

MITIGASI BANJIR BERDASARKAN HUJAN 3 HARIAN MAKSIMUM TAHUNAN DENGAN SIMULASI PEMASANGAN PARAPET DI KOTA SURAKARTA

Fridya Ikafitri Nurhidayati¹, Rintis Hadiani² dan Adi Yusuf Muttaqien³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta
Email: fridyaikafiti@student.uns.ac.id

²Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta
Email: rintis@ft.uns.ac.id

³Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta
Email: <mailto:adiyusufmuttaqien@staff.uns.ac.id>

ABSTRACT

Surakarta City often floods when there is high rainfall, according to BNPB 2016 three consecutive days of rain can cause flood disasters. Hydrological analysis is needed to determine the flood discharge due to the maximum three-day rain. With the development of TRMM satellite rain data technology can be used in hydrological analysis to overcome the problem of limited data availability at rainfall gauges. The purpose of this research is to determine the value of discharge, inundation area caused by a maximum of three days of rain. In addition, this research also evaluates flood events and determines appropriate efforts in overcoming floodwater runoff by installing parapets. The use of HEC-RAS software in this research is for flood analysis and simulation of parapet installation in areas experiencing river water runoff. The calculated flood discharge is the annual flood discharge from 2000 - 2019. The method of calculating the discharge uses HSS Gama 1. Then flood tracing is carried out to determine the area of inundation that occurs. The process of mapping and determining the extent of flooding that occurred in each sub-district was carried out with the help of software GIS. The highest flood area due to river runoff occurs in Laweyan Subdistrict, which is 45,80 ha. From this location, a parapet installation simulation was carried out as one of the flood mitigation efforts. Simulation of parapet installation was carried out in Pajang Village and Laweyan Village, after simulating parapet installation, the flood area for Laweyan Subdistrict was 2,21 ha.

Keywords: Surakarta City, TRMM, Three-Day Rainfall, River Runoff

ABSTRAK

Kota Surakarta sering terjadi banjir apabila terjadi curah hujan yang tinggi, menurut BNPB 2016 hujan 3 hari berturut-turut dapat menyebabkan bencana banjir. Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan debit banjir akibat hujan 3 harian maksimum. Dengan perkembangan teknologi data hujan satelit TRMM dapat digunakan pada analisis hidrologi untuk mengatasi permasalahan ketersediaan data yang terbatas pada pos penakar curah hujan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan nilai debit, luasan genangan yang disebabkan oleh hujan 3 harian maksimum. Selain itu penelitian ini juga mengevaluasi kejadian banjir dan menentukan upaya yang tepat dalam mengatasi limpasan air banjir dengan pemasangan parapet. Penggunaan *software* HEC-RAS dalam penelitian ini yaitu untuk analisis banjir dan simulasi pemasangan parapet pada daerah yang mengalami limpasan air sungai. Debit banjir yang dihitung merupakan debit banjir tahunan dari Tahun 2000 – 2019. Metode perhitungan debit menggunakan HSS Gama 1. Kemudian dilakukan penelusuran banjir untuk mengetahui luasan genangan yang terjadi. Proses pemetaan dan penentuan luasan banjir yang terjadi pada setiap kecamatan dilakukan dengan bantuan *software* GIS. Luasan banjir akibat limpasan sungai tertinggi terjadi di Kecamatan Laweyan yaitu 45,80 ha dari lokasi tersebut dilakukan simulasi pemasangan parapet sebagai salah satu upaya mitigasi banjir. Simulasi pemasangan parapet dilakukan di Kelurahan Pajang dan Kelurahan Laweyan, setelah dilakukan simulasi pemasangan parapet luasan banjir untuk Kecamatan Laweyan yaitu 2,21 ha.

Kata kunci: Kota Surakarta, TRMM, Hujan 3 harian, Limpasan sungai

1. PENDAHULUAN

Sungai-sungai besar mengalir Kota Surakarta seperti Sungai Pepe dan Sungai Pelem Wulung dapat memberikan manfaat untuk masyarakat sekitar seperti ketersediaan air untuk keperluan sehari-hari. Namun disisi lain sungai

Corresponding Author

E-mail Address: fridyaikafiti@student.uns.ac.id

tersebut dapat memberikan dampak negatif yaitu bencana banjir di beberapa tempat jika terjadi hujan deras dengan durasi yang lama (Pratama dkk., 2019). Salah satu permasalahan tahunan yang sering terjadi dan menyebabkan kerusakan yang cukup besar yaitu banjir karena banjir biasanya terjadi di wilayah yang luas (Utomo dkk., 2019).

Menurut BNPB 2016, jika banjir disebabkan oleh hujan selama tiga hari berturut-turut maka keadaan tersebut dapat dikategorikan sebagai bencana banjir (Ishadi dkk., 2018). Pada penelitian ini menganalisis hujan 3 harian maksimum tahunan untuk mengetahui potensi banjir di Kota Surakarta. Data curah hujan yang digunakan yaitu data dari pos stasiun hujan yang terdekat dengan lokasi penelitian. Pada kenyataannya untuk mendapatkan data tersebut ada beberapa kendala seperti kerusakan alat ukur, keterbatasan data yang diperlukan dan lokasi pos curah hujan yang terbatas. Salah satu teknologi yang dikembangkan adalah TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), dapat dikatakan bahwa data curah hujan TRMM sangat berguna untuk perencanaan khususnya pada bidang ke airan (Jarwanti dkk., 2021).

Permasalahan banjir di Kota Surakarta perlu diatasi dengan mitigasi banjir untuk mengurangi resiko kerugian akibat banjir. Menurut Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2008 Pasal 1 ayat 6 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana mitigasi banjir meliputi model penelusuran dan pemetaan banjir di wilayah rawan banjir. Untuk melakukan penelusuran banjir menggunakan *software* HEC-RAS dengan simulasi pemasangan parapet pada ruas sungai sementara untuk memetakan banjir dan mencari luasan banjir yang terjadi dilakukan dengan bantuan *software* GIS.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan nilai debit banjir 3 harian maksimum tahunan di Kota Surakarta, menentukan luas genangan banjir, menganalisis perubahan luasan genangan banjir setelah dilakukan simulasi pemasangan parapet dan memperoleh peta perubahan luasan genangan banjir sebelum dan sesudah dilakukan simulasi pemasangan parapet. Dari tujuan tersebut diharapkan memberikan manfaat sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan mengenai penanganan banjir di Kota Surakarta. Sehingga mitigasi bencana banjir dapat dilakukan sedini mungkin dan dapat meningkatkan kewaspadaan masyarakat yang berada pada daerah rawan banjir.

2. LANDASAN TEORI

Bencana alam seperti banjir menjadi permasalahan tahunan yang menyebabkan banyak kerusakan hingga kerugian yang besar. Banjir biasanya terjadi di wilayah yang luas oleh karena itu banyak memakan korban jiwa (Utomo dkk., 2019). Faktor lain yang menyebabkan bencana banjir selain tingginya curah hujan yaitu kerusakan ekosistem lingkungan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) dan pengelolaan sumber daya air yang buruk (Raka Buana dkk., 2018). Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu kawasan yang dibatasi oleh titik-titik tinggi dimana air yang berasal dari air hujan yang jatuh, terkumpul dalam kawasan tersebut (Dwipayogo dkk., 2018).

Pengisian Data Hujan yang Hilang

Salah satu metode yang digunakan untuk pengisian data hujan yang hilang yaitu metode. Jarak antar stasiun pos hujan dengan data yang hilang ke stasiun pos hujan yang memiliki data curah hujan yang lengkap menjadi acuan dalam perhitungan.

Uji Konsistensi Data

Pengujian konsisten data dilakukan dengan metode Kurva Massa Ganda (*double mass curve*) dengan membandingkan kumulatif jumlah hujan dan kumulatif rata-rata pada stasiun pos hujan yang ditinjau. Hasil analisis digambarkan dengan garis linier dengan nilai r^2 mendekati 1 apabila hasil analisis tidak mendekati garis linier maka data hujan tersebut harus diperbaiki.

Hujan Wilayah

Untuk mendapatkan perkiraan besaran banjir yang terjadi di suatu penampang sungai tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi harus diketahui pula (Toha dkk., 2019). Pengolahan data hujan stasiun menjadi data hujan wilayah dilakukan untuk mewakili nilai hujan pada wilayah yang ditinjau. Perhitungan hujan wilayah dengan metode poligon *thiessen* karena ini dianggap cukup baik karena mengubah kedalaman hujan berdasarkan luas area yang diwakili (Sahusilawane dkk., 2019).

Verifikasi dan Kalibrasi Data Hujan Satelit

Lokasi pos penakar hujan yang tidak merata, kerusakan alat adalah faktor yang menyebabkan ketersediaan data hujan stasiun yang kurang. Dengan perkembangan teknologi data hujan satelit dapat digunakan untuk melengkapi ketersediaan data dalam analisis hidrologi. Salah satu data hujan satelit yang dapat digunakan di Indonesia yaitu *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) (Krisnayanti dkk., 2020). Perlu adanya kalibrasi dan validasi data hujan satelit terhadap data lapangan (Jarwanti dkk., 2021).

Analisis kalibrasi dilakukan dengan menggunakan persamaan regresi untuk mengetahui nilai korelasi antar data. Persamaan regresi $y = f(x)$ yang membentuk hubungan antara hujan satelit sebagai variabel x dan curah hujan stasiun pengamatan sebagai variabel y (Maulana dkk., 2019). Sedangkan analisis validasi bertujuan untuk mengetahui seberapa akurat data TRMM. Secara matematis indikator statistik pada analisis validasi dapat ditentukan dengan persamaan (1) sampai persamaan (4)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P}_i)^2} \quad (1)$$

$$R = \frac{N \sum_{i=1}^N P_i Q_i - \sum_{i=1}^N P_i \times \sum_{i=1}^N Q_i}{\sqrt{N \sum_{i=1}^N P_i^2 - (\sum_{i=1}^N P_i)^2} \sqrt{N \sum_{i=1}^N Q_i^2 - (\sum_{i=1}^N Q_i)^2}} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)^2}{N}} \quad (3)$$

$$KR = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)}{\sum_{i=1}^N P_i} \times 100\% \quad (4)$$

dengan:

- NSE = Nash-Sutcliffe Efficiency,
- R = koefisien korelasi,
- RMSE = Root Mean Squared Error,
- KR = kesalahan relatif,
- P_i = data observasi (data sebenarnya),
- Q_i = data perkiraan (data hasil estimasi),
- i = data observasi rata-rata,
- N = jumlah data.

Distribusi Sebaran

Distribusi sebaran menggambarkan peluang dari sekumpulan varian sebagai pengganti frekuensinya. Peluang kumulatif dari sebuah varian adalah peluang dari suatu variabel acak yang mempunyai nilai sama atau kurang dari suatu nilai tertentu (Muntu dkk., 2019). Pemilihan distribusi sebaran dengan beberapa metode yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson III. Parameter-parameter yang digunakan sebagai langkah awal penentuan jenis distribusi adalah koefisien skewness (Cs), koefisien variasi (Ck) dan koefisien kurtosis (Cv) (Gaghana dkk., 2019)

Uji Kecocokan Sebaran

Uji kecocokan sebaran untuk mengetahui kecocokan analisis curah hujan rencana terhadap simpangan data vertikal dan horizontal dengan uji kecocokan *Chi-Square* dan uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof*, sehingga diketahui distribusi yang dipilih dapat diterima atau tidak berdasarkan nilai simpangan terkecil (Sebayang & Parlina, 2018).

Hujan Efektif

Hujan efektif adalah jumlah hujan yang dikurangi dengan kehilangan air atau sebagian dari hujan yang mengalir langsung ke sungai. Perhitungan hujan efektif dipengaruhi oleh koefisien limpasan. Dalam buku Bambang Triatmodjo 2008 nilai koefisien limpasan bervariasi dari 0 hingga 100 yang dipengaruhi oleh faktor tata guna lahan seperti tipe tanah dan luas lahan.

Waktu Konsentrasi

Waktu yang dibutuhkan air untuk bergerak dari titik aliran terjauh di suatu DAS ke titik pelepasan disebut waktu konsentrasi. Sesuai dengan peraturan SNI 2415:2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana, rumus *kirpich* digunakan dalam penelitian ini.

Intensitas Hujan

Kedalaman atau tinggi air hujan pada jangka waktu tertentu dalam satuan waktu didefinisikan sebagai intensitas hujan (Hidayat & Suyanto, 2021).

HSS Gama 1

Hidrograf limpasan langsung yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang tercatat di ujung hilir DAS dengan intensitas tetap pada durasi waktu tertentu terjadi secara merata di permukaan DAS. Karakter fisik DAS menjadi dasar penentuan konsep Hidrograf Satuan Sintesis (Sembiring dkk., 2019). Karakteristik DAS yang memiliki parameter-parameter tertentu. Parameter yang sering digunakan untuk analisis yaitu ordo sungai, panjang sungai, jumlah pertemuan sungai, luas DAS dan keandaian DAS. Pengenalan metode penetapan tingkat sungai HSS Gama 1 digunakan sesuai dengan pendekatan Strahler (Chow, 1989). Perhitungan HSS Gama 1 dilakukan dengan Persamaan (5) sampai dengan persamaan (9)

$$Qt = Qp \cdot e^{-t/K} \quad (5)$$

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100 SF} \right)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775 \quad (6)$$

$$Qp = 0,1836 A^{0,5886} JN^{0,2381} TR^{-0,4008} \quad (7)$$

$$TB = 27,4132 TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574} \quad (8)$$

$$K = 0,5617 A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452} \quad (9)$$

dengan:

Qt	= debit puncak hidrograf satuan sintesis (m ³ /s),
Qp	= debit puncak (m ³ /s),
t	= waktu yang diukur dari saat terjadinya debit puncak (jam),
K	= koefisien-tampung (jam),
TR	= waktu naik (jam),
L	= panjang sungai (km),
A	= luas DAS (km ²),
SF	= faktor sumber (tidak berdimensi),
SIM	= faktor simetri (tidak berdimensi),
JN	= jumlah pertemuan sungai berbeda (tidak berdimensi),
TB	= waktu dasar,
S	= kemiringan sungai,
SF	= faktor sumber,
SN	= frekuensi sumber,
RUA	= luas DAS di hulu,
D	= kerapatan jaringan kuras.

Analisis Banjir dengan HEC-RAS

Pada dasarnya, analisis hidrolika adalah analisis perilaku air terhadap sungai. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui kemampuan sungai untuk mengalirkan debit, mencakup analisis kapasitas pengaliran sungai sesuai kondisi topografi sungai (Budiyanto dkk., 2021).

Software HEC-RAS membantu perhitungan profil aliran hidrolika untuk menentukan kapasitas penampungan sungai dan titik rawan limpasan. Pada software ini juga bisa dilakukan simulasi pemasangan parapet pada titik-titik limpasan. Pemasangan parapet sebagai salah satu cara mitigasi banjir, dengan pemasangan parapet diharapkan bisa mengurangi limpasan yang diakibatkan oleh aliran sungai.

Pemetaan Banjir dengan GIS

GIS (*Geographic Information System*) merupakan salah satu teknologi komputer yang dapat membantu proses pemetaan lokasi rawan banjir, sehingga diharapkan bisa digunakan sebagai acuan untuk mengambil keputusan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Tujuannya adalah untuk menggambarkan dan mengungkapkan masalah yang terkait dengan banjir. Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data hingga mendapatkan hasil akhir yaitu peta potensi banjir dan mitigasi yang bisa dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pada penelitian ini menggunakan data sekunder meliputi:

1. Data curah hujan tahun 2000 sampai 2019 yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo. Stasiun hujan terdekat yang digunakan yaitu Stasiun Pabelan, Stasiun Mojolaban dan Stasiun Baki.
2. Data Hujan TRMM dari Tahun 2000 sampai 2019
3. Peta Administrasi Kota Surakarta
4. Peta DEM Kota Surakarta yang didapatkan dari Badan Informasi Geospasial (BIG) skala 1:25.000

Data diatas kemudian diolah menggunakan beberapa perangkat digital sebagai berikut:

1. *Microsoft excel* untuk pengolahan dan analisis data
2. *Google earth* untuk mengetahui lokasi koordinat masing-masing stasiun hujan
3. HEC-RAS untuk analisis banjir dan simulasi pemasangan parapet
4. GIS untuk memetakan wilayah banjir

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perhitungan debit banjir menggunakan data hujan dari pos penakar hujan yang terdekat dengan lokasi penelitian yaitu Stasiun Hujan Baki, Stasiun Hujan Mojolaban dan Stasiun Hujan Pabelan. Dari data hujan stasiun tersebut kemudian dilakukan kalibrasi dan validasi menggunakan data hujan satelit TRMM.

Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan dua metode regresi yaitu regresi linier dan regresi *random fores*, didapatkan persamaan $y = f(x)$ pada masing-masing metode. Persamaan tersebut digunakan untuk mencari nilai koreksi. Berdasarkan dari hasil analisis validasi yang dilakukan terhadap data TRMM dan data stasiun hujan berdasarkan indikator statistik.

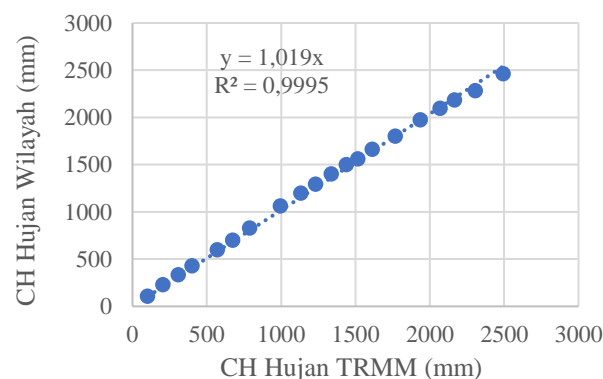
Tabel 1 Validasi Data Metode Regresi Linier

Indikator Statistik	Regresi Linier	
	Nilai	Keterangan
NSE	-0,6528	Tidak memenuhi
R	0,5647	Sangat rendah
RMSE	50,3796	
KR	5,0%	

Tabel 2 Validasi Data Metode Regresi *Random Fores*

Indikator Statistik	Regresi Linier	
	Nilai	Keterangan
NSE	0,8713	Baik
R	0,9351	Sangat kuat
RMSE	14,0557	
KR	1,2%	

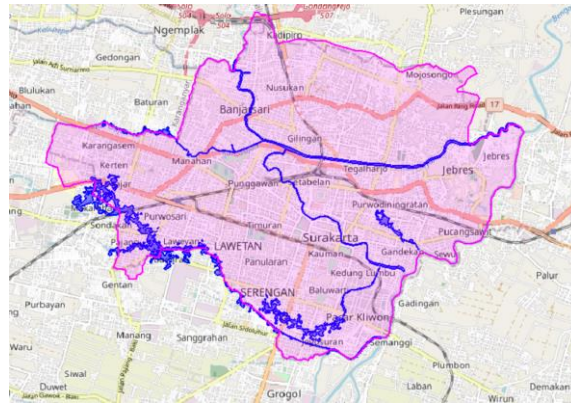
Dapat disimpulkan bahwa hasil validasi untuk metode regresi *random fores* menunjukkan hasil yang paling baik dari dua metode lainnya. Persamaan yang didapat adalah $y = 1,019x$. Dengan variabel y adalah data hujan stasiun dan data x adalah data hujan TRMM.



Gambar 1 Scater Plot Metode Regresi Random Forest

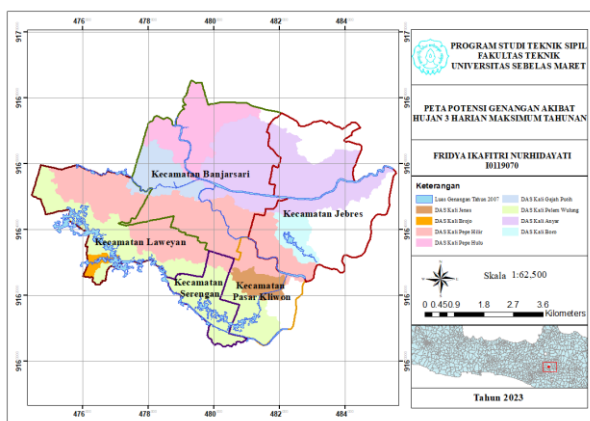
Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan debit banjir rencana dari tahun 2000 sampai 2019 dengan metode HSS Gama 1 untuk masing-masing DAS. Nilai debit maksimum terjadi pada Tahun 2007 yaitu, DAS Kali Pepe Hulu 15,51 m³/dt, DAS Kali Anyar 85,58 m³/dt, DAS Kali Gajah Putih 13,34 m³/dt, DAS Kali Boro 10,09 m³/dt, DAS Kali Jenes 13,04 m³/dt, DAS Kali Pepe Hilir 107,90 m³/dt, DAS Kali Pelem Wulung 45,75 m³/dt dan Kali Brojo 4,77 m³/dt.

Dari hasil running HEC-RAS didapatkan luasan genangan banjir. Penelusuran banjir dilakukan dari Tahun 2000 sampai Tahun 2019. Hasil running luasan genangan banjir dapat dilihat pada Gambar 2.

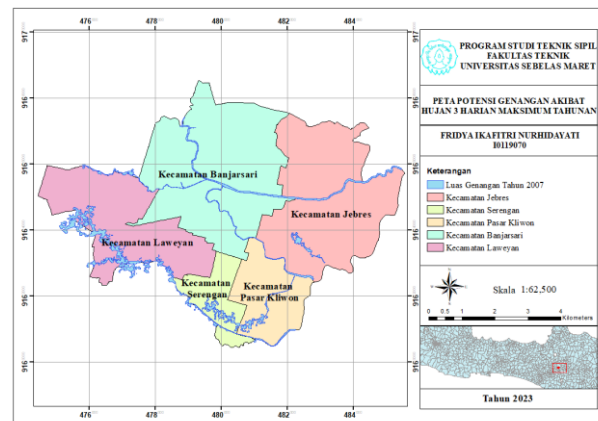


Gambar 2 Hasil *Running* Luasan Genangan Banjir

Dari hasil analisis terdapat beberapa daerah yang mengalami banjir seperti Kecamatan Laweyan, Kecamatan Serengan, Kecamatan Pasar Kliwon dan Kecamatan Jebres. Kemudian dilakukan *export layer* dari *software* HEC-RAS untuk kemudian dilakukan pemetaan banjir menggunakan GIS. Banjir di Kecamatan Laweyan akibat luapan sungai pada DAS Pelem Wulung dan DAS, banjir di Kecamatan Serengan dan Kecamatan Pasar Kliwon akibat luapan dari sungai Jenes dan banjir di Kecamatan Pasar Jebres akibat luapan sungai Boro. Hasil pemetaan banjir akibat hujan 3 harian maksimum dan pengaruh masing-masing DAS dapat dilihat pada Gambar 3. Selanjutnya dilakukan tinjauan luasan genangan banjir pada masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 3 Pemetaan Banjir berdasarkan Pengaruh DAS



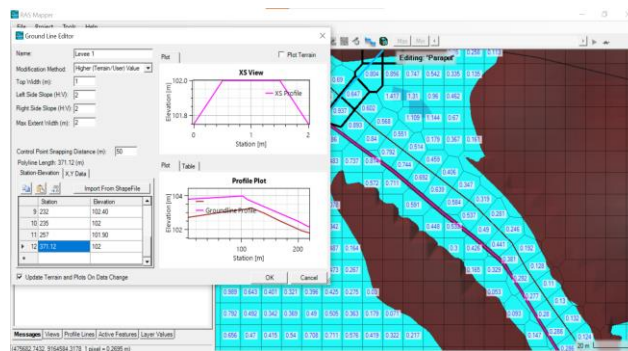
Gambar 4 Pemetaan Banjir berdasarkan Kecamatan

Tabel 3 Hasil Rekapitulasi Luas Genangan di Setiap Kecamatan

Tahun	Luas Genangan (Ha)			
	Kec.Laweyan	Kec. Serengan	Kec. Pasar Kliwon	Kec. Jebres
2000	32,52	9,30	8,98	4,93
2001	32,54	9,36	9,03	5,03
2002	32,70	9,41	9,07	5,07
2003	31,30	8,97	8,68	4,75
2004	41,69	13,08	10,99	6,88
2005	32,55	9,36	9,03	5,05
2006	32,55	9,36	9,03	5,05

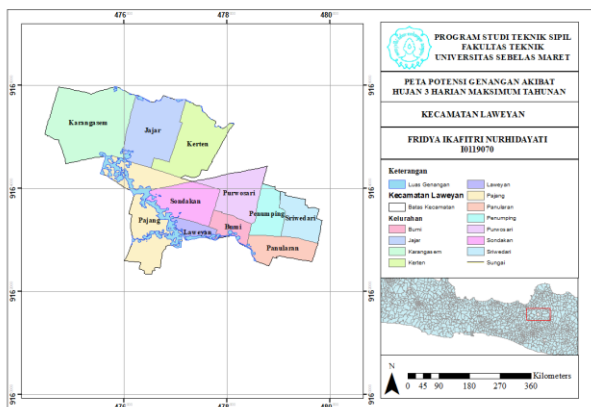
2007	45,80	16,13	12,13	7,72
2008	38,13	11,15	10,22	6,04
2009	31,75	9,12	8,82	4,88
2010	33,19	9,58	9,18	5,17
2011	32,20	9,27	8,95	4,97
2012	30,09	8,45	8,07	4,28
2013	31,86	9,15	8,85	4,93
2014	39,91	11,97	10,63	6,44
2015	41,52	12,90	10,95	6,81
2016	37,46	10,94	10,08	5,76
2017	31,58	9,08	8,79	4,86
2018	38,42	11,27	10,29	6,10
2019	43,76	14,41	11,52	7,28

Dari hasil rekapitulasi dapat diketahui untuk luasan banjir maksimum terjadi pada Tahun 2007. Untuk analisis selanjutnya digunakan data pada Tahun 2007 karena dianggap mewakili potensi banjir maksimum. Selanjutnya dilakukan mitigasi banjir dengan simulasi pemasangan parapet pada daerah yang mengalami limpasan aliran sungai, daerah yang dipilih yaitu pada Kecamatan Laweyan akibat luapan dari tempuran Kali Pelem Wulung dan Kali Brojo. Mengidentifikasi lokasi yang akan dipasang parapet, pemasangan parapet disesuaikan dengan elevasi limpasan yang terjadi. Pada *software* HEC-RAS dilakukan modifikasi *terrain* dengan fitur *high ground*, kemudian dilakukan *running* kembali.

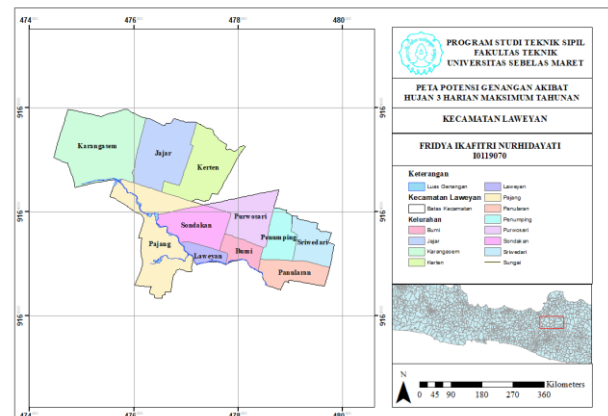


Gambar 5 Modifikasi *Terrain*

Luasan genangan banjir sebelum dilakukan simulasi pemasangan parapet yaitu 45,80 ha kemudian luasan genangan banjir setelah dilakukan simulasi pemasangan parapet yaitu 2,21 ha. Hasil pemetaan luasan genangan banjir pada kondisi sebelum dan sesudah dilakukan simulasi pemasangan parapet dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7

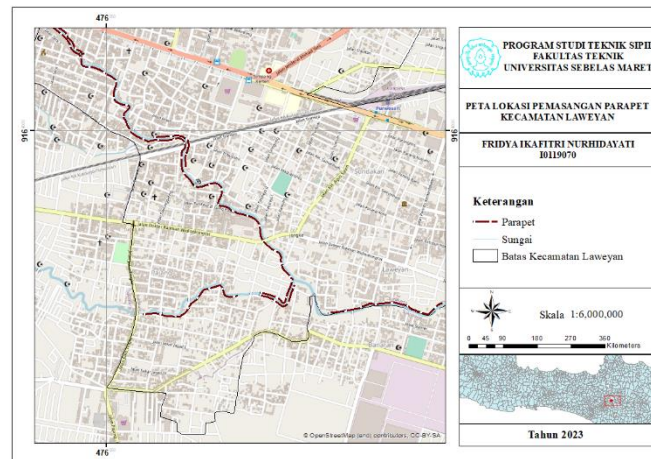


Gambar 6 Hasil Pemetaan Sebelum Dipasang Parapet



Gambar 7 Hasil Pemetaan Sesudah Dipasang Parapet

Simulasi pemasangan parapet dilakukan pada kelurahan yang mengalami dampak limpasan air sungai paling tinggi yaitu Kelurahan Pajang dan Kelurahan Sondakan. Hasil pemetaan lokasi pemasangan parapet dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 8 Hasil Pemetaan Lokasi Pemasangan Parapet

5. KESIMPULAN

Pemetaan banjir yang dilakukan menggunakan debit banjir tahun 2007 sudah dianggap melebihi potensi banjir maksimum yang ada Di Kota Surakarta. Pemetaan Banjir yang dilakukan setelah pemasangan parapet bisa dilakukan sebagai salah satu upaya mitigasi bencana untuk mengatasi permasalahan banjir di Kecamatan Laweyan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta
- Badan Nasional Peanggulangan Bencana (BNPB), 2016. *Risiko Penanggulangan Bencana Indonesia*. Jakarta
- Budiyanto, M. A., Purwoko, F., & Arifin, M. (2021). Kajian Kapasitas Sungai Buaya Kabupaten Halmahera Timur. *CivETech*. <https://jurnal.ucy.ac.id/index.php/CivETech/article/view/1057>
- Dwipayogo, B., Sisingih, D., & Priyantoro, D. (2018). Studi Perencanaan Tanggul Banjir Di Sungai Bengawan Solo Pada Ruas Kota Surakarta, Jawa Tengah. *Jurnal Pengairan*, 1–9.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill. Singapore
- Gaghana, M., Binilang, A., & Hendratta, L. A. (2019). Analisis Kapasitas Penampang Sungai di Kelurahan Tona 1 Kabupaten Sangihe. *Jurnal Sipil Statik*. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/23394>
- Hidayat, N., & Suyanto, H. (2021). Analisis Genangan Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) (Studi Kasus: Saluran Drainase Primer Di Kecamatan Jekan Raya Kota Palangka Raya). *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*. <https://e-journal.upr.ac.id/index.php/JT/article/view/4526>
- Ishadi, N. K., Hadiani, R. R. R., & Suryandari, E. S. (2018). Penelusuran Banjir Berdasarkan Analisis Metode Kinematik Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) Di Kelurahan Sangkrah, Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 6(3), 530–541. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v6i3.36562>
- Jarwanti, D. P., Suhartanto, E., & Fidari, J. S. (2021). *Validasi Data Curah Hujan Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) dengan Data Pos Penakar Hujan di DAS Grindulu , Kabupaten Pacitan , Jawa Timur*. 1(2), 772–785.
- Krisnayanti, D. S., Welkis, D. F. B., Hepy, F. M., & Legono, D. (2020). *Evaluasi Kesesuaian Data Tropical Rainfall Measuring Mission (Trmm) Dengan Data Pos Hujan Pada Das Temef Di Kabupaten Timor Tengah Selatan Compability Evaluation Of Tropical Rainfall Measuring Mission Data With In-Situ Rainfall Data For Temef Watershed*. D(1), 51–62.
- Maulana, H., Suhartanto, E., & Harisuseno, D. (2019). *Analysis of Water Availability Based on Satellite Rainfall in the Upper Brantas River Basin*. 4(2), 393–398.
- Muntu, A. D., Sumarawu, J. S. F., & Mananoma, T. (2019). Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir Di Sungai Sesayap Kalimantan Utara. *Jurnal Sipil Statik*. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/26136>
- Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2008 Pasal 1 ayat (6) tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana
- Pratama, B. H., Hadiani, R. R. R., & Setiono, S. (2019). Analisis Banjir Tahunan Kota Surakarta Menggunakan Watershed Modelling System (Wms). *Matriks Teknik Sipil*, 7(3), 294–305. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v7i3.36499>
- Raka Buana, M. Z., Hadiani, R. R. R., & Suryandari, E. S. (2018). Analisis Banjir Dengan Metode Muskingum Cunge Dan Sistem Informasi Geografis (Sig) Di Kelurahan Banyuanyar, Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 6(4), 613–

620. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v6i4.36534>
- Sahusilawane, G., Sumarauw, J. S. F., & Tangkudung, H. (2019). Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Berbagai Kala Ulang Banjir di Sungai Lobong, Kecamatan Tutuyan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. *Jurnal Sipil Statik*. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/23402>
- Sebayang, I. S. D., & Parlina, M. (2018). Analisis Banjir dan tinggi Muka Air Pada Ruas Sungai Ciliwung STA 7+646 s/d STA 15+049. In *Jurnal Forum Mekanika*. core.ac.uk. <https://core.ac.uk/download/pdf/268601654.pdf>
- Sembiring, F. D. A., K, D. I., & Gama, I. (2019). Analisis Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dan SCS (HEC- HMS) dengan Hidrograf Satuan Terukur di Sungai Way Besai. 1(1), 103–112.
- SNI 2415:2016. (2016). Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana. *Badan Standar Nasional*.
- Soemarto, C. D., 1986. Hidrologi Teknik. Erlangga. Jakarta.
- Soewarno. 1995. Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1. Penerbit Nova. Bandung.
- Toha, J. R. S., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2019). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Di Sungai Poigar Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/26037>
- Utomo, E. S., Hadiani, R. R. R., & Suryandari, E. S. (2019). Analisis Banjir Dan Pemetaan Kawasan Terdampak Banjir Di Kelurahan Laweyan, Kota Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 7(3). <https://doi.org/10.20961/mateksi.v7i3.36489>