

# PEMODELAN SPASIAL BANJIR LUAPAN SUNGAI MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DAN PENGINDERAAN JAUH DI DAS BODRI PROVINSI JAWA TENGAH

Nugraha Saputro  
nggonzaes9@gmail.com

Taufik Heri Purwanto  
taufik\_hp@yahoo.com

## ***Abstract***

*Availability of remote sensing data and Geographic Information System technology more further facilitate the work during the compilation of a prediction model flood-prone areas, thus reducing field work to obtain the data. This study is focused to develop flood models Bodri River in Kendal by using remote sensing data and GIS techniques. Flood pool models performed by using HEC RAS software, with impermanent flow models and visualization of potentially flooded areas, performed by using ARC GIS software. The flood pool scenarios when the 5-year anniversary, indicate that the predicted floodwaters swept 25 villages. Meanwhile, the flood pool scenarios when the 10-year anniversary, indicate that the predicted floodwaters swept 30 villages.*

*Keywords: Remote Sensing, Geographic Information Systems, overflowing river flood, spatial models, unsteady flows, HEC-RAS*

## **Abstrak**

Ketersediaan data penginderaan jauh dan teknologi Sistem Informasi Geografis semakin mempermudah pekerjaan dalam upaya menyusun model prediksi daerah rawan banjir, sehingga dapat mengurangi pekerjaan lapangan untuk memperoleh data. Penelitian ini difokuskan untuk menyusun model banjir luapan di Sungai Bodri Kabupaten Kendal dengan memanfaatkan data penginderaan jauh dan teknik SIG. Model genangan banjir dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC RAS dengan model aliran tidak permanen dan visualisasi daerah yang berpotensi tergenang dilakukan menggunakan perangkat lunak ARC GIS. Skenario genangan banjir kala ulang 5 tahunan menunjukkan bahwa genangan banjir diprediksi melanda 25 desa, sedangkan skenario genangan banjir kala ulang 10 tahunan menunjukkan bahwa genangan banjir diprediksi melanda 30 desa.

Kata kunci: Penginderaan Jauh, Sistem Informasi Geografis, banjir luapan sungai, model spasial, aliran tidak permanen, HEC-RAS

## PENDAHULUAN

Analisis hidrologi pada suatu DAS sangat diperlukan dalam perencanaan, pengelolaan sumber daya, dan penanggulangan bencana. Analisis hidrologi yang umum dilakukan pada suatu DAS adalah estimasi debit banjir dan pembuatan model simulasi genangan banjir.

Pemilihan metode yang sesuai untuk estimasi debit banjir tergantung pada ketersediaan data hidrologi pada DAS yang akan diteliti. Estimasi debit banjir rancangan dapat dilakukan berdasarkan data hujan yang ditransformasikan menjadi data debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama I, sedangkan penentuan daerah potensi genangan dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dan ArcGIS.

Aplikasi sistem informasi geografis (SIG) dan data penginderaan jauh (PJ) dapat digunakan untuk mendapatkan informasi parameter – parameter fisik DAS yang digunakan dalam estimasi debit banjir menggunakan metode HSS Gama I dan untuk interpretasi data penutup lahan. Citra Alos AVNIR-2 merupakan citra penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk studi banjir dengan resolusi spasial 10 meter. Citra resolusi menengah tersebut diharapkan mampu memberikan informasi parameter fisik DAS dan data penutup lahan dengan cara interpretasi visual, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya.

Simulasi daerah tergenang banjir dilakukan dengan menggunakan

perangkat lunak HEC-RAS dan ArcGIS. Parameter yang digunakan dalam pemodelan hidrologi menggunakan HEC-RAS adalah data aliran, data geometri sungai, dan nilai koefisien kekasaran Manning. Hasil akhir dari model simulasi genangan banjir ditampilkan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS, sehingga dapat diketahui lokasi dan persebaran genangan secara spasial.

Cara untuk mendapatkan data parameter hidrologi yang ideal adalah dengan melakukan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Kelebihan dari cara tersebut adalah dapat memperoleh data yang terbaru dan mewakili kondisi sebenarnya, sedangkan kelemahannya adalah memerlukan tenaga, waktu, dan biaya yang sangat besar dalam pelaksanaan kegiatan. Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mendapatkan data hidrologi adalah menggunakan teknik SIG. Teknik tersebut dapat digunakan dalam pembuatan data DEM yang bersumber dari data elevasi, untuk memperoleh data geometri sungai secara spasial. Penerapan teknik SIG tersebut diharapkan mampu memberikan hasil yang akurat dan menghemat tenaga, waktu, dan biaya.

Daerah penelitian tertuju pada Sungai Bodri yang membentuk DAS Bodri dan merupakan bagian dari satuan wilayah pengelolaan (SWP) DAS Pemali Comal. Hulu DAS Bodri berada di Kabupaten Temanggung, sedangkan bagian tengah dan hilir DAS berada di Kabupaten Kendal. Bagian tengah dan hilir DAS Bodri merupakan kawasan terbangun, sehingga daerah pertanian dan daerah resapan air semakin berkurang. Perubahan ini setidaknya bisa mengurangi

jumlah air hujan yang meresap sebagai air tanah dan menambah jumlah air yang mengalir dipermukaan menjadi aliran permukaan. Aliran permukaan ini terkadang membawa serta partikel tanah menuju badan sungai, sehingga terjadi pendangkalan dan sedimentasi. Hal tersebut menyebabkan daya tampung sungai menjadi berkurang, sehingga ketika musim hujan datang, bencana banjir menjadi ancaman yang serius bagi penduduk di daerah Kendal dan sekitarnya.

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian, diantaranya:

1. Bagaimana cara memperoleh data hidrologi dari suatu DAS dalam waktu yang relatif cepat?
2. Berapa besar debit banjir rancangan DAS Bodri?
3. Bagaimana cara mengetahui daerah yang berpotensi tergenang banjir luapan sungai Bodri?

Sementara itu, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan ekstraksi parameter fisik DAS dari citra penginderaan jauh dan data DEM untuk melakukan estimasi debit banjir.
2. Menerapkan alih ragam data hujan menjadi debit banjir dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Gama I untuk menghitung debit banjir rancangan.
3. Membuat model potensi daerah tergenang banjir menggunakan perangkat lunak HEC-RAS yang terintegrasi dengan ArcGIS.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini difokuskan untuk menyusun model banjir luapan di Sungai Bodri Kabupaten Kendal dengan memanfaatkan data penginderaan jauh dan teknik SIG. Model genangan banjir dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC RAS dengan model aliran tidak permanen dan visualisasi daerah yang berpotensi tergenang dilakukan menggunakan perangkat lunak ARC GIS.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Citra ALOS AVNIR-2, untuk memperoleh informasi parameter fisik DAS, penutup lahan, dan menentukan batas sungai
2. Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1: 25.000, untuk memperoleh data kontur yang akan diolah menjadi data DEM
3. Data titik tinggi hasil pengukuran lapangan dari Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA), untuk memperbaiki kualitas data DEM
4. Data penampang melintang sungai dari Dinas PSDA, untuk mengoreksi data penampang melintang sungai hasil ekstraksi dari data DEM
5. Data hujan harian, untuk analisis hujan rancangan kala ulang 5 dan 10 tahun

Parameter untuk menyusun model banjir menggunakan HEC RAS adalah data aliran, nilai koefisien Manning, dan geometri sungai. Citra ALOS AVNIR-2 dan data DEM dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam menyusun data

parameter fisik DAS yang digunakan untuk memperoleh data aliran, interpretasi visual penggunaan lahan untuk menentukan nilai koefisien Manning, dan menyusun data geometri sungai

Data aliran yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari syarat batas hulu dan syarat batas hilir. Data syarat batas hulu berupa nilai debit banjir rancangan kala ulang 5 dan 10 tahun yang diperoleh dengan alih ragam data hujan menjadi data debit dengan metode HSS Gama I, sedangkan data syarat batas hilir merupakan nilai kemiringan rata – rata sungai yang termasuk salah satu parameter fisik DAS .

Analisis data hujan dilakukan dengan menerapkan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian. Jumlah stasiun hujan yang digunakan dalam menyusun hujan rancangan sebanyak 6 stasiun hujan, yaitu stasiun Puguh, Pegandon, Babatan, Karangmalang, Banyumeneng, dan Sambungsari, yang lokasinya tersebar di DAS Bodri, sehingga diasumsikan dapat mewakili hujan wilayah. Jumlah seri data hujan yang diolah adalah 11 tahun. Analisis data hujan menghasilkan hujan rancangan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

Metode HSS Gama I digunakan untuk menghitung besarnya debit sungai berdasarkan parameter fisik DAS yang dapat diturunkan dari citra penginderaan jauh dan peta topografi. Hasil dari perhitungan HSS Gama I berupa waktu puncak, debit puncak, waktu dasar, koefisien tampungan, dan besarnya debit per jam. Hasil perhitungan dengan metode HSS Gama I dapat memberikan hasil yang mendekati dengan kenyataan di lapangan jika di lakukan pada DAS yang

memiliki luas < 2500 km<sup>2</sup>. Luas DAS Bodri adalah 672 km<sup>2</sup>, sehingga metode HSS Gama I dapat diterapkan untuk menghitung debit banjir rancangan dengan harapan dapat memberikan hasil yang mendekati dengan kenyataan di lapangan..

Hasil hujan rancangan digunakan untuk menyusun bangkitan debit banjir berdasarkan perhitungan HSS Gama I. Debit banjir rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah debit banjir kala ulang 5 dan 10 tahun.

Nilai koefisien Manning ditentukan berdasarkan informasi penggunaan lahan yang diturunkan dari citra penginderaan jauh dan penentuan nilai koefisien dilakukan dengan menggunakan tabel nilai Manning hasil penelitian dari Marfai (2003) dan Dinas PSDA (2009).

Data geometri sungai diperoleh dari data DEM. Sumber data DEM terdiri dari data kontur peta Rupa Bumi Indonesia skala 1: 25.000 dan data kontur detil yang diperoleh dari Dinas PSDA. Data kontur dari peta RBI digunakan untuk menyusun data terrain di dataran banjir, sedangkan data kontur detil dari Dinas PSDA digunakan untuk menyusun lekuk sungai yang digunakan dalam penelitian.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perhitungan morfometri DAS dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak ARCGIS 9.3, dengan cara melakukan interpretasi visual pada citra ALOS AVNIR-2 dan data DEM, untuk memperoleh parameter morfometri DAS yang akan digunakan dalam perhitungan HSS Gama I. Hasil

perhitungan morfometri DAS adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.1 Morfometri DAS Bodri**

No.	Parameter	Hasil perhitungan
1.	Luas DAS	672 km <sup>2</sup>
2.	Panjang sungai utama	81 km
3.	Gradien sungai rata – rata	0,011539
4.	Faktor sumber	0,46
5.	Frekuensi sumber	0,5
6.	Faktor lebar	5
7.	Luas DAS sebelah hulu	0,63
8.	Faktor simetri	3,15
9.	Jumlah pertemuan sungai	77
10.	Kerapatan jaringan kuras	0,688

Sumber: analisis data, 2013

Berdasarkan perhitungan morfometri DAS tersebut, perhitungan HSS Gama I dapat dilakukan. Debit puncak Sungai Bodri hasil perhitungan adalah 10,95 m<sup>3</sup>/s, waktu puncak adalah 6,7775 jam, dan waktu dasar 29,95 jam.

Berdasarkan parameter koefisien tampungan dan waktu, maka dapat dihitung besarnya debit pada setiap jam. Perhitungan dimulai dari jam ke nol dengan debit nol, menuju ke debit puncak yaitu terjadi pada jam ke 6,7775 yang menunjukkan debit sebesar 10,95 m<sup>3</sup>/s. Debit tersebut disebut dengan debit puncak. Besaran nilai debit kemudian mengalami penurunan sampai kembali menjadi nilai nol (waktu dasar) pada jam ke 30.

**Tabel 3.2 Perhitungan HSS Gama I**

No.	Parameter	Hasil perhitungan
1.	Waktu puncak	6,7775 jam
2.	Debit puncak	10,95 m <sup>3</sup> /s
3.	Waktu dasar	29,95 jam
4.	Koefisien tampungan	7,89

Sumber: analisis data, 2013

Analisis frekuensi dilakukan untuk mengolah data hujan. Metode yang digunakan dalam analisis frekuensi adalah *annual maximum series*. Metode ini dipilih karena data yang digunakan lebih dari 10 tahun. Cara ini dilakukan dengan memilih satu data maksimum setiap tahun. Penentuan jenis distribusi statistik yang dilakukan dengan uji *Chi Square* dan Smirnov Kolmogorof terhadap parameter statistik data hujan, sehingga diperoleh jenis distribusi yang sesuai adalah Log Pearson tipe III. Berdasarkan analisis frekuensi tersebut dapat diketahui besarnya hujan kala ulang 1 tahunan yaitu 14,46 mm; kala ulang 2 tahunan 76,77 mm; kala ulang 5 tahunan 116,99 mm; kala ulang 10 tahunan 142,39 mm; kala ulang 25 tahunan 172,92 mm; kala ulang 50 tahunan 199,1 mm; dan kala ulang 100 tahunan sebesar 215,98 mm.

Perhitungan HSS Gama dan hujan rancangan digunakan untuk menghitung besarnya debit banjir rancangan. Hasil perhitungan debit banjir maksimum disajikan dalam tabel 3.3. Syarat batas hulu yang digunakan dalam model banjir HEC RAS adalah data debit kala ulang 5 dan 10 tahunan, sedangkan syarat batas hilir yang digunakan adalah gradien rata – rata sungai yang telah

diketahui nilainya pada perhitungan morfometri DAS, yaitu 0,011539.

**Tabel 3.3 Debit Maksimum**

Kala Ulang	Q maksimum banjir rancangan (m <sup>3</sup> /s)
1.01	128.6621
2	682.8073
5	1040.515
10	1266.219
25	1537.755
50	1770.754
100	1920.748

Sumber: analisis data, 2013

Penentuan nilai koefisien Manning berdasarkan pada kondisi saluran dan penggunaan lahan di dataran banjir. Informasi kondisi saluran dan jenis penggunaan lahan diperoleh dari hasil interpretasi visual citra ALOS AVNIR-2 dan citra resolusi tinggi dari aplikasi Bingmaps.

**Tabel 3.4 Nilai Koefisien Manning**

No.	Penggunaan lahan	N
1	Permukiman	0.16
2	Sawah	0.04
3	Saluran sungai	0.03 – 0.045
4	Pepohonan	0.11
5	Kebun	0.1 – 0.15
6	Semak belukar	0.06 – 0.07
7.	Tegalan	0.03 – 0.1
8.	Rumput/tanah kosong	0.03

Sumber: Marfai (2003) dan Triadmodjo (dalam laporan Dinas PSDA 2009)

Sistem informasi geografis dapat digunakan untuk memperoleh data spasial

yang diperlukan dalam simulasi model genangan banjir. Data DEM merupakan salah satu data spasial yang penting dalam pembuatan model genangan banjir. Data DEM akan diolah menjadi data penampang melintang sungai yang mempengaruhi daya tampung sungai terhadap debit aliran sungai. Sumber data yang digunakan untuk menyusun data Dem bagian dataran banjir adalah data kontur dan titik tinggi peta RBI skala 1: 25.000, sedangkan data DEM bagian badan sungai dibuat dari data kontur detil dan titik tinggi hasil pengukuran lapangan oleh Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA).

**Gambar 3.1 Data DEM Sungai Bodri**

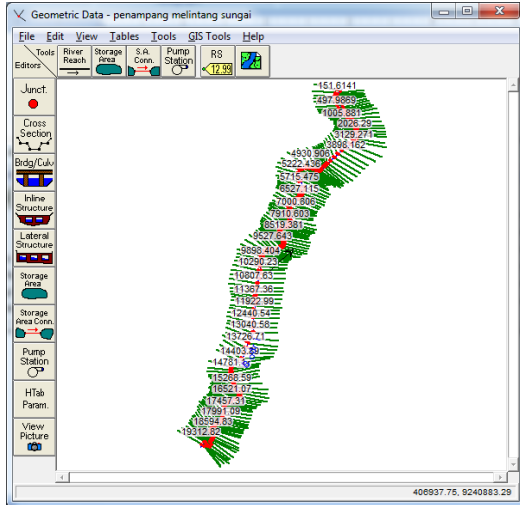


Sumber: analisis data, 2013

Data DEM digunakan untuk mendapatkan data geometri sungai yang terdiri dari data saluran sungai berupa tali arus (*stream center line*), batas aliran kanan dan kiri (*flowpath*), batas tebing sungai kanan dan kiri (*banks*), dan penampang melintang sungai (*cross section*). Proses ini dilakukan dengan menggunakan ekstensi HEC GeoRAS dalam perangkat lunak ARC GIS. Keseluruhan data geometrik sungai

tersebut kemudian disimpan dalam format .sdf menggunakan ekstensi HEC-GeoRAS, sehingga dapat dikenali dengan perangkat lunak HEC RAS.

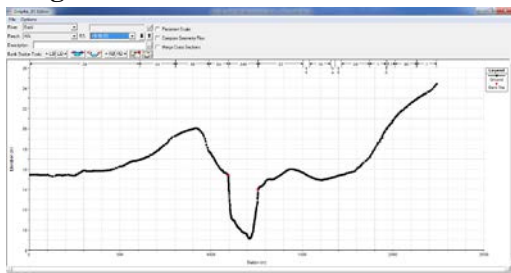
**Gambar 3.2 Geometri sungai**



Sumber: Analisis data, 2013

Perangkat lunak HEC RAS ini digunakan untuk melakukan *editing* geometri sungai dan eksekusi hasil model banjir berdasarkan parameter data aliran, nilai kekasaran Manning, dan geometrik sungai.

**Gambar 3.3 Penampang melintang sungai**



Sumber: Analisis data, 2013

Proses *editing* data geometri sungai, terutama data penampang

melintang sungai dilakukan untuk mendapatkan bentuk penampang sungai yang sesuai dengan data penampang yang bersumber dari Dinas PSDA.

Parameter data aliran, nilai koefien Manning, dan geometri sungai yang telah diketahui tersebut, kemudian diproses untuk memperoleh model genangan banjir dengan menggunakan tipe aliran tidak permanen.

Hasil skenario genangan banjir kala ulang 5 tahun menunjukkan bahwa genangan banjir diprediksi melanda 25 desa, sedangkan hasil skenario kala ulang 10 tahunan diprediksi melanda 30 desa.

Hasil model genangan banjir kemudian dibandingkan dengan laporan Dinas PSDA yang melakukan pekerjaan lapangan pada tahun 2009. Hasil laporan Dinas PSDA menunjukkan bahwa daerah rawan banjir di sepanjang Sungai Bodri terdapat di 13 desa. Hasil ini berbeda dengan hasil skenario genangan banjir kala ulang 5 dan 10 tahunan.

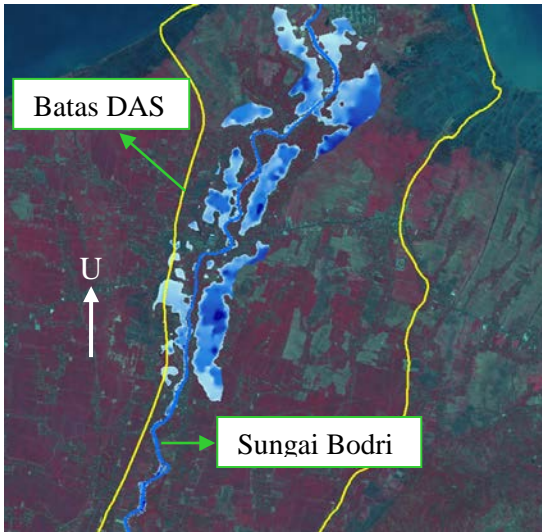
Sumber kesalahan dapat berasal dari data DEM, karena data Dem yang digunakan di dataran banjir bersumber dari data kontur dan titik tinggi peta RBI skala 1: 25.000. Data tersebut digunakan karena tidak ditemukan data lain yang lebih detil di daerah penelitian.

Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa pembuatan model genangan banjir menggunakan HEC-RAS memerlukan data DEM detil sehingga dapat memberikan hasil yang mendekati kenyataan.

Pemodelan dengan menggunakan HEC-RAS sebaiknya dilakukan pada daerah penelitian yang relatif sempit, sehingga pengukuran lapangan untuk memperoleh parameter hidrologi yang

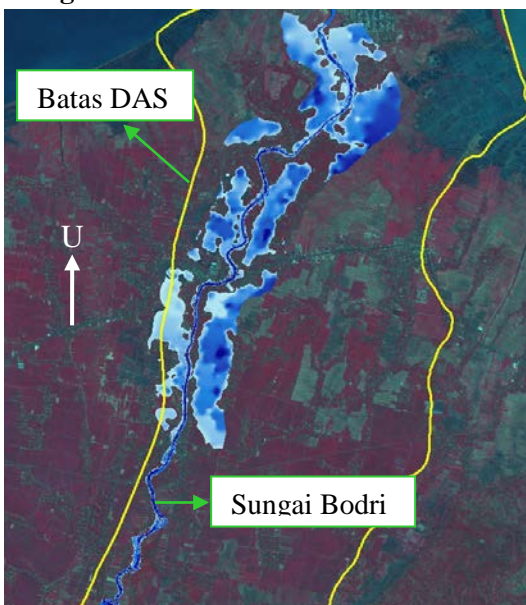
lebih sesuai dengan kenyataan di lapangan dapat dilakukan.

**Gambar 3.4.a Skenario banjir kala ulang 5 tahunan**



Sumber: Analisis data, 2013

**Gambar 3.4.b Skenario banjir kala ulang 10 tahunan**



Sumber: Analisis data, 2013

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Data parameter fisik DAS dapat diperoleh tanpa melakukan pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan citra penginderaan jauh dan peta RBI skala 1: 25.000, sehingga dapat mengurangi pekerjaan lapangan dan menghemat waktu.
2. Hasil perhitungan debit banjir maksimum kala ulang 5 tahunan adalah  $682,81 \text{ m}^3/\text{s}$  dan debit banjir maksimum kala ulang 10 tahunan adalah  $1040,52 \text{ m}^3/\text{s}$ .
3. Model genangan banjir luapan sungai dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC RAS dengan model aliran tidak permanen dan visualisasi daerah yang berpotensi tergenang dilakukan menggunakan perangkat lunak ARC GIS.
4. Skenario genangan banjir kala ulang 5 tahunan menunjukkan bahwa genangan banjir diprediksi melanda 25 desa, sedangkan skenario genangan banjir kala ulang 10 tahunan menunjukkan bahwa genangan banjir diprediksi melanda 30 desa.

## DAFTAR PUSTAKA

Adi, Wursito. 2006. *Tesis*. Kajian Pengaruh Bangunan Jetty Terhadap Kapasitas Sungai Muara Way Kuripan Kota Bandar Lampung. Semarang: Program Pasca Sarjana



Magister Teknik Sipil Universitas  
Diponegoro

- Chow. 1964. *Hidrolika Saluran Terbuka*.  
Jakarta: Erlangga
- Harto Br., Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*.  
Jakarta: PT Gramedia Pustaka  
Utama.
- Marfai, Muh. Aris. 2003. Thesis : *GIS  
Modeling of River Tidal Flood*.  
Master, Earth System Analysis,  
Netherlands: ITC The Netherlands.
- Istiarto. 2009. *Bahan Kuliah Hidraulika  
Terapan*. Yogyakarta: Fakultas  
Teknik UGM.
- Setiaji, Rangga. 2006. *Sripsi*. Pemetaan  
Daerah Rawan Banjir Dengan  
HEC-RAS di Sub DAS Bogowonto  
Hilir. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas  
Geografi UGM.
- Soemarto. 1999. *Hidrologi Teknik*.  
Jakarta: Erlangga.
- . 2009. Studi Kelayakan Dan  
Desain Konservasi Kali Bodri.  
Semarang. Dinas PSDA.