- sumbu Y tegak lurus sumbu X dan Z, dan membentuk sistem koordinat tangan kanan
- sumbu Z mengarah ke CTP (*Conventional Terrestrial Pole*). CTP adalah kutub menengah bola langit pengganti CIO (*Conventional International Origin*). CIO adalah posisi rata-rata sumbu rotasi bumi dari tahun 1900 sampai 1905.

c. Ellipsoid

Permukaan bumi dapat didekati secara baik dengan suatu ellipsoid putaran yaitu ellips meredian yang diputar mengelilingi sumbu pendeknya. Oleh sebab itu, secara geometrik koordinat titik-titik di permukaan bumi dapat dinyatakan koordinatnya dalam sistem referensi ellipsoid. Seperti halnya sistem CTS, sistem referensi ellipsoid berotasi dan berevolusi bersama bumi mengelilingi matahari. Karakteristik Sistem referensi ellipsoid adalah sebagai berikut :

- titik nol adalah pusat ellipsoid

- sumbu X berada dalam bidang meredian nol dan terletak pada bidang ekuator ellipsoid
- sumbu Z berimpit dengan sumbu pendek ellipsoid
- sumbu Y tegak lurus sumbu X dan Z dan membentuk sistem koordinat tangan kanan

Sistem proyeksi peta, secara prinsipnya dapat dibagi atas beberapa bentuk, berdasarkan tinjauan (Soedomo & Sudarman, 2004). Tinjauan proyeksi peta yang dimaksud adalah:

- Bidang proyeksi yang digunakan
- Tinjauan kedudukan bidang proyeksi terhadap elipsoid
- Distorsi (kesalahan yang dapat diperhitungkan)

Sistem proyeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM), merupakan perkembangan dari sistem *Transverse Mercator* (TM) yaitu berawal dari proyeksi Mercator dengan garis karakteristik tabung tabung tegak lurus garis karakteristik elipsoid.

2.2. Akuisisi Data

Pada permasalahan ini yaitu memodelkan perilaku erosi di Daerah Aliran Sungai Citarum. Keterkaitan masalah ini dengan penentuan posisi yaitu akuisisi data spasial sebagai parameter penentu perilaku erosi. Parameter yang digunakan dalam pemodelan erosi yaitu:

1. Topografi

Data topografi yang digunakan dalam pemodelan ini yaitu *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM). SRTM diproduksi oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) (Rodriguez, 2005). Akuisisi data atau lebih khususnya penentuan posisi SRTM dilakukan dengan teknologi interferometrik radar oleh *Jet Propulsion Laboratory* (JPL). SRTM memiliki resolusi spasial 90 m.

Sistem koordinat referensi yang digunakan saat akuisisi data yaitu CIS. Sistem ini digunakan untuk pendeskripsian

posisi dan pergerakan dari wahana radar. Titik nol yang digunakan wahana radar adalah pusat bumi dengan sumbu-x mengarah pada titik semi (*vernal equinox*), sumbu-z mengarah pada sumbu rotasi bumi, dan sumbu-y tegak lurus sumbu-x dan y dengan sistem tangan kanan. Dalam misi akuisisi data SRTM, terdapat bagian verifikasi dengan data ketinggian yang diukur langsung di permukaan bumi. Hal ini dilakukan untuk memperoleh nilai akurasi yang bisa diandalkan. Verifikasi dilakukan dengan teknologi kinematik GPS. Sistem koordinat referensi yang digunakan GPS adalah CIS.

Data SRTM yang tersedia di internet disajikan dalam sistem koordinat geografis dalam *latitude* dan *longitude*. Dalam penelitian ini, dilakukan proyeksi dari sistem koordinat geografis ke sistem koordinat proyeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM) *Zone 48S* sesuai dengan daerah penelitian.

2. Tutupan Lahan

Data tutupan lahan bersumber dari Badan Perencana Pembangunan Daerah (BAPPEDA) dengan skala 1:100000. Akuisisi data tutupan lahan menggunakan teknologi penginderaan jauh yaitu dengan melakukan klasifikasi citra LANDSAT. Pengujian kehandalan dari klasifikasi tersebut dilakukan dengan verifikasi data tutupan lahan yang diukur langsung di lapangan. Sebelum data tutupan lahan berada di BAPPEDA, penyedia data tutupan lahan untuk kawasan hutan diakuisisi oleh Departemen Kehutanan dan kawasan berpenduduk oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN).

Dalam pemantauan pergerakannya, satelit LANDSAT menggunakan sistem koordinat referensi CIS. Verifikasi data tutupan lahan yang diamati langsung di lapangan dapat dilakukan menggunakan teknologi GPS maupun terestrial. Teknologi terestrial misalnya penggunaan *total station* saat penentuan koordinat titik yang akan dilakukan verifikasi data tutupan lahan. Sistem koordinat referensi pada

teknologi terestrial yaitu CTS. Titik nol sistem koordinat ini adalah pusat bumi dengan sumbu-x berada dalam bidang meridian Greenwich (meridian nol), sumbu-z mengarah ke CTP, dan sumbu-y tegak lurus sumbu-x dan y dengan sistem tangan kanan. Data tutupan lahan yang diperoleh dalam penelitian ini disajikan dalam sistem koordinat geografis. Untuk keseragaman data, dalam penelitian ini dilakukan proyeksi ke sistem koordinat proyeksi UTM.

3. Jenis Tanah

Data jenis tanah bersumber dari Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslitanak) yang berada di bawah Departemen Pertanian. Data ini memiliki skala 1:250000. Akuisisi data jenis data dilakukan dengan sampling tanah pada beberapa titik yang dapat mewakili jenis tanah di sekitarnya. Setiap titik dilakukan penentuan posisi dan dilakukan analisis sampel tanah dengan metode interpolasi secara statistik untuk ditentukan jenisnya.

Sampling data jenis tanah dilakukan dengan metode terestrial menggunakan sistem koordinat referensi CTS. Penentuan koordinat titik sample tanah dilakukan dengan alat *total station*. Koordinat yang diperoleh dengan *total station* dalam sistem koordinat toposentrik disajikan dalam *N* dan *E* (*N=North*, *E=East*). Sistem koordinat toposentrik bereferensi terhadap salah satu titik acuan di permukaan bumi yang bereferensi terhadap pusat bumi. Sistem koordinat titik acuan yang bereferensi terhadap pusat bumi tersebut disebut sistem koordinat geosentrik. Koordinat geosentrik disajikan dalam *x*, *y*, dan *z*. Koordinat geosentrik dapat ditransformasikan menjadi koordinat toposentrik maupun sebaliknya.

4. Curah Hujan

Data curah hujan bersumber dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) yang berada di bawah Departemen Perhubungan. Akuisisi data curah hujan

dilakukan dengan pengukuran curah hujan pada beberapa titik. Sama halnya dengan sampling tanah, pengukuran curah hujan dilakukan dengan metode terestrial dengan sistem koordinat referensi CTS. Koordinat titik pengukuran hujan dilakukan dengan menggunakan alat-alat survei topografi misalnya *total station*. Koordinat titik pengukuran curah hujan yang diperoleh dari *total station* disajikan dalam koordinat toposentrik yang bereferensi terhadap suatu titik di permukaan bumi. Agar koordinat tersebut dapat digunakan secara global perlu dilakukan ke dalam sistem koordinat geosentrik.

Dalam pelaksanaannya, hal yang paling sering terjadi adalah permasalahan dalam pengumpulan data, misalnya data yang tidak *up to date* sehingga informasinya sudah banyak berubah, data memiliki sistem referensi berbeda sehingga menimbulkan pekerjaan baru untuk menyamakan sistem referensinya, data kurang lengkap menurut variasi skala peta (skala terkecil sampai terbesar) sehingga perlu penyesuaian dengan skala yang tersedia dari instansi, data pada peta skala besar perlu menyesuaikan dengan data pada peta skala kecil, dan permasalahan-permasalahan lainnya seperti belum tersedianya data sehingga harus melakukan survei ke lapangan.

2.3. Implementasi pada Sistem Informasi Geografis (SIG)

Pada penelitian ini proses masukan, manipulasi, dan analisis dilakukan dalam suatu sistem informasi yang ber-*georeference* atau SIG. Sebelum proses input dalam suatu sistem basis data, dilakukan proses penyeragaman data. Proses ini

adalah menyamakan sistem koordinat data penentu erosi.

Pada penelitian ini semua data ditransformasikan ke dalam sistem koordinat proyeksi UTM *Zone 48S*. Sistem koordinat proyeksi UTM ditujukan untuk memperoleh satuan piksel dalam meter agar besaran erosi yang dimodelkan diperoleh dalam satuan $\text{ton/km}^2/\text{tahun}$. Proses ini tidak dapat dihindarkan agar proses selanjutnya yaitu analisis pada lingkungan SIG dapat berjalan. Tahap berikutnya adalah proses input data penentu erosi dalam suatu *Database Management System* (DBMS) agar dapat dilakukan simpan dan panggil (*storage & retrieval*) (**Gambar 2**).

Pada proses manipulasi dalam kasus ini yaitu pemodelan erosi. Erosi dimodelkan secara empirik dengan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) (Wischmeier & Smith, 1978) sebagai:

$$E = L_s CKR \dots\dots\dots (1)$$

dengan E = laju erosi, L_s = indeks kemiringan, C = faktor tutupan lahan, K = erodibilitas, dan R = erosivitas.

Faktor C merupakan nilai yang menyatakan pengaruh tutupan lahan terhadap erosi. Erosivitas R merupakan nilai yang menyatakan besarnya gaya eksternal yang berasal dari curah hujan. Erodibilitas K merupakan nilai yang menyatakan mudah tidaknya partikel sedimen terkelupas dari lapisan tanah berdasarkan jenis tanahnya. Selanjutnya **Gambar 3** memperlihatkan contoh distribusi spasial potensi erosi hasil pemodelan.

Gambar 2. Diagram Alir Implementasi pada Sistem Informasi Geografis (SIG)

Gambar 3. Distribusi Spasial Laju Erosi (Rallyanti, 2007)

Gambar 4. Penyimpangan Laju Erosi Hasil Hitungan dan Ukuran (Rallyanti, 2007)

Untuk menguji kualitas model dilakukan validasi terhadap laju erosi yang diukur langsung di lapangan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai laju erosi pada stasiun pengukuran di Nanjung yang mewakili pengeluaran utama DAS Citarum Hulu dengan nilai laju erosi hasil pemodelan pada piksel yang merupakan lokasi stasiun pengukuran. Nilai penyimpangan laju erosi dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Menurut Ouyang & Bartholic, (1997), penyimpangan hasil model dengan pengukuran masih dapat diterima apabila berada dalam rentang -24 sampai 10%.

Sesuai dengan **Gambar 2**, setelah didapatkan hasil model erosi yang teruji dapat dibuat suatu peta tematik potensi erosi dengan menerapkan kaidah-kaidah kartografis.

III. PENUTUP

Pada makalah ini dipaparkan keterkaitan antara penentuan posisi, pemetaan, dan SIG dalam suatu masalah geodesi. Pemodelan erosi dimulai dengan akuisisi data penentu erosi dengan berbagai metode. Teknologi penginderaan jauh digunakan untuk akuisisi data SRTM dan tutupan lahan. Metode terestris digunakan dalam penentuan posisi titik sample saat pengadaan data jenis tanah dan curah hujan. Kaitannya dengan SIG terlihat saat

input data penentu erosi pada suatu sistem basis data, dilanjutkan dengan proses manipulasi untuk mendapatkan informasi potensi erosi. Dengan menerapkan aspek kartografis, potensi erosi tersebut dapat dijadikan sebagai peta tematik potensi erosi.

Dengan mengkaji suatu permasalahan geodesi, aspek-aspek seperti penentuan posisi, pemetaan, dan SIG dapat terlihat jelas hubungan dan perannya sebagai suatu bagian dalam ilmu geodesi dan geomatika.

Penyeragaman sistem koordinat setiap data masukan merupakan suatu proses yang tidak dapat dihindarkan. Keberlanjutan proses selanjutnya yaitu analisis pada SIG akan ditentukan dengan berhasilnya penyeragaman sistem koordinat semua data masukan. Transformasi setiap data masukan ke dalam sistem koordinat proyeksi UTM ditujukan agar dapat diperoleh nilai besaran erosi dalam satuan $\text{ton/km}^2/\text{tahun}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. 2001. *Geodesi Satelit*. PT Pradya Paramita. Jakarta.
- Ouyang, D. & Bartholic, J. 1997. *Predicting Sediment Delivery Ratio in Saginaw Bay Watershed*. The 22nd National Association of Environmental

- Professionals Conference Proceedings. Orlando. USA.
- Purworaharjo, U. 1994, *Diklat Sistem dan Transformasi Koordinat Edisi 1, Agustus 1994*. Laboratorium Pemetaan Darat Jurusan Teknik Geodesi ITB. Bandung.
- Rallyanti, P. 2007. *Pemodelan Spasial Angkutan Sedimen DAS Citarum sebagai Elemen Sistem Pendukung Keputusan untuk Pengendalian Erosi*. Tesis. Program Studi Teknik Geodesi & Geomatika. FTSL-ITB. Bandung.
- Rodriguez, E., Morris, C. S., Belz, J. E., Chapin, E. C., Martin, J. M., Daffer, W., & Hensley, S. 2005. *An Assessment of the SRTM Topographic Products*. Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory. Pasadena, California, USA, 143 pp., (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/srtmBibliography.html>).
- Soedomo, S. A. & Sudarman. 2004. *Sistem dan Transformasi Koordinat*, Departemen Teknik Geodesi. FTSP-ITB. Bandung.
- Subagyo. 2003. *Pengetahuan Peta*. Penerbit ITB. Bandung.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D., 1978, *Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning*. US Department Agricultural Handbook No. 537.