

BANJIR TAHUNAN SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI BENGAWAN SOLO HULU 3 DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Sigit Jadmiko¹⁾, Rr. Rintis Hadiani²⁾, Agus P. Saido³⁾

^{1), 2), 3)}Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutarni 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: kasemarcup.pitoe@gmail.com

Abstract

Solo City passed the Bengawan Solo river which the longest river in Java (600 km) with an area of 16 100 km² watershed. Since 1863, the Bengawan Solo river has caused flooding. Even today, the flood began to threaten downstream areas. Analysis of upstream flooding can prevent greater damage on downstream. 'Bengawan Solo Hulu 3' watershed is part of the 'Bengawan Solo Hulu' watershed. 'Bengawan Solo Hulu 3' consists of 7 sub watersheds, they are Keduang sub watershed, Tirtomoyo sub watershed, Temon sub watershed, 'Bengawan Solo Hulu' sub watershed, Alang sub watershed, Ngunggahan sub watershed and Wuryantoro sub watershed. Each of the seven sub watershed's rivers estuary to the Wonogiri reservoir. So that analysis of annual flooding and mapping of potential flooding is needed. Based on 10 years of historical data obtained over a period of 2, 5, 10, and 20 years (Q2, Q5, Q10, and Q20). The results of the analysis are connected to a database of Geographic Information Systems. To represent the potential for flooding 5 year and 10 years shown in yellow and red color. The green color represents the not potential flood conditions. The analysis showed that daily 2 consecutive rainy potential flooding until Q2, Q5, Q10, and Q20 in each sub watershed on 'Bengawan Solo Hulu 3' watershed. The greatest potential for flooding to occur in December.

Keywords:

annual flood, return period, Bengawan Solo Hulu 3, Geographic Information System.

Abstrak

Kota Solo dilalui sungai Bengawan Solo yang merupakan sungai terpanjang di Pulau Jawa (600 km) dengan luas DAS 16.100 km². Sejak tahun 1863 sungai Bengawan Solo telah menimbulkan banjir. Bahkan saat ini banjir mulai mengancam daerah hilir. Analisis banjir daerah hulu dapat mencegah terjadinya kerusakan yang lebih besar di daerah hilir. Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo Hulu 3 merupakan bagian dari DAS Bengawan Solo Hulu. DAS ini terdiri dari 7 sub DAS, yaitu sub DAS Keduang, sub DAS Tirtomoyo, sub DAS Temon, sub DAS Bengawan Solo Hulu, sub DAS Alang, sub DAS Ngunggahan dan sub DAS Wuryantoro. Tiap sungai dari ketujuh sub DAS tersebut mengalir ke Waduk Wonogiri. Sehingga diperlukan analisis banjir tahunan dan sekaligus pemetaan sub DAS yang berpotensi menimbulkan banjir. Berdasarkan data historis 10 tahun didapat periode ulang 2, 5, 10, dan 20 tahunan (Q2, Q5, Q10, dan Q20). Hasil analisis membentuk database yang dikoneksikan dengan Sistem Informasi Geografis. Untuk mewakili potensi banjir 5 tahunan, 10 tahunan, dan 20 tahunan ditunjukkan dengan warna kuning, merah, dan merah tua. Warna hijau mewakili kondisi tidak berpotensi banjir. Hasil analisis menunjukkan bahwa hujan 2 harian berurutan berpotensi menimbulkan banjir sampai Q2, Q5, Q10, dan Q20 hampir di tiap sub DAS. Potensi banjir terbesar terjadi pada bulan Desember.

PENDAHULUAN

Banjir merupakan fenomena alam yang sering terjadi. Banjir dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah curah hujan yang tinggi. Hujan 2 hari berurutan (hujan 2 harian) berpotensi menimbulkan banjir. Penelitian ini menganalisis besaran banjir berdasarkan hujan 2 harian tersebut. Berdasarkan data historis 10 tahun didapat banjir periode ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun (Q2, Q5, Q10, dan Q20).

Banjir merupakan debit aliran sungai yang lebih besar dari biasanya akibat hujan di suatu tempat secara terus-menerus sehingga tidak tertampung oleh alur sungai, melimpah keluar dan menggenangi daerah sekitarnya [1].

Ayu Prawesti Nova (2012) [3] meneliti banjir tahunan yang terjadi di sub Daerah Aliran Sungai (sub DAS) Bengawan Solo Hulu. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa hujan 2 harian berpotensi menimbulkan banjir. Bambang Triatmodjo (2009) [2] mendefinisikan penelusuran banjir merupakan suatu metode yang dilakukan untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf) di suatu titik aliran berdasarkan hidrograf sebelah hulu..

Monica Pratt (2004) [4] menjelaskan bahwa *ArcGis* (salah satu program Sistem Informasi Geografis / SIG) dapat bekerja dengan baik dengan Microsoft Excel. Data nonspasial yang dibuat dan diolah di Excel dapat secara langsung dihubungkan dan ditampilkan dalam *ArcGis* melalui ArcCatalog. Data tersebut dapat secara langsung ditambahkan ke dalam dokumen peta *table attribute* dari sebuah *layer* dengan memilih *OLE DB Connection.odc*. *ArcGis* menggunakan Microsoft ODBC *Text driver* untuk *file* teks..

Penelitian ini ditujukan untuk menganalisis banjir tahunan dan sekaligus melakukan pemetaan sub DAS yang berpotensi menimbulkan banjir. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan kepada pihak pengambil keputusan (*Decision Support System*) untuk melakukan langkah antisipasi terjadinya banjir.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perhitungan dan pemetaan debit banjir. Debit banjir dihitung dengan menggunakan Excel kemudian di-hubungkan dengan *ArcGis* untuk visualisasi hasil. Pemetaan potensi banjir dilakukan dengan pengaturan *symbolology* pada *ArcGis*.

Perhitungan debit banjir dilakukan dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Persamaan yang digunakan adalah (Bambang Triatmodjo (2009) [2] :

$$Q_p = \frac{A \cdot R_e}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \quad (1)$$

keterangan :

Q_p = debit puncak banjir (m^3/det),

R_e = curah hujan efektif (1 mm),

T_p = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf banjir (jam),

$T_{0,3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir (jam),

A = luas DAS (km^2).

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan persamaan sebagai berikut (Bambang Triatmodjo (2009) [2] :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \quad (2)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad (3)$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (4)$$

Sedangkan t_g adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam) yang dihitung dengan ketentuan sebagai berikut (Bambang Triatmodjo (2009) [2] :

- Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km :

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad (5)$$

- Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km :

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad (6)$$

keterangan :

t_r = satuan waktu hujan (jam),

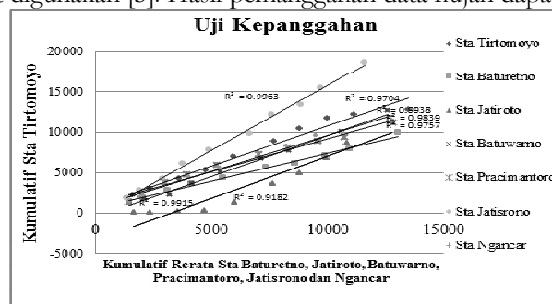
α = koefisien karakteristik DAS, biasanya diambil 2.

Data hujan yang digunakan merupakan data historis selama 10 tahun. Hujan harian digunakan untuk menghitung banjir kala ulang. Sedangkan hujan 2 harian digunakan untuk menghitung debit banjir maksimum.

Data spasial meliputi peta dasar dan peta tata guna lahan. Data tersebut diperoleh dari Bakosurtanal dan survei yang dilakukan oleh JICA. Data tersebut kemudian diolah menggunakan *ArcGis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian data hujan menunjukkan bahwa nilai regresi (R) mendekati 1. Sehingga data hujan yang tersedia dinyatakan pangkah dan dapat digunakan [5]. Hasil pemanggaan data hujan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva hasil pemanggaan data hujan

Selanjutnya dilakukan pengukuran parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi yang sesuai. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa distribusi yang sesuai adalah Log Pearson III.

Perhitungan hujan wilayah dilakukan dengan Polygon Thiessen. Perhitungan banjir kala ulang menggunakan hujan harian daerah maksimum. Sedangkan perhitungan debit banjir maksimum setiap sub DAS menggunakan data hujan 2 harian daerah maksimum dan hujan 2 harian bulanan daerah maksimum.

Bengawan Solo Hulu 3 termasuk dalam DAS Bengawan Solo, sehingga distribusi hujan menggunakan pola hujan 4 jam (Sobriyah, 2003) [6]. Hasil perhitungan hujan kala ulang Log Pearson III disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Hujan Kala Ulang Log Pearson III

T	1	2	3	4
2	7,775	5,999	2,832	2,592
5	11,932	9,207	4,346	3,977
10	16,309	12,584	5,940	5,436
20	21,367	16,487	7,782	7,122
50	33,121	25,556	12,063	11,040
100	44,772	34,547	16,306	14,924
200	60,439	46,635	22,012	20,146

Hasil perhitungan hujan kala ulang digunakan untuk menghitung banjir kala ulang. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Banjir Kala Ulang di 7 sub Das

Periode Ulang (tahun)	Debit (m^3/dt)						
	Sub Das						
	Sub Das Keduang	Sub Das Tirtomoyo	Sub Das Temon	Begawan Solo Hulu	Sub Das Alang	Sub Das Ngunggahan	Sub Das Wuryantoro
2	219,757	120,630	37,029	127,932	120,951	27,918	23,105
5	337,246	185,123	56,826	196,328	185,615	42,844	35,458
10	460,978	253,042	77,675	268,359	253,715	58,564	48,468
20	603,922	331,508	101,761	351,574	332,389	76,723	63,497
50	936,145	513,873	157,741	544,978	515,239	118,930	98,427
100	1265,466	694,645	213,232	736,693	696,492	160,767	133,052
200	1708,262	937,707	287,843	994,467	940,200	217,021	179,609

Perhitungan debit banjir hujan 2 harian menggunakan distribusi hujan Tadashi Tanimoto. Distribusi ini menggunakan pola hujan 8 jam Bambang (2009) [2]. Perhitungan debit dilakukan pada hujan 2 harian dan hujan 2 harian bulanan. Hasil perhitungan disajikan dalam Gambar

Tabel 3. Hasil perhitungan debit banjir hujan 2 harian di 7 sub Das

Tahun	Debit Maksimum (m^3/dt)						
	Sub Das						
	Sub Das Keduang	Sub Das Tirtomoyo	Sub Das Temon	Begawan Solo Hulu	Sub Das Alang	Sub Das Ngunggahan	Sub Das Wuryantoro
2001	293,40	207,75	50,77	176,56	175,32	40,88	33,16
2002	221,61	147,86	34,27	145,53	173,40	33,25	18,02
2003	327,79	220,14	43,74	205,86	273,22	50,06	41,45
2004	311,71	197,91	38,24	160,29	221,00	42,37	21,23
2005	207,28	125,83	42,46	129,72	116,13	41,89	30,58
2006	215,56	126,51	47,36	103,67	204,00	39,11	43,47
2007	355,89	215,57	89,48	328,71	322,72	73,12	63,01
2008	274,80	166,71	69,43	294,76	157,70	29,34	34,43
2009	287,67	129,36	52,89	191,24	144,50	27,71	28,89
2010	531,18	148,67	66,31	182,30	267,70	61,83	35,12

Tabel 4. Hasil perhitungan debit banjir hujan 2 harian bulanan di 7 sub Das

Bulan	Debit Maksimum (m ³ /dt)						
	Sub Das						
	Sub Das Keduang	Sub Das Tirtomoyo	Sub Das Temon	Sub Das Begawan Solo Hulu	Sub Das Alang	Sub Das Ngunggahan	Sub Das Wuryantoro
Januari	327,79	220,14	42,58	205,86	269,88	45,96	25,98
Februari	287,67	199,35	69,43	294,76	173,40	33,25	41,45
Maret	293,40	207,75	66,31	182,30	204,00	39,11	26,86
April	236,13	155,35	41,65	123,12	125,80	24,12	22,11
Mei	225,80	67,08	44,16	112,92	101,15	19,39	19,41
Juni	181,82	75,60	47,36	79,87	113,79	21,35	43,47
Juli	86,43	37,69	6,53	79,64	25,41	3,91	2,99
Agustus	136,19	33,47	15,91	103,66	56,10	10,76	14,60
September	222,77	54,47	33,98	66,29	267,70	61,83	35,12
Oktober	332,22	52,32	20,21	116,31	122,40	23,47	5,58
November	305,85	70,75	44,45	147,77	215,90	41,40	33,16
Desember	531,18	215,57	89,48	328,71	318,38	73,12	63,01

Pemetaan sub DAS yang berpotensi menimbulkan banjir dilakukan dengan membuat koneksi Excel ke *ArcGis*. Langkah-langkah dalam pembuatannya adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan *Data Source (ODBC)*

- Buka *Data Source (ODBC)* dengan cara klik *start* – pada menu *search* ketikkan *ODBC*, pilih *Data Source (ODBC)*,
- Pada tab *User DSN*, klik *excel files*, kemudian pilih *add*,
- Pada kotak dialog selanjutnya pilih *Microsoft Excel Driver (*.xls, *.xlsx, *.xlsm, *.xlsb)* kemudian klik *finish*,
- Pada kotak dialog *ODBC excel setup*, ketik nama pada *Data Source name*, kemudian tulis keterangan pada kotak *description*,
- Pada *dropdown menu version*, pilih *excel 12.0*,
- Klik *select workbook*, kemudian cari lokasi dimana dokumen excel yang akan dihubungkan, pilih dokumen, klik OK,
- Klik OK dua kali.

2. Pembuatan *Database Connection* pada *ArcCatalog*

- Klik dua kali pada *database connection*,
- Pilih *Add OLE DB Connection*,
- Pada kotak dialog *data link properties* pilih tab *provider*, kemudian klik *Microsoft OLE DB Provider for ODBC Drivers*,
- Klik *next*,
- Pada tab *connection*, pilih *use data source name*. Pada *dropdown menu*, pilih nama *data source* yang telah kita buat pada langkah sebelumnya. Jika belum muncul klik *refresh*,
- Klik *test connection*, setelah terhubung, klik OK,
- Pada *ArcCatalog* ketik nama *OLE DB Connection* sesuai yang dikehendaki,
- Klik *enter*.

3. Penyusunan dokumen Excel

- Buka dokumen excel yang akan ditampilkan pada *Arcmap*,
 - Blok tabel yang akan ditampilkan,
 - Pada *name box* pojok kiri atas ketik nama sesuai dengan keinginan,
 - Klik *enter*,
 - Pada *ArcCatalog*, klik dua kali pada *OLE DB Connection* yang telah dibuat sebelumnya,
 - Drag/seret tabel yang dikehendaki ke dalam *Arcmap*,
- Pastikan *table of content* pada *Arcmap* ter-select *source*.

4. Penggabungan tabel excel dengan *attribute table*

- Buka *Arcmap*,
- Klik kanan pada *layer* yang berisi sub – sub DAS, pilih *joins and relates – join*,
- Pilih *field* pada *layer* yang akan dijadikan patokan untuk melakukan penggabungan,

- Pilih tabel excel yang akan digabungkan dengan *layer* yang terpilih,
- Pilih *field* dari tabel yang akan dijadikan patokan untuk melakukan penggabungan,
- Pada *join options* pilih *keep only matching record* supaya jika pada target tabel tidak cocok, *record* akan dihapus,
- Klik OK.

5. Penentuan simbologi

- Klik kanan pada *layer* yang bersangkutan, pilih *properties*,
- Klik tab *symbolology* – pilih *categories – unique values*,
- Pada *dropdown menu value field* pilih *field* yang dikehendaki,
- Tentukan *color ramp* dengan memilih *dropdown menu color ramp*,
- Klik *Add All Values* untuk menampilkan semua nilai dalam *field* yang bersangkutan,
- Klik *Add Values* untuk menambahkan nilai yang belum muncul,
- Hilangkan tanda cek pada *all other values*,
- Klik OK.

Hasil analisis disajikan dalam Gambar



Gambar 16. Peta Potensi Banjir Tahun 2001



Gambar 17. Peta Potensi Banjir Tahun 2002



Gambar 18. Peta Potensi Banjir Tahun 2003



Gambar 19. Peta Potensi Banjir Tahun 2004



Gambar 20. Peta Potensi Banjir Tahun 2005



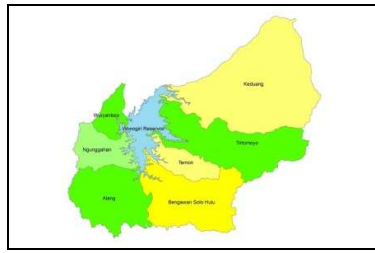
Gambar 21. Peta Potensi Banjir Tahun 2006



Gambar 22. Peta Potensi Banjir Tahun 2007



Gambar 23. Peta Potensi Banjir Tahun 2008



Gambar 24. Peta Potensi Banjir Tahun 2009



Gambar 25. Peta Potensi Banjir Tahun 2010

Keterangan :

- = tidak berpotensi menimbulkan banjir,
- = mendekati banjir 2 tahunan,
- = berpotensi menimbulkan banjir 2 tahunan,
- = mendekati banjir 5 tahunan,
- = berpotensi menimbulkan banjir 5 tahunan,
- = mendekati banjir 10 tahunan,
- = berpotensi menimbulkan banjir 10 tahunan,
- = mendekati banjir 20 tahunan,
- = berpotensi menimbulkan banjir 20 tahunan.

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui potensi banjir yang terjadi di tiap sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2010. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa sub DAS Keduang tahun 2002, 2006, dan 2009 berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; tahun 2003 dan 2007 berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan, sub DAS Tirtomoyo tahun 2002, 2005, 2006, 2009, dan 2010 berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; tahun 2001, 2004, dan 2007 berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan, sub DAS Temon tahun 2003, 2004 dan 2005 berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; tahun 2010 berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan, sub DAS Bengawan Solo Hulu tahun 2002, 2004, dan 2005 berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; tahun 2003 dan 2009 berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan; tahun 2008 berpotensi banjir kala ulang 10 tahunan, sub DAS Alang tahun 2005 dan 2009 berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; tahun 2006 berpotensi banjir 5 tahunan; tahun 2003 dan 2010 berpotensi banjir 10 tahunan; tahun 2007 berpotensi banjir kala ulang 20 tahunan, sub DAS Ngunggan tahun 2002 dan 2008 berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; tahun 2001, 2003, 2004, dan 2005 berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan; tahun 2010 berpotensi banjir kala ulang 10 tahunan; tahun 2007 berpotensi banjir kala ulang 20 tahunan dan sub DAS Wuryantoro tahun 2009 berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; tahun 2003, 2008, dan 2010 berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan; tahun 2007 berpotensi banjir kala ulang 20 tahunan.



Gambar 26. Peta Potensi Banjir Bulan Januari



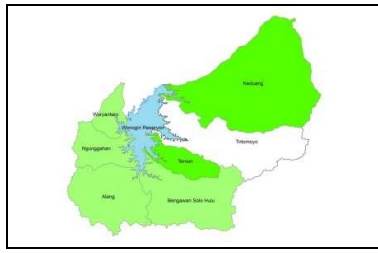
Gambar 27. Peta Potensi Banjir Bulan Februari



Gambar 28. Peta Potensi Banjir Bulan Maret



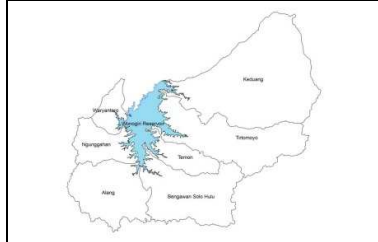
Gambar 29. Peta Potensi Banjir Bulan April



Gambar 30. Peta Potensi Banjir Bulan Mei



Gambar 31. Peta Potensi Banjir Bulan Juni



Gambar 32. Peta Potensi Banjir Bulan Juli



Gambar 33. Peta Potensi Banjir Bulan Agustus



Gambar 34. Peta Potensi Banjir Bulan September



Gambar 35. Peta Potensi Banjir Bulan Oktober












Gambar 36. Peta Potensi Banjir Bulan November



Gambar 37. Peta Potensi Banjir Bulan Desember

Keterangan :

-  = tidak berpotensi menimbulkan banjir,
-  = mendekati banjir 2 tahunan,
-  = berpotensi menimbulkan banjir 2 tahunan,
-  = mendekati banjir 5 tahunan,
-  = berpotensi menimbulkan banjir 5 tahunan,
-  = mendekati banjir 10 tahunan,
-  = berpotensi menimbulkan banjir 10 tahunan,
-  = mendekati banjir 20 tahunan,
-  = berpotensi menimbulkan banjir 20 tahunan.

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui potensi banjir yang terjadi di tiap sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa sub DAS Keduang bulan April, Mei, dan September berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; bulan Januari dan Oktober berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan, sub DAS Tirtomoyo bulan bulan Maret dan Desember berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan, sub DAS Temon bulan Januari, April, Mei, dan November berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; bulan Maret berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan, sub DAS Bengawan Solo Hulu bulan April dan November berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; bulan Januari berpotensi banjir 5 tahunan; bulan Februari berpotensi banjir kala ulang 10 tahunan, sub

DAS Alang bulan April dan Oktober berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; bulan Maret dan November berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan; bulan Januari dan September berpotensi banjir kala ulang 10 Tahunan; bulan Desember berpotensi banjir kala ulang 20 tahunan, sub DAS Ngunggahan bulan Februari berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; bulan Januari dan November berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan; bulan September berpotensi banjir kala ulang 10 tahunan; bulan Desember berpotensi banjir 20 tahunan dan sub DAS Wuryantoro bulan Januari, Maret, dan April berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan; bulan Februari dan September berpotensi banjir 5 tahunan; bulan Desember berpotensi banjir kala ulang 20 tahunan.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Program *ArcGis 9.2* menyediakan fasilitas untuk menghubungkan *database excel* ke dalam *database ArcGis* secara langsung,
2. DAS Bengawan Solo Hulu 3 berpotensi banjir kala ulang 2, 5, 10, dan 20 tahunan,
3. Tiap sub DAS berpotensi banjir kala ulang 2 tahunan,
4. Tiap sub DAS berpotensi banjir kala ulang 5 tahunan,
5. Sub DAS yang berpotensi banjir kala ulang 10 tahunan adalah Bengawan Solo Hulu, Alang, dan Ngunggahan,
6. Sub DAS yang berpotensi banjir kala ulang 20 tahunan adalah Alang, Ngunggahan, dan Wuryantoro,
7. Potensi banjir kala ulang 2 tahunan terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, September, Oktober dan November,
8. Potensi banjir kala ulang 5 tahunan terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret, September, Oktober, November dan Desember,
9. Potensi banjir kala ulang 10 tahunan terjadi pada bulan Januari, Februari, dan September,
10. Potensi banjir kala ulang 20 tahunan berpotensi terjadi pada bulan Desember.

REKOMENDASI

Rekomendasi bagi peneliti selanjutnya :

- a. Dibutuhkan *user interface* dan pemrograman untuk dapat menampilkan hasil analisis tanpa harus secara manual,
- b. Perlu dilakukan penelitian dengan metode yang sama di lokasi yang berbeda,
- c. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh *hardware* komputer terhadap hasil analisis,
- d. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan jumlah stasiun hujan yang berbeda pada lokasi yang sama.

Rekomendasi bagi praktisi :

- a. Tidak mengubah nama dan memindah *file* atau folder,
- b. Menggunakan sistem operasi yang sama untuk tiap aplikasi, misalnya menggunakan *processor 32 bit, Microsoft Excel 32 bit* dan *ArcGis 32 bit*.

REFERENSI

Peraturan Direktur Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial No.04/V-SET/2009 tentang Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai

Triatmodjo, Bambang, 2009, "Hidrologi Terapan.Cetakan Kedua", Penerbit Beta Offset: Yogyakarta

Nova, Ayu Prawesti, 2012, "Analisi Banjir Tahunan Di Das Bengawan Solo Hulu", *Tugas Akhir*, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Monica Pratt, 2004, "*Working With Excel in ArcGis*", *ArcUser* Januari-Maret 2004. www.esri.com.

Andiek, M. Mahendra dan Nadjadji Anwar, 2009, "Pemodelan Hujan Debit Daerah Aliran Sungai Deluwang Dengan Pembagian Sub Catchment Area Berdasarkan Orde Sungai", Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah

Sobriyah, 2003, "Pengembangan Model Perkiraan Banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Besar dari Sintesa Beberapa Persamaan Terpilih", *Disertasi Doktor*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.