

# PEMETAAN KAWASAN RENTAN BANJIR DALAM KOTA PEKANBARU MENGGUNAKAN PERANGKAT SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Nuridin<sup>1</sup> dan Imam Suprayogi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> dan <sup>2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
[nuridin.gis@gmail.com](mailto:nuridin.gis@gmail.com)

## ABSTRAK

Pada umumnya ada 2 (dua) penyebab utama terjadinya banjir di Kota Pekanbaru, pertama dikarenakan curah hujan yang tinggi di daerah hulu DAS Siak dan Kota Pekanbaru, sehingga daerah yang merupakan hamparan datar dan berelevasi rendah tidak dapat membawa air dengan cepat ke saluran pembuang yang sering menimbulkan banjir dadakan di jalan-jalan tertentu dan juga pada kawasan permukiman padat. Pemetaan daerah-daerah yang memiliki tingkat kerentanan banjir dapat dilakukan menggunakan perangkat GIS secara cepat mudah dan akurat terhadap parameter-parameter penyebab banjir yang dapat mempermudah penyajian informasi spasial khususnya yang terkait dengan penentuan tingkat kerentanan banjir dalam suatu wilayah. Metode yang dilakukan dalam pemetaan kawasan rentan banjir di Kota Pekanbaru menggunakan perangkat GIS dalam pengolahan dan pembuatan peta curah hujan, peta penggunaan lahan, peta ketinggian (kontur), peta kelerengan, dan peta satuan lahan. Analisa keruangan yang berhubungan dengan data vektor maupun raster melalui proses klasifikasi/reklasifikasi serta overlay antar peta dalam bentuk luasan (poligon) maupun irisan, sedangkan analisa atribut merupakan proses pemberian nilai harkat, bobot dan skor pada tiap kelas masing-masing parameter yang besarnya disesuaikan dengan pengaruh terjadinya banjir. Hasil yang didapat dari analisa secara keruangan dan atribut berupa Peta Kawasan Rentan Banjir dalam Kota Pekanbaru, terdiri dari tingkat kerentanan sangat rentan banjir seluas 123,336 km<sup>2</sup> (19,32), rawan dengan luas 429,655 km<sup>2</sup>, Kurang Rawan 85,074 km<sup>2</sup>, dan Tidak rawan hanya dengan luas 0,182 km<sup>2</sup> tidak terlihat didalam peta karena persentasenya yang sangat kecil.

**Kata kunci:** Kota Pekanbaru, parameter terkait banjir, peta kawasan rentan banjir, overlay, Sistem informasi geografis.

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Ketinggian Kota Pekanbaru yang berkisar antara 5 – 50 meter (MSL) sebagian besar berada pada hamparan yang relatif datar, cukup sulit untuk mengalirkan air permukaan, sehingga jika terjadi curah hujan yang cukup tinggi berpotensi untuk menimbulkan banjir seperti yang terjadi pada tahun nya terutama daerah yang berada pada hamparan yang relatif datar dikarenakan kecepatan pengaliran yang lamban. Ada 2 (dua) penyebab utama terjadi banjir dalam Kota Pekanbaru yakni, dikarenakan curah hujan yang tinggi di Kota Pekanbaru pada musim penghujan dan curah hujan yang cukup tinggi di hulu DAS Siak, sehingga wilayah Pekanbaru yang relatif datar kurang mampu membawa air dengan cepat ke saluran pembuang.

Untuk melakukan pemetaan wilayah yang rentan terkena banjir di Kota Pekanbaru dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan data penginderaan jauh yang berbasis *Geographic Information System (GIS)*. GIS dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem untuk pemetaan potensi bencana seperti misalnya banjir, sehingga dapat mengetahui dimana daerah-daerah yang rawan bencana banjir di daerah tersebut, dan GIS juga mampu mengintegrasikan berbagai macam sistem, data dan informasi. Identifikasi kerentanan banjir menggunakan GIS dapat dilakukan dengan metode tumpang susun/overlay terhadap parameter-parameter banjir, diantaranya Jenis adalah tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan dan curah hujan yang dapat mempermudah penyajian informasi spasial khususnya yang terkait dengan penentuan tingkat kerentanan

banjir dalam suatu wilayah. Yang menjadi permasalahannya adalah, bagaimana cara memetakan wilayah yang rentan terkena banjir di Kota Pekanbaru yang tercakup dalam DAS Siak yang selalu menjadi langganan banjir terutama pada musim hujan dengan bantuan perangkat pengolah data GIS.

Peta adalah representasi permukaan fisik bumi yang ditampilkan secara grafik pada bidang planar yang menampilkan isyarat, symbol dan hubungan spasial diantara fitur geografik. Perkembangan teknologi informasi, dan teknologi pemetaan berkembang ke arah Sistem GIS berupa integrasi antara data geografik, data atribut dan data-data bereferensi geografik lainnya didalam sebuah sistem terkomputerisasi sebagai alat bantu untuk mengambil keputusan (Anonim, 2014). Agustinus (2009) dalam Sinaga (1995) juga mengatakan, peta yang menggambarkan fenomena geografikal tidak hanya sekedar pengecilan suatu fenomena saja, tetapi jika didesain dengan baik, akan menjadi alat bantu untuk kepentingan melaporkan, memperagakan, menganalisis dan memahami suatu objek di mukabumi. Abidin, (2002) mengatakan, untuk pengukuran dan pemetaan dipermukaan bumi dapat dilakukan dengan pengukuran Global Positioning System (GPS), Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) dan pemanfaatan teknologi *Geographic Information System (GIS)*. Selanjutnya Sukoco (2005) mengungkapkan, perkembangan software GIS saat ini, telah mampu menggabungkan data image/raster dan vektor ditambah database untuk eksplorasi informasi berbasis koordinat bumi, demikian juga data yang bersifat image (*raster*) dapat diperoleh dari berbagai sumber dengan cara yang mudah.

Banjir adalah peristiwa yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan. Pengarahan banjir Uni Eropa mengartikan banjir sebagai perendaman sementara oleh air pada daratan yang biasanya tidak terendam air yang diakibatkan oleh volume air disuatu badan air seperti sungai atau danau yang meluap atau menjebol bendungan sehingga air keluar dari batasan alaminya (Anonim, 2014). Menurut Nurhayati dkk (2009) banjir terdiri dari banjir kiriman, banjir genangan, banjir air pasang (banjir rob). Banjir kiriman adalah banjir yang disebabkan oleh melimpasnya air hujan dari suatu daerah yang lebih tinggi menuju daerah yang lebih rendah atau daerah genangan, adanya banjir kiriman ini mengakibatkan akan terjadi penambahan jumlah air yang harus ditampung oleh daerah rendah tersebut. Menurut Dibyosaputro (1984) dalam Somantri (2008), kerentanan banjir (*flood susceptibility*) tingkat kemudahan suatu daerah atau wilayah terkena banjir. Tentu saja daerah yang sangat mudah terkena banjir adalah daerah yang berlerief relatif datar misalnya, daratan aluvial, teras sungai dan lain-lain. Sedangkan Agustinus (2009) mengatakan, dalam penentuan tingkat kerentanan banjir berdasarkan hasil pengumpulan dan analisa data adalah dengan pengskoran dan *overlay* dari tiga parameter yaitu: peta penggunaan lahan, peta kerapatan saluran drainase, peta kemiringan lereng. Sebelum dilakukan *overlay*, terlebih dahulu ditentukan faktor penimbang setiap parameter. Penentuan faktor penimbang didasarkan pada besarnya pengaruh suatu parameter terhadap kerawanan banjir.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan identifikasi perubahan fungsi penggunaan lahan Kota Pekanbaru dalam waktu yang berbeda dan daerah yang rentan terkena banjir dalam bentuk Peta Kerentanan banjir di Kota Pekanbaru.

## 2. METODOLOGI

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang diambil dari Peta Administrasi Kota Pekanbaru berada pada koordinat geografis  $0^{\circ}25'17,139''$  -  $0^{\circ}41'18,556''$  LS dan  $101^{\circ}19'24,199''$  -  $101^{\circ}36'12,511''$ , terdiri dari Sub DAS Siak seluas  $588,234 \text{ km}^2$  ( $58.823,419 \text{ ha}$ ) dan DAS Kampar seluas  $48,548 \text{ km}^2$  ( $4.854,842 \text{ ha}$ ). Secara keseluruhan luas wilayah penelitian adalah  $636,783 \text{ km}^2$  atau  $63.678,261 \text{ ha}$ .

### Perangkat Pengolah Data

Perangkat pengolah data pada penelitian ini menggunakan:

Perangkat keras : (1) Asus Inter (R) Cor (TM) i3, RAM 4 GB; (2) Printer; (3) Scanner dan (4) GPS

Perangkat lunak : (1) Windows 7 Ultimate; (2) Global Mapper; (3) ErMapper dan (4) ArcGis

### Pengumpulan Data

Data Primer berupa : (1) Data Citra Landsat 7ET+ dengan resolusi 30 m.  
(2) Digital Elevation Model - Shuttle Radar Topographic Mission (DEM-SRTM) dengan resolusi 90 m.

Data sekunder berupa : (1) Peta Rupa Bumi

- (2) Peta Tanah
- (3) Peta Geologi
- (4) Data curah hujan

### **Pengolahan Data**

Dalam pengolahan data ini menggunakan perangkat SIG dan menghasilkan peta dalam bentuk vektor dengan langkah-langkah berikut ini:

- a. Peta curah hujan Kota Pekanbaru dibuat berdasarkan luas peta administrasi, namun karena stasiun hujan untuk wilayah Kota Pekanbaru hanya ada satu, maka peta curah hujan nilainya sama untuk seluruh wilayah Kota Pekanbaru.
- b. Pada penelitian ini digunakan citra Landsat ETM+8 tahun 2014 yang diolah untuk mendapatkan perubahan penggunaan lahan dalam dua periode yang berbeda (periode awal dari peta penggunaan lahan oleh Yusri, 2004), citra tahun terbaru juga digunakan sebagai Peta penggunaan lahan dalam menganalisa dan menyusun Peta kerentanan kawasan banjir di Kota Pekanbaru.
- c. Kemiringan lereng adalah suatu permukaan yang mengacu pada perubahan harga-harga z yang melewati suatu daerah permukaan. Dua metode yang paling umum untuk menyatakan kemiringan lereng adalah dengan pengukuran sudut dalam derajat atau dengan persentase, misalnya kenaikan 2 meter pada jarak 100 meter dapat dinyatakan sebagai kemiringan 1,5derajat atau 2 persen. Peta Kelerengan yang dibuat berdasarkan Peta kelerengan dari draft RTRW Kota Pekanbaru 2012-2032 dengan kelas kemiringan datar, landai, agak landai, agak curam, dan sangat curam, dengan persentase kemiringan < 8%, 8 – 15%, 15 – 25%, dan 25 – 40%.

Pembuatan peta tekstur tanah dilakukan dengan mendigit ulang peta geologi yang ada pada draft RTRW Kota Pekanbaru 2012 – 2032, dari peta analog menjadi peta vektor menggunakan perangkat SIG yang tersimpan dalam format vektor dan data basenya. Dalam peta tersebut tanah dan batuan berupa, aluvium muda, aluvium tua, formasi minas, dan formasi petani.

### **Analisa Data**

Ada 4 (empat) parameter yang diambil sebagai faktor didalam menganalisa kerawanan banjir yaitu; penggunaan lahan, kemiringan lereng, tekstur tanah & batuan, dan curah hujan. Dalam analisa data ini ada dua bagian, yaitu analisis keruangan dan analisis atribut yang mempunyai fungsi masing-masing dalam pembuatan Peta kerawanan banjir.

Analisa keruangan yang berhubungan dengan data vektor maupun raster untuk menghasilkan data yang diinginkan bisa berupa; klasifikasi/Reklasifikasi untuk mengklasifikasikan atau reklasifikasi data spasial atau data atribut menjadi data spasial baru dengan memakai kriteria tertentu, dan *Overlay* yang merupakan hasil interaksi atau gabungan dari beberapa peta yang akan menghasilkan suatu informasi baru dalam bentuk luasan (poligon) yang terbentuk dari irisan beberapa poligon.

Analisa atribut adalah suatu proses yang paling penting untuk mendapatkan tingkat kerawanan banjir dengan urutan;

- a. Pemberian nilai harkat pada tiap kelas masing-masing parameter yang besarnya disesuaikan dengan pengaruh terjadinya banjir,
- b. Pemberian bobot yang besarnya sesuai dengan pengaruh terjadinya banjir untuk setiap parameter,
- c. Pemberian nilai kerawanan (skor) yang merupakan korelasi perkalian antara nilai harkat tiap-tiap kelas dengan nilai bobot dalam suatu parameter penyebab banjir.

Uraian pemberian nilai harkat, untuk masing-masing parameter dalam pembuatan peta kawasan rentan banjir di Kota Pekanbaru dapat dilihat dalam uraian dibawah ini:

- a. Pengharkatan untuk data hujan mengacu pada Primayuda (2006) dalam Purnama (2008) dengan sedikit modifikasi untuk kelas sangat basah (> 3000mm/th) nilai harkat 9, Basah (2500 – 3000 mm/th) nilai harkat 7, sedang/lembab (2000 -2500 mm/th) nilai harkat 5, kering (1500 -2000 mm/th) nilai harkat 3, dan sangat kering (<1500 mm/th) nilai harkatnya 1.
- b. Kelerengan pengharkatannya mengacu pada Utomo (2004) dalam Suhardiman (2012) dengan modifikasi untuk kelas datar (< 8%) nilai harkatnya 9, Landai (8 – 15%) nilai harkatnya 7, agak landai (15 – 25%) nilai harkat 5, agak curam (25 -40%) nilai harkat 3, dan sangat curam (>4%) dengan nilai harkat 1.
- c. Pengharkatan tekstur tanah mengacu pada Primayuda (2006) dalam Suhardiman (2012) dengan modifikasi untuk kelas sangat halus (aluvium muda) nilai harkatnya 9, halus (aluvium tua) nilai harkat 7,

sedang (formasi minas) nilai harkat 5, kasar (formasi petani) nilai harkat 3, sangat kasar (tidak ada data) nilai harkat 1.

- d. Pemberian harkat pada penggunaan lahan merujuk pada Hendriana (2013) dengan modifikasi untuk lahan tambak, waduk, rawa dan tambak nilai harkatnya 9, permukiman nilai harkat 7, Pertanian dan sawah nilai harkat 5, perkebunan nilai harkat 3, dan hutan nilai harkatnya 1.

Pembobotan adalah pemberian bobot pada peta digital terhadap masing-masing parameter yang berpengaruh terhadap banjir. Makin besar pengaruh parameter terhadap kejadian banjir maka bobot yang diberikan akan semakin tinggi pula. Dalam pembobotan ini bobot kelerengan diberi nilai 0,3, tekstur tanah 0,2, penggunaan lahan 0,2, dan curah hujan 0,3, jika nilai bobot ini dijumlahkan nilainya adalah 1 (100%).

Menurut Kingma (1991) dalam Suhardiman (2012), nilai kerawanan ditentukan, dengan menggunakan persamaan:

$$K = \sum_{i=1} (W_i \times X_i) \quad (1)$$

Dimana ,  $K$  = Nilai kerawanan (Skor kerawanan)  
 $W_i$  = Harkat untuk parameter ke  $i$   
 $X_i$  = Bobot untuk parameter ke  $i$

Untuk menentukan lebar interval masing-masing kelas mengacu Pada Kingma (1991) dalam Purnama (2008) dengan persamaan:

$$K_i = \frac{X_t - X_r}{k} \quad (2)$$

Dimana,  $K_i$  = Lebar interval  
 $X_t$  = Data tertinggi  
 $X_r$  = Data terendah

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Perubahan Penggunaan Lahan

Berdasarkan penggunaan lahan yang ada pada Peta Penggunaan Lahan 2004 dan 2014 didapatkan perubahan penggunaan lahan dalam kurun waktu yang selama 10 tahun. Arah penggunaan lahan yang terjadi di Kota Pekanbaru dalam kurun waktu antara tahun 2004 sampai dengan tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini. Perubahan fungsi penggunaan lahan yang terjadi di Kota Pekanbaru selama 10 tahun secara keseluruhan dengan kawasan yang mengalami penambahan adalah seluas 154,946 km<sup>2</sup>, sedangkan fungsi penggunaan yang mengalami pengurangan adalah 148,959 km<sup>2</sup>. Semestinya jumlah penambahan sama dengan pengurangan, namun karena adanya perbedaan luas antara Peta Penggunaan Lahan tahun 2004 dan 2014 sebesar 5,987 km<sup>2</sup> jumlah antara penggunaan lahan yang mengalami penambahan tidak sama dengan yang mengalami pengurangan, sehingga persentase penambahan ataupun pengurangan tidak dapat dihitung.

Tabel 1. Perubahan Fungsi Penggunaan Lahan Kota Pekanbaru Tahun 2004 - 2014

No	Penggunaan lahan	Luas (km <sup>2</sup> )		Selisih (km <sup>2</sup> )	
		Tahun 2004	Tahun 2014	(+)	(-)
1	Badan Air/Sungai	7,43	15,693	8,263	
2	Hutan Sekunder	82,59	15,218		67,372
3	Pemukiman	75,71	149,736	74,026	
4	Perkebunan	311,5	243,269		68,231
5	Pertanian (Tumbuhan)	108,11	127,073	18,963	
6	Semak Belukar(Kawasan Paya/Rumput)	3,71	57,404	53,694	
7	Tanah Terbuka(Lain-lain)	43,21	29,854		13,356
Jumlah		632,26	638,247	154,946	148,959

Untuk melihat lebih jauh jenis penggunaan lahan yang mengalami penambahan maupun pengurangan disajikan dalam uraian berikut ini:

- a. Jenis penggunaan lahan yang mengalami penambahan adalah kawasan permukiman seluas 74,026 km<sup>2</sup>, semak belukar (Paya/Rumput) seluas 53,694 km<sup>2</sup>, pertanian (tumbuhan campuran) seluas 18,963 km<sup>2</sup>, sungai/badan air seluas 8,263 km<sup>2</sup>.

- b. Jenis penggunaan lahan yang berkurang adalah kawasan perkebunan seluas 68,231 km<sup>2</sup>, hutan seluas 67,372 km<sup>2</sup>, dan tanah terbuka (lain-lain) seluas 13,356 km<sup>2</sup>.

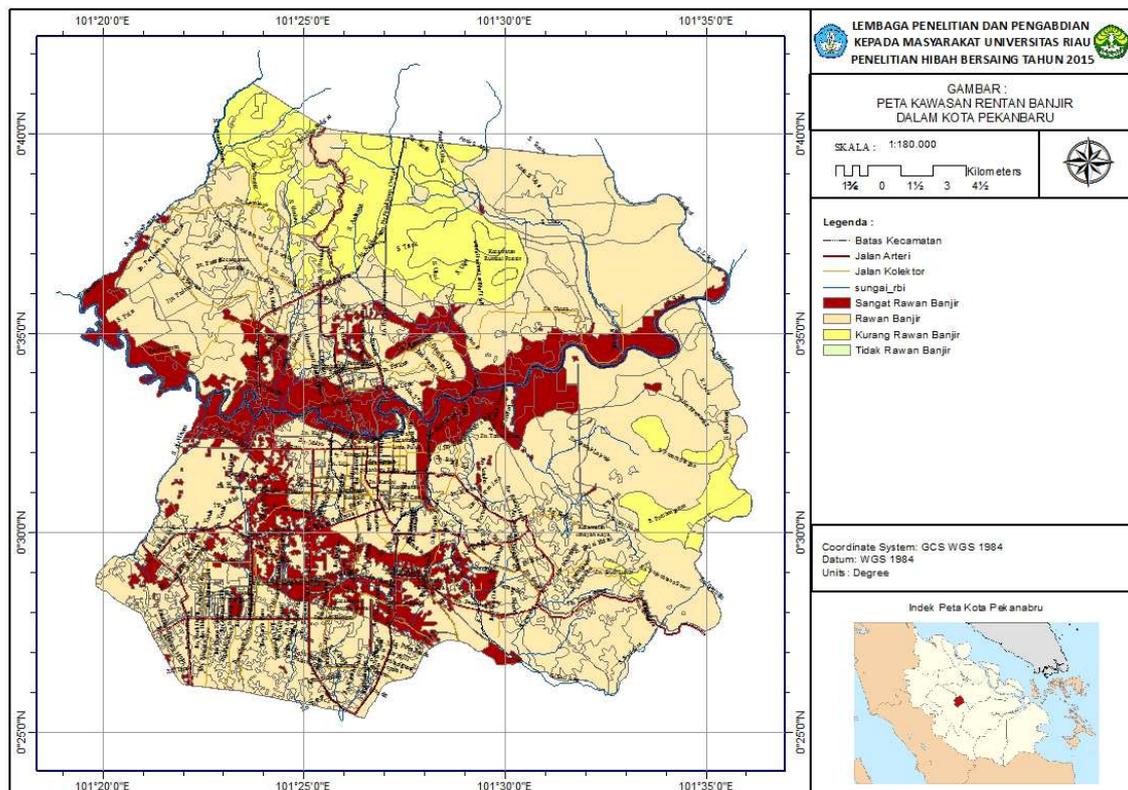
### Kerawanan Banjir

Pemberian nilai harkat menggunakan nilai terendah 1 dan tertinggi adalah 9 untuk parameter yang mempengaruhi tingkat kerawanan banjir:

- Curah hujan Kota Pekanbaru 2.009,26 mm/th termasuk dalam katagori sedang/lembab (2000 – 2500) mengacu pada Primayuda (2006) dalam Purnama (2008) dengan modifikasi mempunyai nilai harkat 5.
- Nilai harkat berdasarkan Utomo (2004) dalam Suhardiman (2012) untuk kelas kelerengan Datar adalah 9, Landai 7, Sangat Landai 5, Agak Curam 3.
- Nilai harkat dari Jenis Tanah/batuan mengacu pada Primayuda (2006) dalam Suhardiman (2012) dengan modifikasi untuk Aluvium Muda nilainya 9, Aluvium Tua 7, Formasi Minas 5, dan Foramasi Petani nilainya 3.
- Nilai harkat untuk penggunaan lahan mengacu pada Hendriana (2013) dengan modifikasi, Lahan terbuka dan Sungai/badan air nilainya 9, Pemukiman 7, Pertanian/Tumbuhan (Kebun campuran) 5, Perkebunan 3, dan Hutan nilainya 1.

Pemberian bobot pada peta digital terhadap masing-masing parameter yang berpengaruh terhadap banjir adalah dengan memberikan persentase untuk Kelerengan dengan bobot 0,3, Tekstur Tanah 0,2, Penggunaan lahan 0,2 dan Curah Hujan adalah 0,3.

Nilai tingkat kerawanan banjir dapat ditentukan dengan pemberian skor berupa hasil kali antara nilai harkat dengan nilai bobot yang mengacu pada Menurut Kingma (1991) dalam Suhardiman (2012) pada persamaan (2). Jumlah tingkat kerawanan Banjir adalah total dari nilai skor yang berpengaruh terhadap terjadinya banjir. Interval untuk tingkat kerawanan diambil mengacu pada Kingma (1991) dalam Purnama (2008) dalam persamaan (3). Hasil *overlay* antar peta yang telah diberikan nilai skor berdasarkan hasil harkat dan bobot menghasilkan Peta wilayah rentan banjir dalam Kota Pekanbaru. Arah penyebaran sesuai tingkat kerawanannya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Kawasan Rentan Banjir Kota Pekanbaru

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan dan analisa data dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Jenis penggunaan lahan yang mengalami penambahan adalah kawasan permukiman seluas 74,026 km<sup>2</sup>, semak belukar (Paya/Rumput) seluas 53,694 km<sup>2</sup>, pertanian (tumbuhan campuran) seluas 18,963 km<sup>2</sup>, sungai/badan air seluas 8,263 km<sup>2</sup>.
- b. Jenis penggunaan lahan yang mengalami pengurangan adalah kawasan perkebunan seluas 68,231 km<sup>2</sup>, hutan seluas 67,372 km<sup>2</sup>, dan tanah terbuka (lain-lain) seluas 13,356 km<sup>2</sup>.
- c. Wilayah kerawanan banjir yang didapat dari hasil *overlay* antar peta yang telah mempunyai skor kerawanan banjir terdapat 4 (empat) kelas diurut dari tingkat kerawanan sangat rawan seluas 123,336 km<sup>2</sup> (19,32), rawan dengan luas 429,655 km<sup>2</sup>, Kurang Rawan 85,074 km<sup>2</sup>, dan Tidak rawan hanya dengan luas 0,182 km<sup>2</sup> tidak terlihat didalam peta karena persentasenya yang sangat kecil.
- d. Wilayah sangat rentan banjir yang disepanjang Bantaran Sungai Siak terdapat dalam Kecamatan Rumbai, Rumbai Pesisir, Payung Sekaki, Senapelan, Limapuluh Kota dan Tenayan Raya, sedangkan dibagian Selatan dalam Kecamatan Tampan, Marpoyan Damai dan Bukit Raya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada keluarga maupun teman-teman yang selalu memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung. Terima kasih juga kepada para pembimbing yang membantu dalam menyempurnakan makalah ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, M., dkk. (2010). *Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) Kerawanan Bahaya Banjir DAS Bengawan Solo Hulu Berbasis WEB*, Seminar Nasional-PJ dan SIG I Tahun 2010.
- Budiprasetyo, A. (2009). *Pemetaan Lokasi Rawan dan Resiko Bencana Banjir di Kota Surakarta Tahun 2007*, Skripsi: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Zubaidah, A. (2005). *Analisa Daerah Potensi Banjir di Pulau Sumatera, Jawa dan Kalimantan menggunakan Citra AVHRR/NOAA-16, Pertemuan Ilmiah MAPIN X IV "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa"*, Kampus ITS-Surabaya 14-15 September 2005.
- Anonim. (2014). *Banjir*, <http://id.wikipedia.org/wiki/Banjir> diakses tanggal 15-06-2014, Jam: 13: 27
- Triatmojo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*, ISBN: 978-979-8541-407, Beta Offset, Yogyakarta.
- Nurhayati, E., dkk. (2009). "Pengelompokan Stasiun Hujan Kabuapten Pati Berbasis Metode Ward Dalam Peta Analisis Kerawanan banjir", *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika* dengan tema "Penguatan Peran Matematika dan Pendidikan Matematika untuk Indonesia yang Lebih Baik" pada tanggal 9 November 2013 Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY ISBN: 978 – 979 – 16353 – 9 – 4
- Kustiyanto, E. (2004). *Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Zonasi Kerentanan Banjir*, Skripsi: Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta
- Lilesand, Kiefer. (1990), *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, Gajah Mada University Press, UGM, 1990.
- Somantri, L. (2008). "Pemanfaatan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Mengidentifikasi Kerentanan dan Resiko Banjir", *Jurnal Gea*, Jurusan Pendidikan Geografi, Vol.2, No.8.
- Sayogo, S. S., dkk. (2009). "Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Untuk Menganalisis Genangan Air Hujan", *NEUTRON*, VOL.9, NO.2, AGUSTUS 2009.
- Primayuda A. (2006). *Pemetaan Daerah Rawan dan Resiko Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografis: studi kasus Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur*, Skripsi: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Purnama, A. (2008). *Pemetaan Kawasan Rawan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Cisadane Menggunakan Sistem Informasi Geografis*, Skripsi: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.