

## Pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan berbasis wilayah pengelolaan perikanan (WPP) dengan memanfaatkan WebGIS

### *The management of fisheries resource based on fisheries management zone (FMZ) using WebGIS technology*

Ifan R. Suhelmi, Yulius, Dini Purbani

---

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jln. Pasir Putih 1 Ancol Jakarta. Email korespondensi: ifan\_ridlo@yahoo.com

---

**Abstract.** *Management of marine and fisheries resources should consider the carrying capacity and assimilation capability of marine and fisheries resources. The minister regulation Number 1 year 2009 concerning the division of fisheries management zone into 11 zone (WPP) is an effort in managing of marine and fisheries resources. This study was aimed to: (1) Update base map and information at WPP and (2) Application of WebGIS technology to manage marine and fisheries resources. The collection data as spatial database, Geographic Information System was used to analyze the data and the presentation of information as Web GIS format. The Results of this research was data and information associated with fishing management zone (WPP) in the form of spatial database in WebGIS format.*

**Keywords:** *WPP; Marine and Fisheries Resources; Web GIS*

**Abstrak.** Pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan perlu memperhatikan daya dukung dan kemampuan asimilasi wilayah laut, pesisir. Terbitnya Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No 1 Tahun 2009 mengenai Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) merupakan salah satu upaya untuk mengelola sumberdaya kelautan dan perikanan yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Memperbaharui data dan informasi dasar Peta Wilayah Pengelolaan Perikanan (2) Mengaplikasikan teknologi WebGIS sebagai penyajian data sumberdaya kelautan dan perikanan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penyusunan basisdata spasial menggunakan PostgreSQL, analisis menggunakan Sistem Informasi Geografi dan penyajian data dalam bentuk tampilan WebGIS. Hasil kajian berupa data dan informasi yang dalam bentuk basis data spasial dalam format WebGIS.

**Kata kunci:** WPP; Sumberdaya Kelautan dan Perikanan; WebGIS

---

### Pendahuluan

Pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan harus memperhatikan daya dukung dan kemampuan asimilasi wilayah laut, pesisir. Ketersediaan sumberdaya merupakan kunci dalam pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan. Sektor kelautan dan perikanan dapat menjadi salah satu sumber pertumbuhan ekonomi penting karena: (a) kapasitas suplai sangat besar, sementara permintaan terus meningkat; (b) pada umumnya *output* dapat diekspor, sedangkan *input* berasal dari sumber daya lokal; (c) dapat membangkitkan industri hulu dan hilir yang besar, sehingga menyerap tenaga kerja cukup banyak; (d) umumnya berlangsung di daerah; dan (e) industri perikanan, bioteknologi dan pariwisata bahari bersifat dapat diperbarui (*renewable resources*), sehingga mendukung pelaksanaan pembangunan berkelanjutan (Bappenas, 2007).

Mallawa (2006) mengungkapkan bahwa kondisi sumberdaya ikan untuk perairan laut adalah sebagai berikut : potensi lestari (MSY) sebesar 6,4 juta ton/tahun, jumlah tangkapan yang diperbolehkan (JTb) sebesar 5,12 ton/tahun atau 80 % dari MSY, dan produksi tahunan sebesar 4,7 juta ton atau 73,4 % dari MSY, sedang untuk perairan umum yang berupa danau, waduk, sungai dan genangan air lainnya seluas 54 juta ha memiliki potensi perkiraan 800-900 ribu ton/tahun, dan produksi tahunan saat ini sebesar 325 ton atau 35 % dari potensi. Untuk memanfaatkan sumberdaya ikan Indonesia pemerintah melalui Departemen Kelautan dan Perikanan mencanangkan kebijakan pengelolaan sumberdaya ikan dalam rangka pengelolaan perikanan yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.

Pengelolaan sumberdaya ikan merupakan suatu aspek yang sangat menonjol disektor perikanan dan ketidakmampuan dalam pengelolaan sumberdaya ikan/sumberdaya perikanan dapat berakibat menurunnya pendapatan sektor perikanan yang berasal dari sumber yang ada. Kata “pengelolaan” yang dipakai adalah terjemahan dari kata “*management*” yang dalam ilmu administrasi dijelaskan bahwa unsur pokok dari manajemen adalah meliputi P.O.A.C (*Planning, Organizing, Actuating, Controlling*). Unsur inipun ada dalam *fisheries management* namun lebih luas dan prosesnya sendiri cukup panjang. Dalam *Guideline* no.4 CCRF pengelolaan perikanan didefinisikan sebagai berikut: Pengelolaan Perikanan adalah suatu proses yang terintegrasi mulai dari pengumpulan informasi, analisis, perencanaan, konsultasi, pengambilan keputusan, alokasi sumber dan implementasinya (dengan *enforcement* bila diperlukan), dalam upaya menjamin kelangsungan produktivitas serta pencapaian tujuan pengelolaan.

Dalam upaya mencapai pemanfaatan perikanan secara optimal dan berkelanjutan dalam pengelolaan perikanan yang menjamin kelestarian sumber daya ikan dan lingkungan di seluruh Indonesia, Menteri Kelautan dan Perikanan mengeluarkan Peraturan Menteri nomor PER.01/MEN/2009 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP-RI). Peraturan ini sebagai penyempurnaan dan mengganti Keputusan Menteri Pertanian No.996/Kpts/IK.210/9/1999 tentang Potensi Sumber Daya Ikan dan Jumlah Tangkapan yang diperbolehkan.

Upaya ini adalah merupakan langkah maju dalam menerapkan ketentuan internasional CCRF(*Code of Conduct for Responsible Fisheries*) atau Tatanan Pengelolaan Perikanan yang Bertanggungjawab atau Berkelanjutan. Kusumastanto *et al.* (2006) mengemukakan bahwa sebagai sumberdaya yang dapat diperbaharui (*renewable resources*), sumberdaya ikan mempunyai batas-batas tertentu sesuai dengan daya dukungnya (*carrying capacity*). Oleh karena itu, apabila pemanfaatannya dilakukan secara bertentangan dengan kaedah-kaedah pengelolaan, maka akan berakibat terjadinya kepunahan. Dengan demikian, agar kelestarian sumberdaya ikan tetap terjaga maka diperlukan perangkat hukum yang pasti yang disertai dengan penegakan hukum (*law enforcement*). Dengan kata lain, ketidakpastian hukum dan lemahnya penegakan hukum inilah yang menjadi penyebab rusaknya ekosistem perairan laut.

Salah satu alat yang dapat digunakan dalam pengelolaan termasuk monitoring dan pengawasan sumberdaya adalah Sistem Informasi Geografi. Sistem Informasi Geografis menjadi alat penting untuk pemodelan keruangan dalam analisis berbagai isu pesisir. Namun akses terhadap hasil ini sangat terbatas oleh pemangku kepentingan yang ada. Oleh karena itu diperlukan sinergi antara data GIS dan bantuan teknologi perangkat lunak multimedia terkini untuk membantu tampilan yang interaktif dan mudah diakses dalam hal ini adalah teknologi WebGIS.

WebGIS merupakan Sistem Informasi Geografi yang didistribusikan melalui jaringan komputer untuk integrasi, diseminasi dan mengkomunikasikan informasi geografi secara visual melalui *World Wide Web* (Peng and Tsou, 2003 dalam Jeong *et al.*, 2011). Menurut Prahasta (2007) WebGIS adalah aplikasi GIS atau pemetaan digital yang memanfaatkan jaringan internet sebagai media komunikasi yang berfungsi mendistribusikan, mempublikasikan, mengintegrasikan, mengkomunikasikan dan menyediakan informasi dalam bentuk teks, peta digital sertamenjalankan fungsifungsi analisis dan *query* yang terkait dengan GIS melalui jaringan internet. Diharapkan dengan memanfaatkan teknologi WebGIS ini dapat dilakukan pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan yang lebih baik.

## **Bahan dan Metode**

Penelitian ini didahului dengan pengumpulan data sekunder yang berasal dari berbagai institusi yang terkait dengan sumberdaya laut dan pesisir. Data sekunder meliputi data wilayah konservasi, sebaran sumberdaya laut dan pesisir seperti mangrove, lamun, karang. Karakteristik pantai, material dasar laut. Diperlukan pula data perikanan seperti Data Kapal Perikanan (Tonase dan Lokasi Penangkapan), Daerah Penangkapan, Ijin Penangkapan (Jumlah dan lokasi perijinan, Sebaran Pelabuhan Perikanan (PPS, PPN, PPP, PPI). Studi literatur dilakukan untuk memperoleh data dukung dalam menyusun profil karakteristik pada Wilayah Pengelolaan Perikanan. Data dukung terkait dengan kewilayahan seperti data buangan amunisi dari Dishidros TNI AL, Data Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 6/1996 tentang Perairan Indonesia. Hasil berupa deskripsi dan data

sekunder berupa peta yang tersusun dalam beberapa kelompok. Hasil pengelompokan tersebut dijadikan sebagai dasar dalam menyusun basisdata spasial WPP yang disajikan dalam bentuk WebGIS.

Hasil pengumpulan data dan literatur di rumuskan ke dalam suatu basis data spasial yang interaktif. Untuk itu disusun suatu tampilan data yang bersifat interaktif dan dapat diakses oleh berbagai stakeholder kelautan dan perikanan yang membutuhkan peta dan informasi terkait kelautan dan perikanan. Hasil penyusunan data yang dikumpulkan dalam bentuk basis data spasial berbasis Web atau lebih dikenal dengan WebGIS.

Pada kajian ini menggunakan perangkat lunak *opensources*, mengingat belum tersedianya perangkat lunak yang berlisensi. Penggunaan perangkat lunak ini terdiri dari 4 (empat) perangkat lunak yaitu MS4W (*MapServer for Windows*) dengan pendukung PosGIS versi 1.5 dan PostgreSQL 8.4. Framework yang digunakan dalam kajian ini adalah *GeoMoose*.

## Hasil dan Pembahasan

Teknologi GIS (*Geographic Information System*) telah berkembang pesat. Saat ini telah dikenal istilah-istilah Desktop GIS, WebGIS, dan *Database Spatial* yang merupakan wujud perkembangan teknologi Sistem Informasi Geografis, untuk mengakomodir kebutuhan solusi atas berbagai permasalahan yang hanya dapat dijawab dengan teknologi GIS ini. Mengingat belum tersedianya sarana perangkat lunak berlisensi, maka pada kajian ini digunakan perangkat lunak gratis (*freeware*) berbasis *opensource*. Saat ini ada beberapa teknologi yang dapat digunakan untuk membangun sistem WebGIS. Salah satu yang paling populer adalah MapServer yang mampu beroperasi pada berbagai sistem operasi seperti windows, Mac, Linux. Pada kajian ini menggunakan MS4W (*MapServer for Windows*). Untuk pilihan teknologi *Database Spatial*, PostgreSQL merupakan pilihan database *open source* yang paling populer, saat ini menggunakan PostgreSQL versi 8.4 dengan dukungan ekstensi spasial yang bernama PostGIS versi 1.5.

Pemahaman akan bagaimana mengembangkan WebGIS dengan menggunakan Mapserver dan PostGIS ini belum banyak dipahami oleh para pengembang teknologi informasi di Indonesia. Hal ini turut dipengaruhi dengan minimnya jumlah tutorial yang dipublikasi di internet dengan bahasa Indonesia. Upaya mengembangkan mapserver dan PostgreSQL perlu dikembangkan lagi mengingat untuk membangun WebGIS dengan menggunakan perangkat lunak berlisensi seperti ArcGIS Server memerlukan biaya yang cukup mahal.

Hasil pengumpulan data dan literature, serta kunjungan di lapangan dirumuskan ke dalam suatu basis data spasial yang interaktif. Untuk itu disusun suatu tampilan data yang bersifat interaktif dan dapat diakses oleh berbagai stakeholder kelautan dan perikanan yang membutuhkan peta dan informasi terkait kelautan dan perikanan. Hasil penyusunan data yang dikumpulkan dalam bentuk basis data spasial berbasis Web atau lebih dikenal dengan WebGIS.

Analisis data dilakukan untuk memperoleh informasi spasial data sumberdaya kelautan dan perikanan yang diperlukan. Data yang diperlukan terkait dengan 5 (lima) kelompok yang terdiri dari Peta WPP, Data Kewilayah/Data Dasar, Data Perikanan, Data Zonasi Wilayah, Data Tematik Kelautan. Data yang terkait dengan kewilayah antara lain peta ZEE Indonesia, Peta Landas Kontinen diatas 200 mil laut, Batas teritorial. Data yang terkait dengan perikanan seperti Data Kapal Perikanan (Tonase dan Lokasi Penangkapan), Daerah Penangkapan, Ijin Penangkapan (jumlah dan lokasi perijinan). Sebaran Pelabuhan Perikanan (Pelabuhan Perikanan Samudera, Pelabuhan Perikanan Nusantara, Pelabuhan Pendaratan Ikan). Data kewilayah antara lain dan ALKI, batimetri.

Dalam penyusunan suatu basis data keruangan yang terdiri dari berbagai peta dan data tabuler, diperlukan suatu perangkat yang mampu menyimpan dalam format basisdata. Penggunaan basis data akan memudahkan dalam pengelolaan dan pembaruan (*updating*) data. Untuk memudahkan dalam pengelolaan maka perlu disusun struktur dan pengelompokan data sesuai dengan keperluan. Pada kajian ini disusun struktur basisdata dalam format WebGIS seperti terlihat pada Tabel 1. Selain melakukan klasifikasi berbagai kelompok data yang digunakan sebagai data dalam penyusunan basis data spasial berbasis WEBGIS, disusun pula deskripsi masing-masing tema yang akan ditampilkan dalam WEBGIS. Hasil pengolahan database keruangan dengan menggunakan WebGIS ditampilkan dalam bentuk antar muka (*interface*) pemodelan WebGIS untuk Pengelolaan WPP seperti terlihat pada Gambar 1.

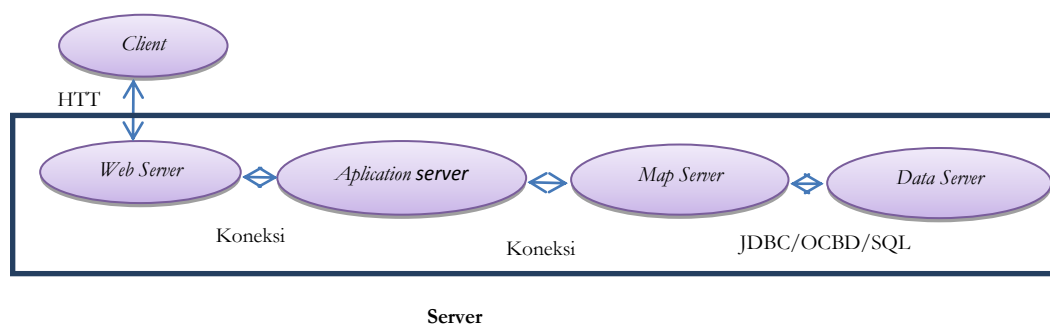
Tabel 1. Pengelompokan data dan jenis data yang ditampilkan

No.	Kelompok	Jenis Peta
1.	Peta WPP	- Peta WPP Wilayah Kerja Pengawasan PSDKP - Peta Penangkapan Tradisiona
2.	Data Kewilayahan/Data Dasar	- Batas ZEE - Batas LK diatas 200 mil - Batas Teritorial - Batas Administrasi (Provinsi/Kabupaten) - ALKI - Batimetri
3.	Data Perikanan	- Data Kapal Perikanan (Tonase dan Lokasi Penangkapan) - Daerah Penangkapan - Ijin Penangkapan (Jumlah dan lokasi perijinan - Sebaran Pelabuhan Perikanan (PPS, PPN, PPP, PPI) - Sarana dan Prasarana Penangkapan (Dok Kapal, Pabrik Es, Sarana Pengolahan Hasil Perikanan, dll)
4.	Data Zonasi Wilayah	- Kawasan Perlindungan (Taman Nasional, DPL, dll) - Zonasi Wilayah Tata Ruang Pesisir dan Laut - Daerah Larangan (Ranjau, Buangan Amunisi, Daerah Berbahaya, dll)
5.	Data Tematik Kelautan	- Oseanografi: Pasut, Gelombang, Arus, Chorofil-a - Terumbu Karang - Sedimen Dasar Perairan



Gambar 1. Tampilan antarmuka (Interface) WebGIS WPP

MapServer merupakan salah satu aplikasi pemetaan *daring* (web GIS) yang dikembangkan oleh Universitas Minnesota, NASA, dan Departemen Sumber Daya Alam Minnesota (*Minnesota Department of Natural Resources*). MapServer merupakan aplikasi *opensource* yang berarti dapat didistribusikan dengan gratis disertai dengan sumber kode pemrograman apabila ingin mengembangkan lebih lanjut. MapServer dapat dijalankan pada beberapa sistem operasi yaitu Unix/Linux, MacOS dan Windows. Bonnici (2005) mengemukakan berbagai kelebihan yang dimiliki Mapserver dibandingkan dengan perangkat lunak sejenis yang berlisensi seperti arcIMS. (WebGIS Indonesia, 2010) mengemukakan fitur yang didukung oleh MapServer yang menjadikan unggul dalam pemodelan spasial berbasis web Mendukung data dalam format vektor seperti ESRI shapefile, ESRI ArcSDE. Mendukung pula data spasial dengan format raster seperti TIFF/GeoTIFF, GIF, PNG, ERDAS, JPEG, EPPL7. Map server bersifat *Quadtree spatial indexing* untuk *shapefile*, dapat sepenuhnya dikustomisasi untuk menghasilkan hasil yang diinginkan. Pemilihan fitur menggunakan item/nilai, titik, area atau fitur lainnya. Mapserver mendukung *TrueType Font* dan mendukung OpenGIS. Legenda dan skala pada Map server bersifat otomatis. Dalam pengaturan konfigurasi dapat dilakukan secara *online (on-the fly configuration)* dan proyeksi dapat dilakukan secara *online (on-the-fly projection)*. Secara umum gambaran arsitektur WebGIS dapat digambarkan seperti terlihat pada Gambar 2. *Client* dapat mengakses informasi dari web server yang dikelola oleh penyedia WebGIS. Berbagai menu dapat ditambahkan seperti download data GIS, data tabuler maupun *client* menambahkan informasi (*upload*) ke server yang dikelola oleh penyedia informasi WebGIS.



Gambar 2. Arsitektur *Multi-tier generic Client-server* Web GIS (diadopsi dari Rao, 2010)

Hasil ini merupakan basis data spasial yang akan digunakan sebagai alat (*tool*) dalam pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan di seluruh WPP yang ada. Instrumen kebijakan ini dapat digunakan sebagai pengelolaan termasuk pengawasan sumberdaya kelautan dan perikanan. Data yang lebih detail diperlukan untuk menyusun suatu basis data spasial yang lebih detail lagi pada setiap wilayah pengawasan masing-masing satuan pengawasan sumberdaya kelautan dan perikanan. Pada pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan diperlukan basis data yang baik. Pada era ini telah berkembang basisdata spasial, dimana lokasi koordinat suatu informasi menjadi penting. Basis data spasial ini membuka peluang yang banyak dalam hal pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan sekaligus pengawasan kondisi *existing* dan *monitoring* sumberdaya yang ada. Tingkat kerusakan misalnya akan dapat dibandingkan dengan melihat kondisi *existing* dan kondisi terdahulu suatu sumberdaya. Misalkan untuk pengelolaan mangrove, maka dapat dimasukkan basisdata kondisi mangrove pada suatu tahun, maka apabila dilakukan *monitoring* dan *reinventorying* (inventori ulang) dapat dengan mudah diketahui perkembangan yang terjadi.

Pemanfaatan WebGIS ini telah banyak dilakukan, umumnya untuk melakukan kajian seperti kerentanan bencana akibat perubahan iklim (Szlafsztein, 2005), simulasi kebencanaan seperti banjir rob (Marfai, 2004; Suhelmi *et al.*, 2010). Lebih lanjut Szlafsztein (2005) dan Marfai (2004) menggunakan aplikasi dan perangkat lunak berlisensi, sedangkan kajian ini menggunakan perangkat lunak yang bersifat *opensource*. Pada kajian ini menggunakan perangkat lunak berbasis *opensource* yang sehingga penggunaannya tidak diperlukan lisensi. Hal ini sangat mendukung dalam program penggunaan perangkat lunak yang bersifat *opensource* dalam pengelolaan data spasial. Semakin detail data spasial yang diolah, maka diperlukan pengolah data yang lebih canggih.

## Kesimpulan

Berdasarkan kajian ini dapat diambil kesimpulan bahwa penyajian data keruangan menggunakan teknologi laman (*web*) merupakan salah satu alat (*tool*) yang dapat digunakan sebagai upaya pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan. Aplikasi WebGIS sangat terbuka tidak hanya dalam pengelolaan sumberdaya kelautan dan perikanan, namun dapat pula digunakan sebagai sarana untuk monitoring kegiatan yang telah, sedang dan akan dilaksanakan oleh suatu institusi.

### Ucapan Terimakasih

Hasil kajian ini merupakan kegiatan yang dibiayai dengan DIPA Tahun 2012. Penyusun mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan KKP, narasumber yang terlibat dan semua pihak yang membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Bappenas. 2007. Strategi pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya kelautan dan perikanan. Eksekutif Summary Kajian Strategi Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan. Direktorat Kelautan dan Perikanan Deputi Bidang Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup Bappenas, Jakarta.
- Bonnici, AM. 2005. Web GIS software comparison framework. Geomatics Dept. Sir Sandford Fleming College, England.
- Jeong, J.S., L.G. Moruno, J.H. Blanco. 2011. Web-based interoperability system: A collaborative method to integrate rural buildings with their surroundings. Proceedings Real Corp 2011. <[http://www.corp.at/archive/CORP2011\\_23.pdf](http://www.corp.at/archive/CORP2011_23.pdf)> [Diakses September 2011]
- Kusumastanto, T., Suhana, A. Solihin. 2006. Pembangunan perikanan pasca Undang-Undang Perikanan. Makalah disampaikan pada diskusi UU Perikanan yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Sosial Ekonomi Perikanan (HIMASEPA) pada tanggal 18 Maret 2006, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor.
- Mallawa, A. 2006. Pengelolaan sumberdaya ikan berkelanjutan dan berbasis masyarakat. Makalah Lokakarya Agenda Penelitian Program COREMAP II Kabupaten Selayar 2006. [<http://regional.coremap.or.id/downloads/Materi-pengelolaan.pdf>]
- Marfai, M.A. 2004. Tidal flood hazards assessment: Modelling in Raster GIS, Case in Western Part of Semarang Coastal Area. Indonesian Journal of Geography, 36 (1):25-28.
- Prahasta, E. 2007. Membangun WebBased GIS dengan MapServer. Informatika, Bandung.
- Rao, S. 2010. Choosing the right GIS framework for an informed Enterprise Web GIS Solution. 13th Annual International Conference and Exhibition on Geospatial Technology and Application. Epicentre;Gurgaon, India; 19 -21 January, 2010 [[http://ciesin.columbia.edu/binaries/web/global/news/2010/rao--gis--framework\\_mapindia2010.pdf](http://ciesin.columbia.edu/binaries/web/global/news/2010/rao--gis--framework_mapindia2010.pdf)]
- Suhelmi, I.R., A. Fahrudin, F. Yulianda, I.N.S. Nuitja. 2010. Dynamic modelling of flood and tidal inundation vulnerability in low lying area, case study Semarang. Jurnal Geoid Bakosurtanal, 3: 55-62.
- Szlafsztein, C.F. 2005. Climatechange, sea-level rise and coastal natural hazards: A GIS-Based vulnerability assessment, State of Pará, Brazil. Human Security and Climate Change An International Workshop Holmen Fjord Hotel, Asker, near Oslo, 21–23 June 2005 sumber: [www.gechs.org/downloads/holmen/Szlafsztein.pdf](http://www.gechs.org/downloads/holmen/Szlafsztein.pdf) (Diakses pada 10 Juni 2011).
- WebGIS Indonesia. 2010. WebGIS Mapserver. Jakarta. <http://webgis.co.id/content.php?page=5&p=art&cid=138> diakses pada 12 Juli 2012.
- Wheeler PJ, Coller MLF, Kunapo J, Peterson JA, McMahan M. 2008. Facilitating Coastal Zone Inundation Awareness Using GIS-Based Skenario Modelling And Multimedia Visualization. Queensland Spatial Conference. Gold Coast <http://arts.monash.edu.au/ges/research/gis/public/pdf/qsc2008-paper002.pdf> [Diakses pada 4 Agustus 2009].