

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN  
TERHADAP KERAWANAN BANJIR  
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TENGGANG KOTA SEMARANG**

David Carlous Pintubatu <sup>1)</sup> Ir. Bambang Sudarsono, MS <sup>2)</sup> Arwan Putra Wijaya, ST, MT <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa teknik geodesi fakultas teknik undip

<sup>2)</sup> Dosen Pembimbing 1 Teknik Geodesi Universitas Diponegoro

<sup>3)</sup> Dosen Pembimbing 2 Teknik Geodesi Universitas Diponegoro

**ABSTRAK**

*Banjir di Semarang masih menjadi permasalahan besar yang terjadi di ibukota provinsi Jawa Tengah ini terutama pada saat hujan dalam waktu yang lama terjadi. Kecamatan Genuk, Gayamsari dan Pedurungan merupakan daerah di Semarang yang sering banjir. Ketiga kecamatan tersebut termasuk dalam Daerah Aliran Sungai Tenggang. Dalam daerah tersebut, selama 5 tahun terakhir yaitu 2006 – 2011 mengalami perubahan penggunaan lahan yang signifikan. Penelitian yang bertujuan untuk menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap kerawanan banjir ini menggunakan citra beresolusi tinggi yaitu quickbird untuk membuat peta tata guna lahan 2006 dan Ikonos untuk tahun 2011. Luas dari masing-masing tata guna lahan akan diberikan nilai koefisien air larian untuk perhitungan nilai air larian. Selain koefisien, perhitungan air larian juga dipengaruhi curah hujan dan luas DAS.*

*Kata kunci : DAS Tenggang, Penggunaan Lahan, Semarang*

**Pendahuluan**

Aktivitas perubahan penggunaan lahan yang dilakukan di hulu Sungai tidak Hanya akan memberikan dampak di daerah hulu saja, melainkan juga akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan debit dan transport sedimen serta material terlarut dalam sistem aliran air lainnya (Asdak, 1995).

Semarang merupakan ibukota dari provinsi Jawa Tengah yang merupakan pusat kegiatan industri dan pemerintahan dari provinsi Jawa Tengah. Tanpa disadari, perkembangan dan pertumbuhan jumlah penduduk di kota Semarang semakin meningkat pesat. Perkembangan pesat ini menyebabkan pertumbuhan penggunaan lahan di kota Semarang. Genuk, Gayamsari dan Pedurungan merupakan 3 kecamatan yang padat penduduk dan rawan banjir. Ketiga kecamatan tersebut termasuk dalam DAS Tenggang.

**Perumusan Masalah**

Permasalahan yang muncul dari latar belakang penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah :

1. Bagaimanakah perubahan penggunaan lahan daerah aliran Sungai Tenggang kota Semarang ?
2. Apakah perubahan penggunaan lahan di DAS Tenggang mempengaruhi tingkat kerawanan banjir?

**Ruang Lingkup Penelitian**

1. Wilayah studi yang digunakan dalam penelitian ini sepanjang Daerah Aliran Sungai Tenggang di Kota Semarang yaitu Kecamatan Gayamsari, Genuk dan Pedurungan
2. Analisis pengaruh perubahan lahan di DAS Tenggang terhadap tingkat kerawanan banjir kota Semarang berdasarkan besarnya nilai air larian
3. Analisis penelitian menggunakan parameter kelerengan, curah hujan, dan penggunaan lahan tahun 2006 dan tahun 2011

### **Tujuan Penelitian**

Adapun yang menjadi tujuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui Perubahan penggunaan lahan di Kota Semarang yang dialiri Sungai Tenggang tahun 2006 dan 2011 dengan metode Penginderaan Jauh
2. Menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan dan tingkat banjir berdasarkan data curah hujan dan air larian sehingga dapat diketahui apakah terjadi kenaikan tingkat kerawanan banjir DAS.

### **Tinjauan Pustaka**

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Secara umum, Daerah aliran sungai yang selanjutnya disebut DAS merupakan suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (PP No 37 tentang Pengelolaan DAS, Pasal 1) .

Air Larian (*run-off*)

Air larian (*surface runoff*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah atau disebut air infiltrasi. Sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh, air tersebut keluar ke permukaan tanah lagi dan lalu mengalir ke bagian yang lebih rendah. Kedua fenomena aliran permukaan yang terakhir disebut air larian.

### **Penginderaan Jauh**

**IKONOS**

Karakteristik Citra Ikonos. Ikonos mampu memiliki resolusi multispektral 3,2 meter dan inframerah dekat (0,82mm) pankromatik. Dengan resolusi spasial tinggi, ikonos mampu merekam data multispektral 4 kanal pada resolusi 4 m (citra berwarna) dan sebuah kanal pankromatik dengan resolusi 1 m (hitam-putih). Data ikonos terekam dalam 11 bit, kualitas jauh lebih detail dari pada citra yang perekamnya 8 bit.

Tabel 1 Karakteristik Sensor dan Sistem Operasional IKONOS

Sistem	IKONOS
Orbit	680 km, 98.20 sun-synchronous, 10:30 AM crossing, rotasi 14 hari (repeat cycle)
Sensor	Optical Sensor Assembly (OSA)
Swath Width	11 km ( 12 $\mu$ m CCD elements )
Off-track viewing	Tersedia $\pm 27^\circ$ across-track
Revisit-Time	1-3 hari
Band-band Spektral ( $\mu$ m)	0.45 – 0.52 (1), 0.52 – 0.60 (2), 0.63 – 0.69 (3), 0.76 – 0.90 (4), 0.45 - 0.90 (PAN)
Ukuran Piksel lapangan	1 m (PAN), 4 m (band 1-4)

### QUICKBIRD

Quickbird adalah citra resolusi tinggi komersial satelit observasi bumi; yang dimiliki oleh DigitalGlobe dan diluncurkan pada tahun 2001 sebagai satelit pertama dalam konstelasi tiga dijadwalkan berada di orbit pada tahun 2008. Quickbird uses *Ball Aerospace's Global Imaging System 2000* (BGIS 2000) yang mengumpulkan komersial resolusi tertinggi citra keempat bumi setelah woldview-1.2 dan Geoeye 1 dan menawarkan ukuran gambar terbesar dan penyimpanan on-board terbesar kapasitas satelit apapun.

Tabel 2 Karakteristik Sensor Citra Quickbird

Sistem	Quickbird
Orbit	600 km, 98.2 <sup>o</sup> sun-synchronous, 10:00 AM crossing
Sensor	Linear array CCD
Swath Width	20 km ( CCD- array
Off-track viewing	Tidak Tersedia
Revisit-Time	-
Band-band Spektral ( $\mu$ m)	0.45 – 0.52 (1), 0.52 – 0.60 (2), 0.63 – 0.69 (3), 0.76 – 0.90 (4), 1.55 – 1.75 (5), 10.4 – 12.50 (6), 2.08 – 2.34 (7), 0.50 – 0.90 (PAN)
Ukuran Piksel lapangan (Resolusi Spasial)	60 cm (PAN), 2.4 m (band 1-5, 7)

Digital Globe memberikan lima pilihan produk citra Quickbird, dengan mempergunakan kombinasi *spectral band* yang berbeda dan berdampak pada perbedaan resolusi piksel pada produknya, yaitu :

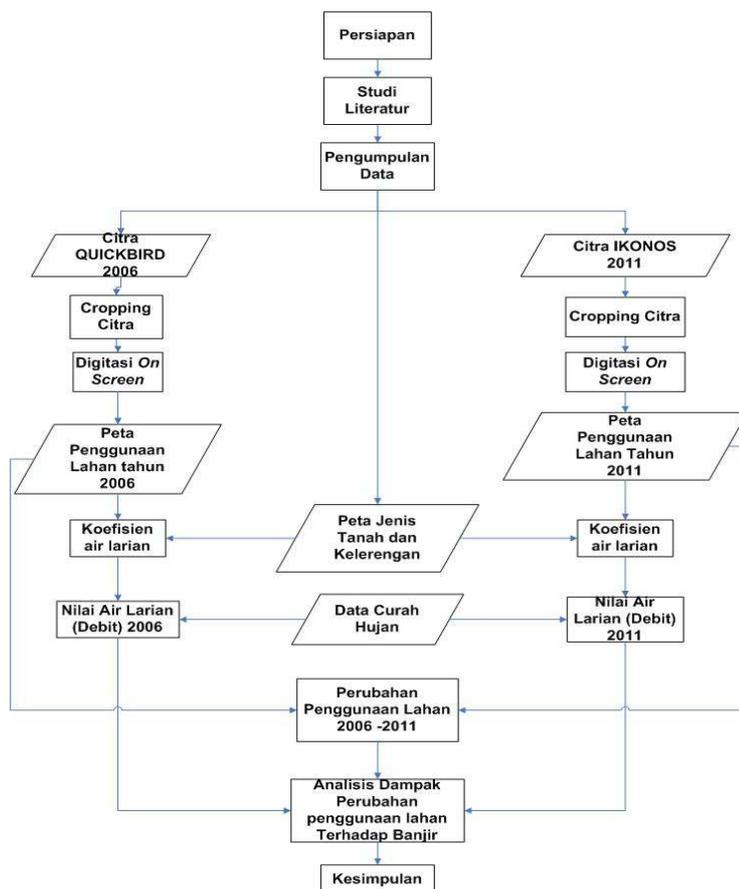
1. Pankromatik, terdiri dari citra dengan warna hitam dan putih dengan resolusi 0,6-0,7 m
2. Multispektral, terdiri dari citra berwarna dengan band 1,2,3 (*visible*) dan 4 (*infrared*) dan mempunyai resolusi 2,4 m

3. *Bundle*: terdiri dari citra pankromatik dan multispectral, pada area yang sama, dengan membeli citra dalam bentuk *bundle*, harus dilakukan *pan-sharpen* sendiri untuk mendapatkan citra dengan resolusi tinggi.
4. *Pan- Sharpened (4 band)*, terdiri dari 4 band sama dengan multispectral, namun sudah dilakukan *pan-sharpened* dengan pankromatiknya sehingga resolusinya pun sudah 0,6 m.
5. *Natural color/ infrared color*, merupakan produk dari Quickbird yang sudah dilakukan *pan-sharpened* dan dibuat kombinasi warna sedangkan resolusinya sudah 0,6 m

### **Metodologi Penelitian**

Metode penelitian yang akan dilakukan pada tugas akhir ini, sebagai berikut :

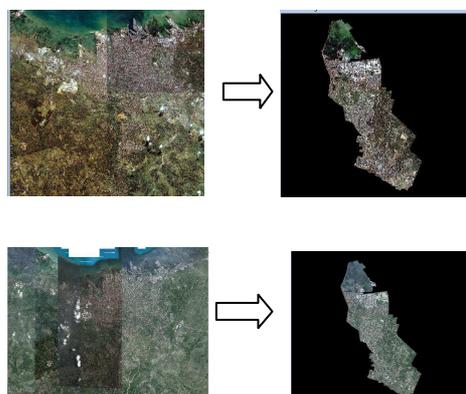
1. Pengumpulan data – data berupa :
  - a. Data Spasial
    - Peta Daerah administrasi Daerah Aliran Sungai Tenggang
    - Citra QUICKBIRD 2006 dan IKONOS 2011 Kota Semarang
    - Peta Rupa Bumi Indonesia
    - Peta Jenis Tanah dan Kelerengan
  - b. Data Non Spasial :
    - Data Curah Hujan 2006 – 2011
2. Pengolahan data Citra diawali dengan pemotongan citra Daerah Aliran Sungai Tenggang sesuai dengan administrasi DAS Tenggang
3. Melakukan digitasi sehingga didapat penggunaan lahan tahun 2006 dan 2011 di DAS Tenggang
4. Melakukan perhitungan luas tiap-tiap penggunaan lahan tahun 2006 dan 2011
5. Menentukan koefisien air larian tahun 2006 dan 2011 berdasarkan penggunaan lahan tahun 2006 dan 2011
6. Menghitung nilai air larian (debit) berdasarkan koefisien air larian dan curah hujan untuk penggunaan lahan 2006 dan 2011
7. Melakukan analisis dan menarik kesimpulan dari analisis yang dilakukan



Gb 1 Diagram Alir Penelitian

**Proses Pengolahan Citra**

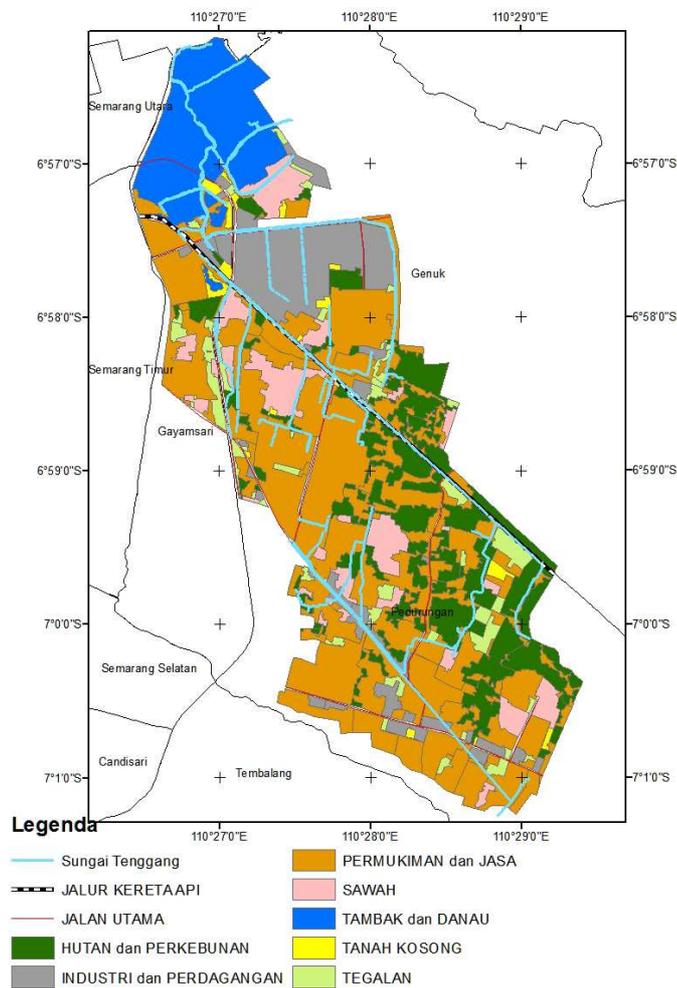
Citra yang digunakan yaitu Quickbird 2006 dan Ikonos 2011 masih se kota Semarang, sehingga harus dilakukan pemotongan wilayah penelitian. Syarat untuk pemotongan citra dengan peta administrasi DAS Tenggara adalah menggunakan proyeksi yang sama. Dalam penelitian ini, Citra dan peta administrasi sudah menggunakan datum yang sama yaitu WGS 1984. Proses pemotongan citra menggunakan ErMapper pada menu *Edit Algorithm*, lalu pada menu *Annotation layer* atur nilai RGB pada *Formula Editor Inside* sehingga akan dihasilkan :



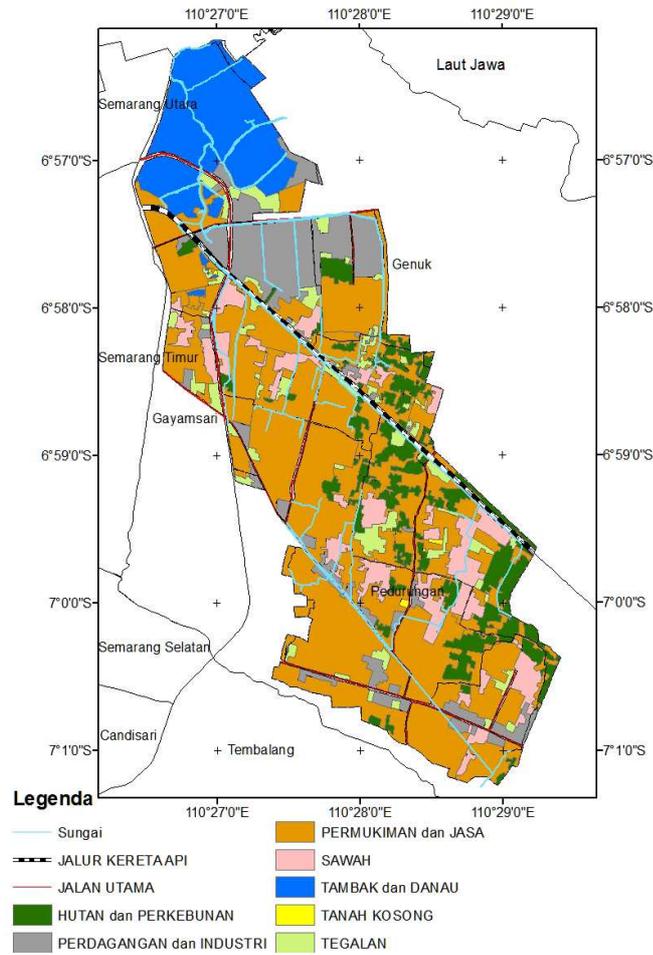
Gb 2 Hasil Pemotongan Citra Quickbird dan Ikonos

**Proses Digitasi**

Setelah citra yang digunakan dipotong sesuai dengan daerah penelitian, citra terpotong itulah yang akan dijadikan data utama dalam pembuatan tata guna lahan. Peta tata guna lahan didapat dengan proses digitasi *on-screen* pada program ArcGIS 10. Proses digitasi dibagi dalam 7 kelompok berdasarkan Perda Kota Semarang No 5 Th 2004 dan Berdasarkan pembagian nilai koefisien air larian, yaitu Hutan dan Perkebunan, Sawah, Tegalan, Tanah Kosong, Tambak dan danau, Pemukiman dan Jasa serta Industri dan Perdagangan. Proses digitasi dibuat layer *shapefile* dari pembagian klasifikasi guna lahan. Berikut hasil digitasi pada Tata Guna Lahan 2006 dan 2011



Gb 2 Peta Tata Guna Lahan 2006



Gb.3 Peta Tata Guna Lahan 2011

Berdasarkan hasil digitasi dan peta tata guna lahan 2006 dan 2011, maka dapat ditampilkan luas masing-masing penggunaan lahan pada tahun 2006 dan 2011 sehingga dapat dilihat perubahannya pada tabel.

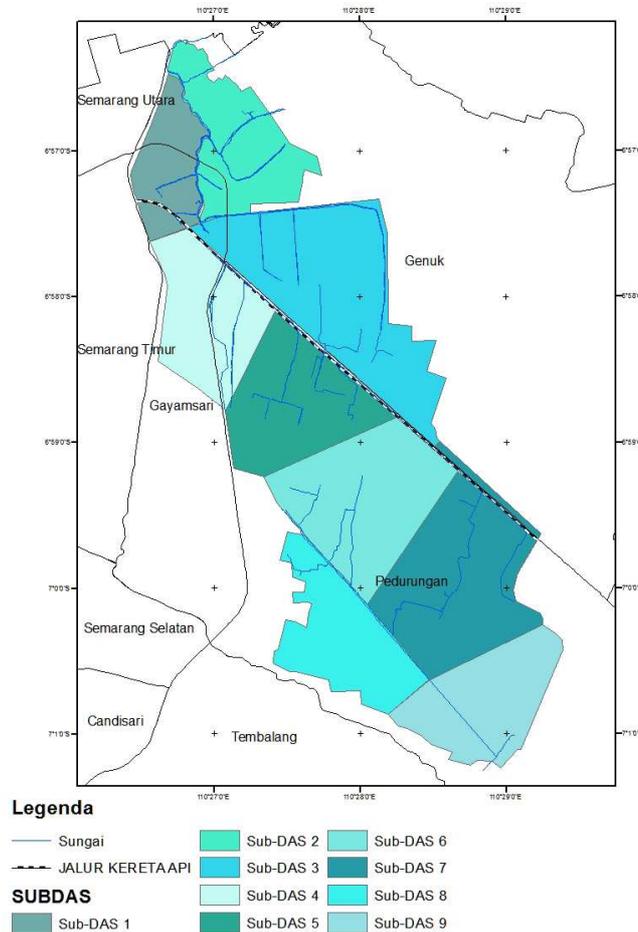
No	Tata Guna Lahan	Tahun			
		2006		2011	
		Ha	%	Ha	%
1	Hutan	481.01	20.36	238.97	10.11
2	Sawah	208.54	8.83	151.51	6.41
3	Tegalan	94.55	4.00	106.23	4.50
4	Lahan Kosong	32.64	1.38	7.13	0.30
5	Tambak dan Danau	181.50	7.68	203.24	8.60
6	Pemukiman dan jasa	1093.07	46.26	1349.16	57.10
7	Industri dan Perdagangan	271.33	11.48	306.41	12.97
	Total	2362.65	100	2362.65	100

Tabel 3 Hasil Perhitungan Luas Tata guna lahan

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa perkembangan kawasan pemukiman serta perdagangan meningkat dengan tajam, sebaliknya kawasan hutan, sawah dan lahan kosong berkurang.

**Pembagian Sub-DAS**

Terdapat 9 sub-DAS yang merupakan bagian dari DAS Tenggang. Masing-masing sub-DAS nantinya akan dihitung *run off* nya. Pembagian sub-DAS ini dilakukan karena DAS Tenggang termasuk dalam DAS dengan luas lebih dari 500 hektar, sehingga harus dipisahkan menjadi beberapa sub-DAS.



Gb 4. Pembagian sub-DAS



Berikut tabel nilai luas masing-masing sub-DAS

Tabel 4 Luas tiap sub-DAS

No Urutan Sub-DAS	Luas (Ha)
1	127,798
2	212,518
3	410,008
4	210,340
5	240,119
6	365,127
7	354,579
8	210,924
9	231,236
Total	2362,649

### Pembagian Wilayah Curah Hujan

Pembagian wilayah curah hujan dilakukan dengan menggunakan aplikasi poligon *Thiessen* pada *software* ArcGIS. Poligon *Thiessen* ini digunakan karena posisi stasiun curah hujan tidak merata. Stasiun curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Stasiun Meteorologi Maritim Semarang (6° 56' 57.2" S ; 110° 25' 5.9" E), stasiun curah hujan Pucanggading (7° 2' 27.6" S ; 110° 29' 2.4" E) dan stasiun curah hujan karang roto ( 6° 57' 18" S ; 110° 29' 20.4" E).

Memasukkan Koordinat stasiun pada arcgis untuk membuat poligon *Thiessen*. Lalu untuk membuat data curah hujan maksimum rata-rata, didapatkan data curah hujan masing-masing stasiun.

Tabel 5 Data Curah Hujan Maksimum

Tahun	Stasiun		
	Maritim Semarang	Karang Roto	Pucang gading
2006	89.0	100	150
2007	78.4	100	120
2008	96.1	173	100
2009	104.5	130	150
2010	168.6	125	87
2011	156.5	173	150

Setelah mendapat pembagian wilayah berdasarkan 3 stasiun curah hujan di DAS Tenggang sesuai dengan koordinat masing-masing stasiun melalui poligon *Thiessen*, maka dapat ditentukan curah hujan maksimum di DAS Tenggang pada tahun 2006 dan 2011 dengan rumus (Sosrodarsono) :

$$R = \frac{R1.A1 + R2.A2 + \dots + Rn.An}{A} \quad \dots(1)$$

Dimana :

R = Curah Maksimum Rata-rata

R1, R2,Rn = Curah Hujan pada stasiun 1,2, n

$A_n$  = luas daerah pada poligon 1,2, n ( $\text{km}^2$ )

Tabel 6 Data Curah Hujan Maksimum rata-rata hasil perhitungan

Curah Hujan Maksimum Rata-rata	
2006	2011
110,65	163,41

Data inilah yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan nilai air larian.

**Koefisien Air Larian**

Koefisien air larian atau seringkali disingkat C adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan. Angka C berkisar antara 0 hingga 1. Angka 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terdistribusi menjadi air intersepsi dan terutama infiltrasi.

Koefisien Air Larian dihitung per sub-DAS berdasarkan tata guna lahan. Nilai koefisien air larian ( C ) didapat dari tabel 1. Dikarenakan pada masing-masing sub-DAS memiliki lebih dari 1 jenis tata guna lahan, maka untuk menentukan nilai koefisien air larian digunakan rumus

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots (2)$$

dimana

- $A_i$  = luas lahan dengan jenis penutup lahan tanah i
- $C_i$  = koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i,
- n = jumlah jenis penutup lahan

Berdasarkan tata guna lahan pada masing-masing sub-DAS Tenggara dan rumus diatas, didapat nilai koefisien air larian sebagai berikut :

Tabel 7 Koefisien Air Larian Sub-DAS

Z	Koefisien C Tahun	
	2006	2011
1	0,188	0,216
2	0,287	0,297
3	0,596	0,620
4	0,482	0,537
5	0,540	0,601
6	0,458	0,538
7	0,329	0,469
8	0,615	0,644
9	0,468	0,567

Berdasarkan nilai koefisien air larian pada tabel 7, maka dapat ditarik kesimpulan, bahwa perubahan lahan tahun 2006 dan 2011 dapat meningkatkan koefisien air larian yang juga nantinya akan meningkatkan nilai Air larian.

**Perhitungan Air Larian**

Untuk memperkirakan besarnya air larian puncak (Qp), metoda rasional adalah salah satu teknik yang dianggap memadai. Metoda ini untuk ukuran DAS yang lebih besar perlu dibagi menjadi beberapa sub-DAS dan kemudian metoda rasional tersebut diaplikasikan pada masing-masing sub-DAS.

Persamaan matematik metoda rasional untuk memprakirakan besarnya air larian adalah

$$Q = 0,0028 C i A \dots\dots (3)$$

Dimana :

Q = Air larian ( debit puncak ) (m<sup>3</sup>)

C = Koefisien air larian

i = intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas DAS (ha)

Berdasarkan rumus pada persamaan 3, maka dapat ditentukan nilai air larian pada DAS Tenggara untuk tahun 2006 dan 2011. Perhitungan menggunakan rumus persamaan 3. Untuk nilai C didapat dari tabel 6, untuk intensitas hujan didapat dari tabel 6 dan luas DAS sendiri dimasukkan pada luas masing-masing sub-DAS pada tabel 4.

Setelah dilakukan perhitungan maka dihasilkan nilai air larian 2006 dan 2011 :

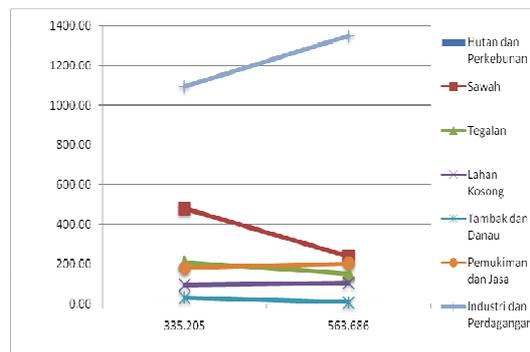
Tabel 8 Nilai Air Larian

Sub-DAS	Air Larian (m <sup>3</sup> /dt)	
	2006	2011
1	7.44	12.61
2	18.88	28.86
3	75.68	116.39
4	31.40	51.67
5	40.14	66.03
6	51.84	89.88
7	36.11	76.14
8	40.18	62.12
9	33.53	59.98
Total	<b>335.21</b>	<b>563.69</b>

Berdasarkan perhitungan dengan metode rasional pada rumus (3) maka dapat dihasilkan nilai air larian juga meningkat pada tahun 2006 dan 2011. Hal ini disebabkan karena nilai koefisien air larian yang juga meningkat dari 2006 dan 2011.

**Analisis Pengaruh Perubahan Lahan**

Berdasarkan data hasil perhitungan dan analisis dari taat guna lahan, maka dapat dilihat kesimpulan melalui grafik dibawah ini.



Gb 5. Grafik Kenaikan Debit dan perubahan lahan

Dari Grafik pada gambar 5 dapat dilakukan analisis bahwa Luas Pemukiman pada tahun 2006 dan 2011 di DAS Tenggang meningkat dari 1093,07 hektar menjadi 1349,16 hektar dan menyebabkan nilai air larian juga meningkat dari 335,21 m<sup>3</sup>/dt menjadi 563,69 m<sup>3</sup>/dt. Itulah sebabnya perubahan penggunaan lahan dapat berpengaruh terhadap kerawanan banjir di daerah aliran sungai. Semakin banyak lahan terbangun, maka lahan untuk infiltrasi semakin berkurang sehingga air larian dapat meningkat dan bisa menyebabkan banjir.

### Kesimpulan

1. Perubahan Luas pada Tata Guna Lahan pada DAS Tenggang dari tahun 2006 hingga 2010 paling besar terjadi pada kawasan pemukiman dan jasa. Kawasan ini meningkat sekitar 256,092 hektar atau sebesar 2,168% per tahunnya. Sementara untuk pengurangan luas tata guna lahan paling tampak pada kawasan hutan dan perkebunan. Kawasan hutan dan perkebunan di daerah ini berkurang 10,245%. Perubahan tata guna lahan ini disebabkan juga karena peningkatan jumlah penduduk yang rata-rata tiap kelurahan meningkat 5% tiap tahunnya sehingga memaksa terjadinya pengurangan lahan hutan, sawah menjadi pemukiman, industri dan perdagangan.
2. Meningkatnya perubahan lahan, menyebabkan pengurangan daerah resapan air, sehingga infiltrasi pada saat hujan berlangsung berkurang. Infiltrasi mengakibatkan meningkatnya total nilai air larian di kawasan DAS Tenggang. Pada tahun 2006 nilai air larian adalah 335,21 m<sup>3</sup>/dt dan meningkat 54,64% selama 5 tahun menjadi 563,69 m<sup>3</sup>/dt. Inilah yang menyebabkan semakin banyaknya dan luasnya banjir yang terjadi di kawasan yang dilalui sungai tenggang.
3. Berdasarkan perubahan penggunaan lahan dan perhitungan nilai air larian total menggunakan rumus rasional, maka dapat disimpulkan bahwa perubahan penggunaan lahan mempengaruhi tingkat kerawanan banjir. Semakin berkurangnya lahan resapan air atau kawasan tata guna lahan yang memiliki nilai koefisien kecil seperti hutan, sawah dan lahan kosong, yang berganti menjadi pemukiman dan/atau industri yang memiliki nilai koefisien besar sehingga menjadi meningkat nilai air larian total yang dapat menyebabkan banjir.

### Saran

1. Pengelolaan DAS perlu campur tangan tidak hanya dari pemerintah saja, namun juga masyarakat sekitar, untuk tidak sembarangan membangun bangunan dan mengurangi lahan – lahan penyerapan air.
2. Perlu dilakukan reboisasi, agar daerah serapan lebih banyak sehingga dapat mengurangi banjir

**Daftar Pustaka**

- Achmad Siddik, 2008, *Karakteristik Citra Satelit*, Makalah, FP USU
- Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University
- Dani A. 2011 *Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Di DAS Bringin Terhadap Tingkat Kerawanan Banjir Di Kota Semarang*. Tugas Akhir. FT Undip
- Dewajati R, 2003, *Pengaruh perubahan penggunaan lahan DAS Kaligarang Terhadap Banjir Di Kota Semarang*. Tesis. MTPK Undip
- Edi Tri. 2010. *Perubahan Bentuk Penggunaan Lahan Dan Implikasinya Terhadap Koefisien Air Larian DAS Citarum-Hulu*. Makalah. UNPAD
- Ginangjar, Widi. 2010. *Klasifikasi Perubahan Peruntukkan Lahan Dalam Rencana Detail Tata Ruang Kota Surabaya Unit Pengembangan VIII Satelit Menggunakan Citra Satelit Quickbird*. Tugas Akhir. FT ITS
- Halimatusadiah S. 2011. *Efektivitas Kelembagaan Partisipatoris Di Hulu Daerah Aliran Sungai Citarum (Studi Kasus Komunitas Cikapundung Rehabilitation Program dan Komunitas Zero, Bandung)*. Tugas Akhir. FEM IPB
- Hikmat Ramdan, Dr. 2004. *Prinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Artikel. Fakultas Kehutanan UWM .
- Merry Yelza. 2010. *Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Debit Limpasan Drainase di Kota Bukittinggi*. Makalah. MPSDA ITB.
- Rahardian Isa Dono. 2009. *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Banjir Di Kawasan Pantai Semarang*. Tugas Akhir. FT Undip
- Sosrodarsono, S. 1993. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta