

ANALISIS BANJIR DAN PEMETAAN KAWASAN TERDAMPAK BANJIR DI KELURAHAN LAWEYAN, KOTA SURAKARTA

Edo Suryo Utomo¹⁾, Rintis Hadiani²⁾, Endah Sitaresmi Suryandari³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

²⁾ Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Kepala Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, Kota Surakarta

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: edosuryo017@gmail.com

Abstract

Laweyan village is one of the most village in Surakarta which must often get flooded. It is flown through by Premulung river and there is the confluence between Premulung river and Brojo river. The mapping flood impact area is one solution to solve the flood issue. The flood impact area analysis is measured based on rainfall data, river data and contour map of Laweyan village. Flood analysis and mapping ware done with HEC-RAS software. They are unsteady flow simulation, with flow return period of 5 years, 10 years, 25 years, 50 years and maximum two days-rainfall.

The results of this study indicate that flood analysis with a return period of 5 and 10 years does not cause flood phenomenon. The flood impact area with flow return period of 25 years is 14,081.59 m² with flood duration 30 minute and impact area is 6.08%. The flood impact area with flow return period of 50 years is 37.518,82 m² with flood duration 1.5 hours and impact area is 16.20%. The flood impact area with maximum two-days flow is 79.824,68 m² with flood duration 2 hours and impact area is 34.46%.

Key words: *flood analysis, flood mapping, HEC-RAS, Soil Conservation Service.*

Abstrak

Kelurahan Laweyan merupakan salah satu kelurahan di Kota Surakarta yang sering tergenang banjir. Kelurahan Laweyan dilewati oleh Sungai Premulung dan terdapat pertemuan Sungai Premulung dan Sungai Brojo. Salah satu bentuk dari penanganan banjir yaitu dengan memetakan kawasan terdampak banjir. Analisis kawasan terdampak banjir dilakukan berdasarkan data hujan yang terjadi, data sungai dan peta kontur Kelurahan Laweyan. Debit rencana dihitung dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis *Soil Conservation Service*. Analisis banjir dan pemetaan dilakukan dengan bantuan *software HEC-RAS*. Dengan simulasi aliran *unsteady flow*, dengan debit periode ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan hujan dua harian maksimum.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis banjir dengan debit periode ulang 5 dan 10 tahun tidak terjadi banjir. Luasan wilayah tergenang banjir dengan debit periode ulang 25 tahun seluas 14.081,59 m² dengan durasi genangan 30 menit dan persentase wilayah tergenang sebesar 6,08%. Luasan wilayah tergenang banjir dengan debit periode ulang 50 tahun seluas 37.518,82 m² dengan durasi genangan 1,5 jam dan persentase wilayah tergenang sebesar 16,20%. Luasan wilayah tergenang banjir dengan debit dua harian maksimum seluas 79.824,68 m² dengan durasi genangan 2 jam dan persentase wilayah tergenang sebesar 34,46%.

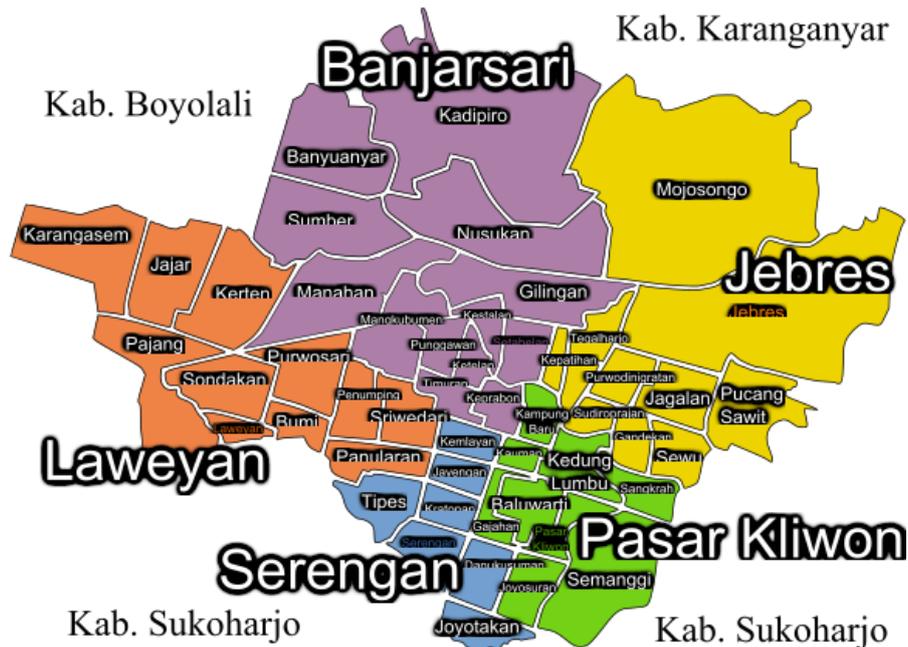
Kata kunci: *analisis banjir, pemetaan banjir, HEC-RAS, HSS Soil Conservation Service.*

PENDAHULUAN

Dengan adanya pembangunan infrastruktur yang sedang berkembang pesat maka diperlukan adanya upaya untuk Banjir merupakan salah satu permasalahan yang banyak terjadi pada kota-kota di Indonesia, utamanya pada musim hujan. Banjir tergolong bencana alam yang menjadi permasalahan tahunan dan menimbulkan kerugian yang besar. Karena banjir biasanya terjadi pada daerah dengan cakupan yang luas, sehingga menimbulkan banyak korban.

Banjir termasuk peristiwa alam yang terjadi karena kapasitas tampungan saluran atau sungai tidak mampu menampung volume air yang melebihi kapasitas tampungan, sehingga terjadi luapan air di wilayah sekitar sungai. Banjir biasanya dapat terjadi karena curah hujan yang tinggi, penyempitan saluran, penggunaan tata guna lahan yang salah, sedimentasi yang tinggi, atau arus balik (Rintis, 2014).

Kota Surakarta merupakan salah satu Kota di Jawa Tengah, yang sering mengalami bencana banjir. Kota Surakarta berada pada daerah dataran rendah yang berada diantara Gunung Merbabu dan Gunung Lawu. Kota Surakarta juga dibatasi oleh sungai besar, yaitu sungai Bengawan Solo pada sisi selatan Kota Surakarta. Dari Sungai Bengawan Solo dan anak Sungai Bengawan Solo Kota Surakarta sering mengalami banjir.



Gambar 1. Peta Kota Surakarta

Kelurahan Laweyan berada pada administrasi Kecamatan Laweyan, Surakarta. Kelurahan Laweyan merupakan kelurahan yang berada diantara Sungai Premulung dan jalan Dr. Radjiman. Pada Kelurahan Laweyan juga terdapat pertemuan Sungai Premulung dan Sungai Brojo, sehingga pada penelitian ini menggunakan dua Daerah Aliran Sungai (DAS) Premulung dan Brojo. Kelurahan Laweyan termasuk kelurahan yang sering mengalami banjir. Banjir pada Kelurahan Laweyan sering terjadi pada daerah pinggir sungai, karena sungai pada Kelurahan Laweyan masih merupakan sungai alami. Sehingga perlu diadakan analisis banjir dan pemetaan banjir pada Kelurahan Laweyan.

Penelitian ini dilakukan untuk memperhitungkan luasan dan elevasi banjir pada Kelurahan Laweyan melalui analisis banjir. Analisis banjir merupakan cara memprediksi kemungkinan terjadinya banjir, berdasarkan data historis curah hujan yang telah ada dari tahun-tahun sebelumnya dan data geometri dari sungai yang berkaitan. Sehingga ketika terjadi hujan dengan kala ulang tertentu dapat diprediksi besaran volume debit aliran yang akan melalui saluran Sungai Premulung dan Brojo, Laweyan. Dengan menggunakan debit banjir periode ulang yang lazim digunakan pada analisis sungai yaitu kala ulang Q_5, Q_{10}, Q_{25} dan Q_{50} tahun.

Analisis banjir dilakukan secara *Unsteady flow* karena titik analisis terjadi pada tempuran sungai. Untuk menganalisis secara *unsteady flow*, perlu menggunakan debit aliran jam-jaman. Untuk menghitung distribusi hujan jam-jaman, digunakan metode *Alternating Block Method (ABM)*. Selanjutnya debit aliran sungai diperoleh dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Soil Conservation Service (SCS)*.

Untuk melakukan analisis pada analisis dan pemetaan banjir Kelurahan Laweyan dilakukan dengan menggunakan *software* HEC-RAS. HEC-RAS merupakan salah satu *software* yang diperuntukkan untuk analisis pada bidang hidrolika. *Software* ini juga mampu melakukan analisis *flood routing* berdasarkan dimensi dari saluran sungai dan debit banjir. Pada pembuatan peta genangan banjir dilakukan dengan *software* ArcGIS untuk setiap periode ulang.

LANDASAN TEORI

Dasar Teori

Banjir merupakan bencana musiman yang sering terjadi pada kota-kota besar di Indonesia. Analisis dan solusi permasalahan banjir merupakan suatu permasalahan yang kompleks. Solusi permasalahan banjir melibatkan banyak disiplin bidang keilmuan, baik dari ekonomi, lingkungan, sosial, institusi dan teknik. Dalam bidang teknik analisis banjir meliputi analisis penyebab banjir, hidrologi, dan hidrolika.

Penyebab banjir utamanya disebabkan oleh kapasitas tampungan sungai yang tidak mampu menampung air yang mengalir melalui sungai. Sehingga air pada sungai meluap ke daerah sekitar sungai, yang menyebabkan banjir. Ketidakmampuan sungai dalam menampung air yang mengalir, dapat disebabkan oleh beberapa hal, baik karena kapasitas awal sungai yang kecil, aliran air yang terlalu besar karena hujan deras, penyempitan badan sungai, sedimen, ataupun permasalahan lain.

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses analisis hidrologi, karena kedalaman curah hujan (*rainfall depth*) yang turun dalam satu DAS akan dialirkan menjadi aliran sungai, baik melalui limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran antara (*interflow, sub-surface runoff*), maupun sebagai aliran air tanah (*groundwater flow*) (Sri Harto, 1993).

Hidrograf Satuan Sintetis merupakan hidrograf yang dibuat berdasarkan pada karakteristik fisik dari DAS, karena data hidrologi tidak tersedia untuk dilakukan perhitungan dengan hidrograf satuan biasa. Salah satu Hidrograf Satuan Sintetis yang biasa digunakan yaitu metode SCS (*Soil Conservation Service*).

HEC-RAS (*River Analysis System*) merupakan *software* untuk memodelkan aliran suatu sungai, dengan prinsip hidrolika yang di kembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu *divisi* di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. HEC-RAS mampu melakukan pemodelan satu dimensi aliran baik berupa aliran permanen (*Steady flow*) maupun aliran tidak permanen (*Unsteady flow*). HEC-RAS merupakan *software* yang mengintegrasikan fitur *grafik user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta hasil.

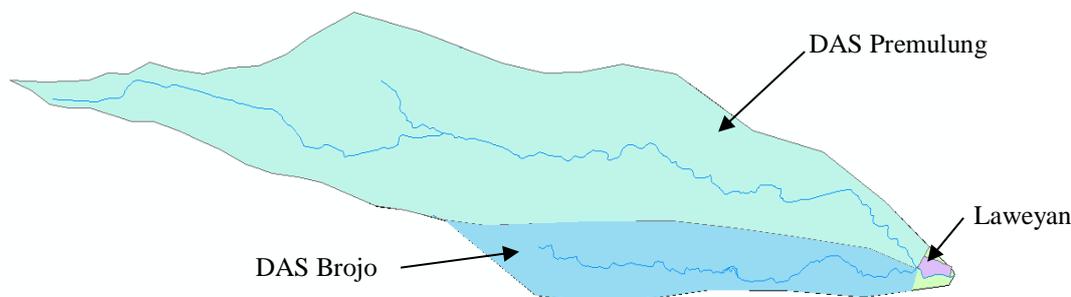
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang didapat berdasarkan survey *cross section* sungai Brojo. Data sekunder meliputi data hujan harian stasiun Hujan Nepen dan Pabelan, data situasi sungai Premulung, peta kontur Kota Surakarta dan peta DAS Premulung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Aliran Sungai

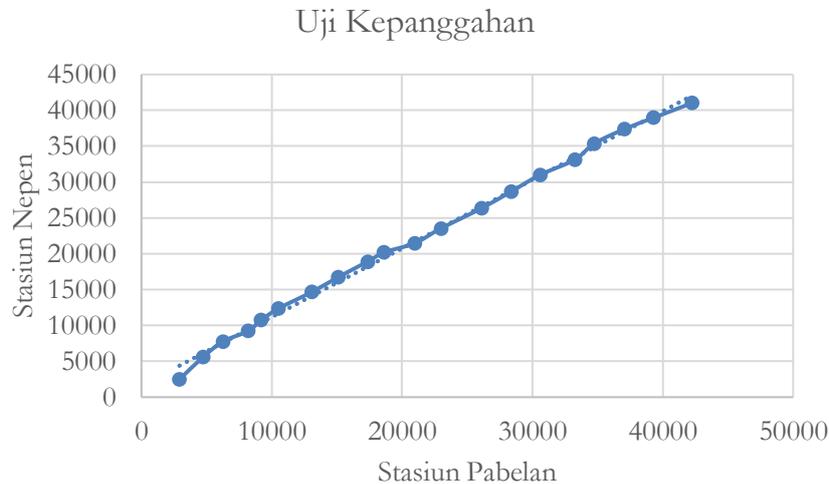
Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah tangkapan air yang masuk kedalam sungai, DAS dibatasi oleh punggung-punggungan bukit. Untuk analisis banjir pada Kelurahan Laweyan diperlukan dua wilayah DAS, yaitu DAS Premulung dan Brojo, karena pertemuan kedua sungai terletak pada Kelurahan Laweyan. DAS Premulung dan Brojo disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Daerah Aliran Sungai Premulung dan Brojo

Uji Kepenggahan

Uji kepenggahan dilakukan dengan metode kurva massa ganda (double mass curve). Uji kepenggahan dilakukan dengan cara merekap data hujan tahunan selama 20 tahun terakhir, dari mulai tahun 1998 sampai dengan tahun 2017. Grafik kurva massa ganda merupakan hasil dari perbandingan kumulatif hujan tahunan masing-masing stasiun hujan. Dengan stasiun hujan Pabelan sebagai sumbu X dan stasiun hujan Nepen sebagai sumbu Y. Data hujan dapat dikatakan pangkah apabila memiliki nilai deterministik (R^2) yang mendekati 1 atau mendekati linier. Dari analisis dengan Ms. Excel di dapat Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Kurva Massa Ganda

Hujan Kawasan

Hujan kawasan dianalisis menggunakan metode rata-rata aljabar dengan data hujan maksimum harian pada stasiun hujan Nepen dan Pabelan. Metode rata-rata aljabar merupakan metode yang paling sederhana, yaitu dengan cara menjumlahkan besarnya hujan dibagi dengan jumlah stasiun hujan, yang kemudian dipilih nilai yang terbesar dari hujan harian maksimum tiap stasiun untuk menjadi hujan maksimum kawasan. Hujan dua harian maksimum merupakan hujan yang di asumsikan terjadi selama dua hari secara berturut-turut. Yang kemudian dari nilai hujan dua hari tersebut di jumlahkan menjadi hujan dua harian maksimum. Untuk hujan kawasan dua harian di analisis dengan metode rata-rata aljabar seperti pada hujan kawasan harian maksimum.

Distribusi Hujan

Dari analisis distribusi hujan dengan menggunakan metode *Log Person III* yang didasarkan pada SNI 2415-2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana. Analisis distribusi hujan *Log Person III* didapatkan hasil seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1 Tabel Log Person III

Log Person III						
NO	TAHUN	X	Log X	$X-X_t$	$(X-X_t)^2$	$(X-X_t)^3$
1	1998	57,50	1,7597	-0,0910	0,0083	-0,0008
2	1999	72,60	1,8609	0,0102	0,0001	0,0000
3	2000	58,50	1,7672	-0,0835	0,0070	-0,0006
4	2001	46,50	1,6675	-0,1832	0,0336	-0,0062
5	2002	47,50	1,6767	-0,1740	0,0303	-0,0053
6	2003	50,50	1,7033	-0,1474	0,0217	-0,0032
7	2004	61,50	1,7889	-0,0618	0,0038	-0,0002
8	2005	81,00	1,9085	0,0578	0,0033	0,0002
9	2006	71,00	1,8513	0,0006	0,0000	0,0000

10	2007	91,50	1,9614	0,1107	0,0123	0,0014
11	2008	75,50	1,8779	0,0273	0,0007	0,0000
12	2009	133,50	2,1255	0,2748	0,0755	0,0208

Tabel 1 Lanjutan

13	2010	81,50	1,9112	0,0605	0,0037	0,0002
14	2011	81,50	1,9112	0,0605	0,0037	0,0002
15	2012	79,50	1,9004	0,0497	0,0025	0,0001
16	2013	50,50	1,7033	-0,1474	0,0217	-0,0032
17	2014	86,50	1,9370	0,0863	0,0075	0,0006
18	2015	86,50	1,9370	0,0863	0,0075	0,0006
19	2016	82,00	1,9138	0,0631	0,0040	0,0003
20	2017	71,00	1,8513	0,0006	0,0000	0,0000
Jumlah		37,0137		0,2470		
Rerata		1,8507				
S _{-dev}		0,1140				
Kemencengan		0,0003				
CS		0,1984				

Uji Kecocokan Distribusi Hujan

Uji kecocokan distribusi dilakukan untuk mengetahui apakah metode distribusi hujan cocok atau tidak dengan data hujan yang ada. Pada uji *Smirnov-Kolmogorov* untuk distribusi hujan *Log Person III* dengan tingkat ketelitian 5%. Berdasarkan hasil uji *Sminov-Kologorov* pada Tabel 4.6 diperoleh $\Delta_{maksimum} = 0,07$, dan dibandingkan dengan Tabel 3.2 untuk jumlah data hujan (n) sebanyak 20 tahun maka akan didapatkan $\Delta_{kritis} = 0,29$. Dengan syarat $\Delta_{maksimum} < \Delta_{kritis}$, maka distribusi hujan dapat diterima berdasarkan uji *Smirnov-Kolmogorov*.

Hujan Periode Ulang

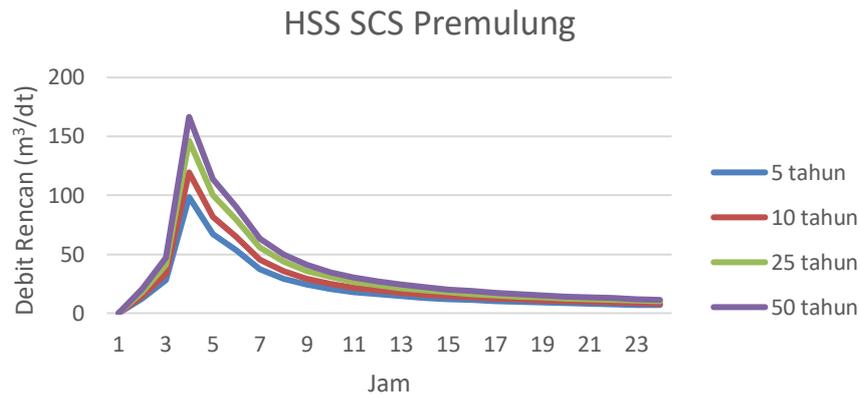
Perhitungan hujan periode ulang ya itu dengan cara mengembalikan nilai logaritma dari distribusi hujan tersebut. Hasil perhitungan hujan periode ulang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Hujan Periode Ulang

KALA ULANG	K	K.S _{DEV}	X _t +K.S _d	Q _t (mm/jam)
5	0,8301	0,0946	1,9453	88,1731
10	1,3009	0,1483	1,9990	99,7729
25	1,8175	0,2072	2,0579	114,2660
50	2,1582	0,2461	2,0968	124,9578

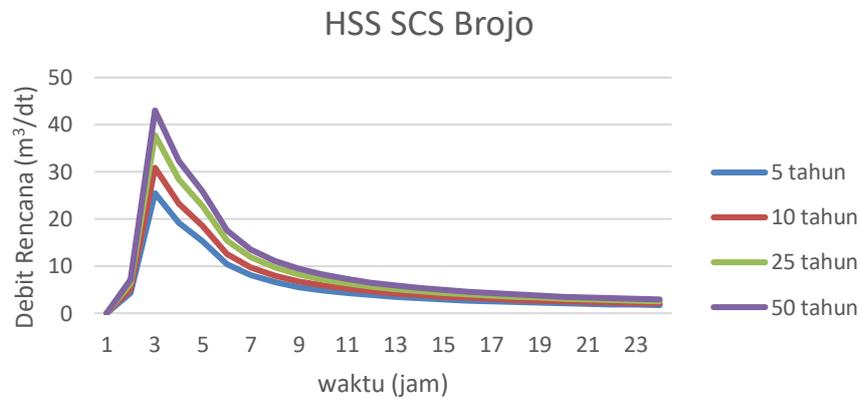
Hidrograf Satuan Sintetis

Dari hasil debit jam-jaman SCS periode ulang 5, 10, 25 dan 50 tahun maka dapat dibuat grafik hidrograf SCS. Grafik hidrograf untuk periode ulang di tampilkan dalam Gambar 4.



Gambar 4 Grafik HSS SCS Premulung

Dari hasil debit jam-jaman SCS periode ulang 5, 10, 25 dan 50 tahun maka dapat dibuat grafik hidrograf SCS. Grafik hidrograf untuk periode ulang Sungai Brojo di tampilkan dalam Gambar 5.



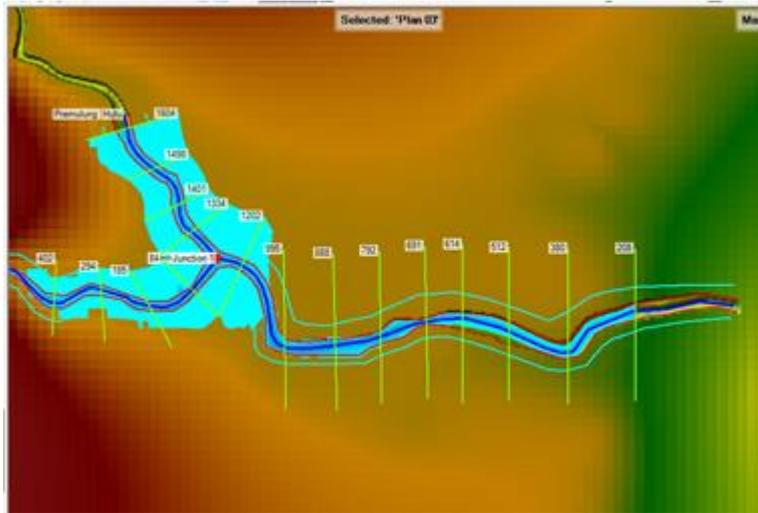
Gambar 5 Grafik HSS SCS Brojo

Analisis Banjir

Analisis banjir pada Kelurahan Laweyan dilakukan dengan *HEC-RAS*. *HEC-RAS* mengelola data geometry dan debit aliran sungai menjadi ketinggian, durasi dan pemetaan banjir. *HEC-RAS* menganalisis secara Hidrolika, dengan simulasi aliran *unsteady flow*.

Pemetaan Banjir

Berdasarkan hasil *running HEC-RAS* didapatkan ketinggian muka air banjir dan pemetaan luasan genangan banjir dalam bentuk RAS Mapper. Pemetaan banjir berdasarkan hasil *HEC-RAS* pada RAS Mapper disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6 Banjir RAS Mapper

Hasil Ras Mapper selanjutnya di *export* diproses kedalam format ArcGIS sehingga dapat dilakukan penggambaran peta. Dalam *software ArcGIS* dibuat *layout*, kelengkapan dan skala peta.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada analisis dan pembahasan dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit banjir maksimum untuk setiap periode ulang pada Sungai Premulung dan Sungai Brojo disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Debit Maksimum Setiap Periode Ulang

Periode Ulang (tahun)	Sungai	
	Premulung (m ³ /dt)	Brojo (m ³ /dt)
5	98,5435	25,4588
10	119,4518	30,8604
25	146,3309	37,8046
50	166,5792	43,0358

Untuk debit banjir maksimum dua harian untuk Sungai Premulung sebesar 178,78 m³/dt dan Sungai Brojo sebesar 49,087 m³/dt.

2. Elevasi muka air banjir dari analisis *Unsteady flow* menggunakan HEC-RAS dengan debit periode ulang 5, 10, 25 dan 50 tahun serta dua harian didapatkan elevasi banjir seperti dalam Tabel 4.

Tabel 4 Elevasi dan Ketinggian Muka Air Banjir

STA	Ketinggian muka air banjir (cm)				
	5 th	10 th	25 th	50 th	2 hari
Sungai Premulung					
208	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-
512	-	-	-	-	-
614	-	-	-	-	-
691	-	-	-	-	-
792	-	-	-	-	13
888	-	-	-	-	19

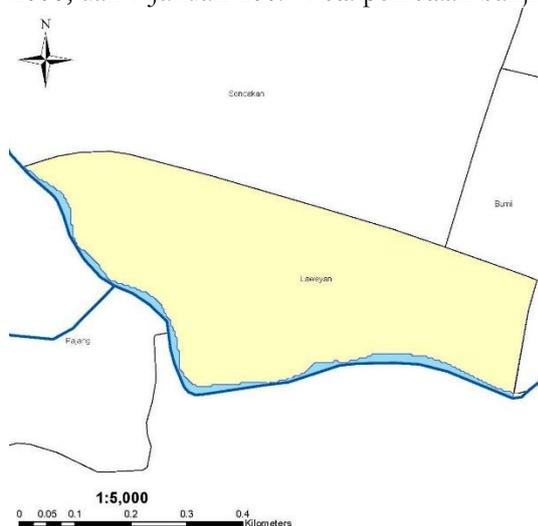
995	-	-	-	-	20
1202	-	-	-	5	37
1334	-	-	-	20	53
1401	-	-	-	17	40
1498	-	-	1	30	57
1604	-	-	10	40	62
Sungai Bojo					
84	-	-	-	5,00	30
185	-	-	-	7,00	30
294	-	-	-	7,00	30
402	-	-	-	8,00	30
529	-	-	-	-	-

3. Berdasarkan hasil analisis HEC-RAS dan pemetaan dari Arc-GIS, maka akan didapatkan luasan dan persentase luasan tergenang banjir Kelurahan Laweyan. Luasan dan persentase daerah tergenang disajikan dalam tabel 5.

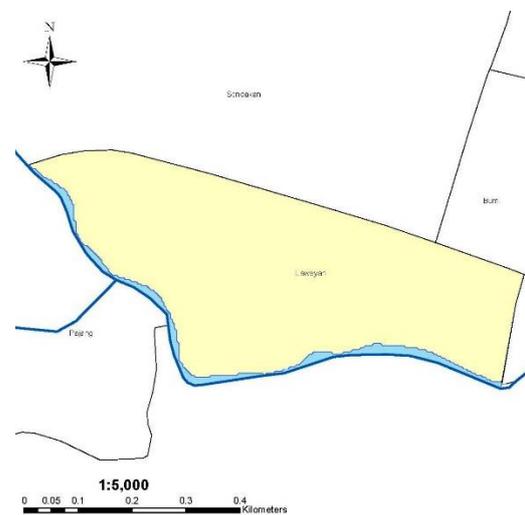
Tabel 5 Luasan, durasi dan Persentase Banjir

Periode Ulang	Luasan (m ²)	Durasi (jam)	Prosentase Luasan Tergenang (%)
5	-	0	0,00
10	-	0	0,00
25	14.081,59	0,5	6,08
50	37.518,82	1,5	16,20

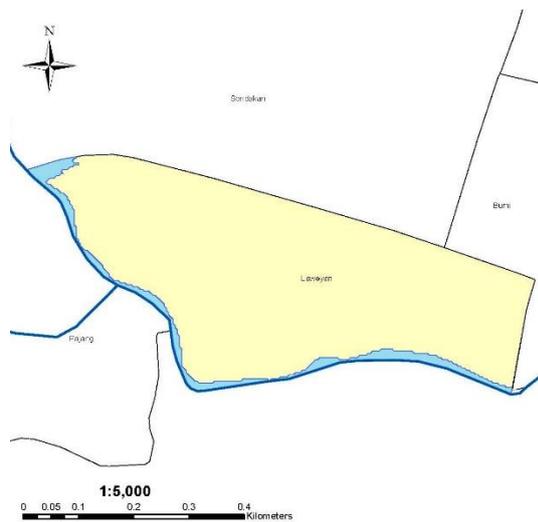
4. Berdasarkan hasil analisis dari HEC-RAS dan pemetaan dari Arc-GIS, didapatkan peta pemetaan banjir untuk periode ulang 5, 10, 25, dan 50 tahun serta banjir dua harian maksimum yang terjadi pada tanggal 31 Desember 2008, dan 1 Januari 2009. Peta pemetaan banjir disajikan dalam Gambar 4-8.



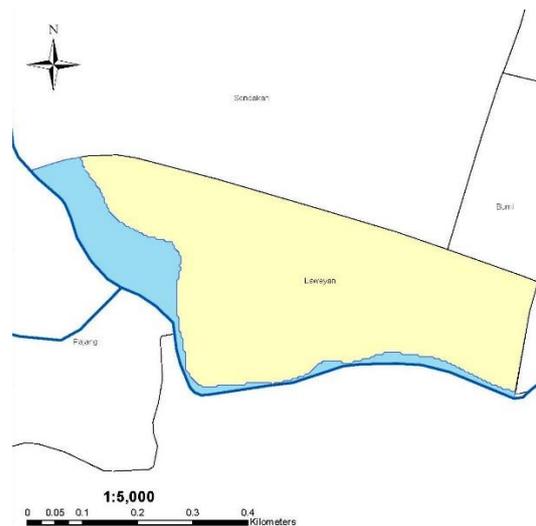
Gambar 7 Pemetaan Banjir Dengan Debit Periode Ulang 5 Tahun



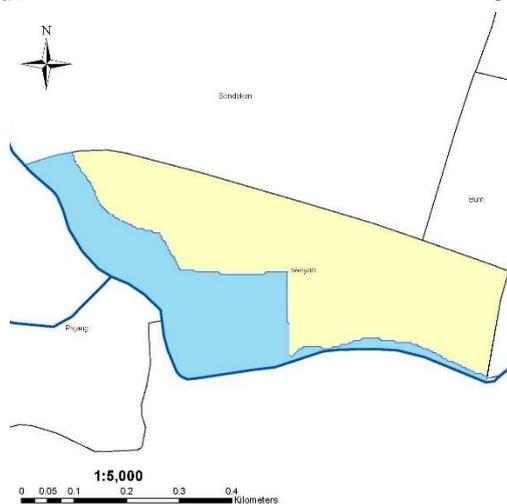
Gambar 8 Pemetaan Banjir Dengan Debit Periode Ulang 10 Tahun



Gambar 9 Pemetaan Banjir Dengan Debit Periode Ulang 25 Tahun



Gambar 10 Pemetaan Banjir Dengan Debit Periode Ulang 50 Tahun



Gambar 11 Pemetaan Banjir Dengan Debit Dua Harian Maksimum

REKOMENDASI

1. Tersedianya data peta digital yang lebih detail,
2. Tersedia peta kontur yang lebih rapat,
3. Memperhitungkan saluran drainase yang ada,
4. Memperhitungkan aliran yang masuk,
5. Mempertimbangkan adanya bangunan di sekitar sungai, agar dapat membuat peta genangan yang lebih akurat dan estimasi kerusakan bangunan.

REFERENSI

- Rintis Hadiani, 2014, Penelusuran Banjir di DAS Temon Dengan Metode Muskingum-Cunge Menggunakan Hidrograd, *Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret*, Surakarta.
- Sri Harto, 1985, Pengkajian Sifat Dasar Hidrograf-Satuan Sungai-sungai di pulau Jawa Untuk Perkiraan Banjir, *Desertasi, Universitas Gajah Mada*, Yogyakarta.