

## Pemetaan Area Genangan Banjir Menggunakan Model HEC-RAS 2D dan GIS Pada DAS Pacal Kabupaten Bojonegoro

Yuliani Wahyu Sardana<sup>1</sup>, Suripin<sup>2</sup>, Hari Nugroho<sup>3</sup>, Mrabawani Insan Rendra<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>4</sup> Departemen Teknik Sipil, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Bojonegoro

e-mail: <sup>1</sup>yulianiwahyusardana25@gmail.com, <sup>2</sup>suripin.ar@gmail.com, <sup>3</sup>harinugroho66@yahoo.co.id, <sup>4</sup>m.insanrendra@gmail.com

### Abstrak

Daerah Aliran Sungai (DAS) Pacal sering terjadi banjir secara berkala ketika terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi. Hal tersebut membuat banyak kerugian yang dialami terhadap apa saja yang berada di area genangan banjir baik fisik maupun nonfisik. Pemetaan terhadap area genangan banjir perlu dilakukan guna menjadi informasi terhadap daerah yang rawan terhadap genangan akibat meluapnya Sungai Pacal. Sehingga dapat mengurangi kerugian yang ada. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memetakan area genangan banjir yang terjadi pada DAS Pacal beserta luasannya dengan menggunakan perangkat lunak *Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System* (HEC-RAS) dengan model 2D (*two dimensional*) *unsteady flow analysis* dan kemudian memetakannya dalam *Geographical Information Systems* (GIS). Peta yang dihasilkan yaitu peta genangan banjir pada periode ulang 100 tahun, 500 tahun dan 1000 tahun dengan masing-masing luasan area genangan sebesar 15.04 km<sup>2</sup> untuk debit periode ulang 100 tahun, 15.51 km<sup>2</sup> untuk debit periode ulang 500 tahun dan 16.45 km<sup>2</sup> untuk debit periode ulang 1000 tahun.

**Kata Kunci** : Pemetaan Genangan Banjir, HEC-RAS, Analisis Aliran Tidak Stabil 2D, GIS

### Abstract

*The Pacal watershed often floods periodically when there is high intensity rain. This makes a lot of losses experienced to anything in the flood inundation area, both physical and nonphysical. Mapping of flood inundation areas needs to be done to be information on areas that are prone to inundation due to the overflow of the Pacal River. So as to reduce existing losses. Therefore, this study aims to map the area of flood inundation that occurs in the Pacal watershed and its extent using Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System (HEC-RAS) software with a 2D (two-dimensional) unsteady flow analysis model and then map it in Geographical Information Systems (GIS). The resulting map is a map of flood inundation in the 100-year, 500-year and 1000-year re-periods with each inundation area of 15.04 m<sup>2</sup> for 100-year re-period discharge, 15.51 km<sup>2</sup> for 500-year re-period discharge and 16.45 m<sup>2</sup> for 1000-year repeat period discharge.*

**Keywords**: *Flood Inundation Mapping, HEC-RAS, 2D Unsteady Flow Analysis, GIS*

## 1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan peristiwa lokal berumur pendek yang dapat terjadi secara tiba-tiba tanpa peringatan yang disebabkan oleh hujan terus menerus sehingga menjadikan kuantitas lebih besar dari biasanya atau meluapnya air sungai ke tepi sungai bahkan keduanya terjadi sekaligus [1]. Memprediksi luas dan terjadinya kejadian banjir selalu menjadi tantangan bagi pihak-pihak yang terlibat dalam mengelola banjir [2]. Pemetaan area banjir sangat penting dilakukan untuk melindungi rumah, infrastruktur, dan properti di area banjir [3]. Pemetaan area banjir berperan penting dalam pengambilan kebijakan pengendalian banjir dan dapat memberikan informasi yang berkaitan dengan potensi kerentanan suatu wilayah, pemetaan area banjir juga bisa digunakan sebagai bahan evaluasi untuk mengetahui keuntungan dan kerugian dari tindakan yang diambil dalam pengendalian banjir [4]. Selain itu, pemetaan area banjir digunakan dalam perencanaan lahan dan pengelolaan daerah aliran sungai [5]. Beberapa studi terdahulu [6]–[8] baik yang dilakukan di luar maupun dalam negeri, pemetaan area genangan banjir telah berhasil dilakukan dengan menerapkan versi terbaru dari model 2D HEC-RAS dan GIS dimana membuktikan kemampuannya dalam memprediksi hasil yang akurat. GIS merupakan sistem informasi spasial yang dapat digunakan untuk mitigasi bencana salah satunya bencana banjir [9]. Sedangkan HEC-RAS dapat digunakan untuk memetakan banjir secara langsung pada peta sebuah wilayah sehingga dapat terlihat seberapa besar wilayah yang terkena dampak banjir [10].

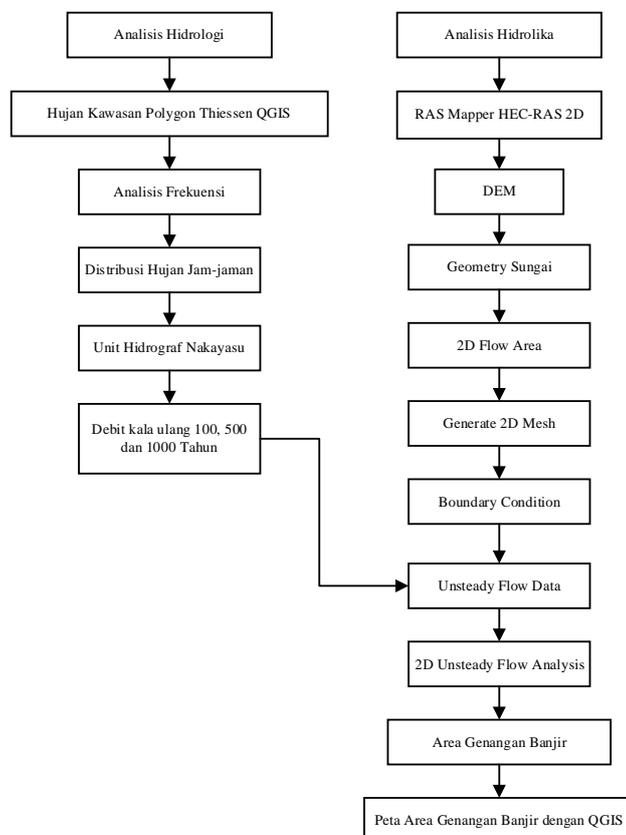
Curah hujan tinggi yang berkepanjangan dengan parahnya kondisi DAS yang tidak mampu menahan air hujan sehingga menimbulkan aliran permukaan yang besar menjadi pemicu permasalahan banjir pada DAS Pacal [11]. Dampak atas banjir yang terjadi tidak hanya merendam pemukiman penduduk tapi juga daerah pertanian warga sekitar yang terendam hingga berhari-hari yang selalu

merugikan masyarakat sekitar dan juga sektor pertaniannya [12]. Pengendalian terhadap kejadian banjir yang terjadi pada DAS Pacal perlu dilakukan. Namun, tanpa mengetahui daerah mana yang terdampak banjir terlebih dahulu maka pengendalian banjir yang dilakukan akan menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memetakan area genangan banjir yang terjadi pada DAS Pacal beserta luasannya dengan menggunakan model HEC-RAS dan GIS.

## 2. METODE PENELITIAN

Pemetaan area genangan banjir dilakukan dengan pemodelan menggunakan software HEC-RAS 6.3.1 model 2D dan juga QGIS 3.12.2 dengan beberapa data yang diperlukan untuk mendapatkan hasil yang akurat. Data yang dibutuhkan yaitu berupa peta DEM (*Digital Elevation Model*), data curah hujan dengan panjang untuk 20 tahun, peta administrasi dan peta penggunaan lahan, dan peta jenis lahan. Langkah awal yang dilakukan yaitu melakukan analisis hidrologi dengan menghitung hujan kawasan menggunakan metode *polygon thiessen* dengan bantuan QGIS. Kemudian dilakukan analisis frekuensi dengan metode *log pearson type III* yang dilanjutkan menghitung distribusi hujan jam-jaman dimana durasi jam-jaman digunakan metode *Australian Rainfall Runoff (ARR)* dan distribusi hujan menggunakan metode ABM. Setelahnya hasil hujan jam-jaman digunakan untuk menghitung unit hidrograf Nakayasu dan akan menghasilnya debit banjir Sungai Pacal periode ulang 100, 500 dan 1000 tahun.

Langkah selanjutnya yaitu analisis hidrolika dengan bantuan HEC-RAS yang diawali dengan memodelkan geometri sungai pada RAS Mapper di HEC-RAS dengan peta DEM. Kemudian membentuk 2D flow area sesuai dengan batas DAS Pacal dan dilanjutkan dengan melakukan generate mesh pada area yang telah dibuat. Setelahnya menentukan kondisi batas (*boundary condition*) dimana bagian hulu merupakan input dari debit sungai sedangkan bagian hilir merupakan input dari tinggi muka air Sungai Bengawan Solo. Selanjutnya yaitu input data unsteady flow dan dilakukan analisis menggunakan analisis 2D *unsteady flow analysis* untuk mendapatkan output area genangan banjir yang terjadi. Gambar 1 menjelaskan alur penelitian yang akan dilakukan.



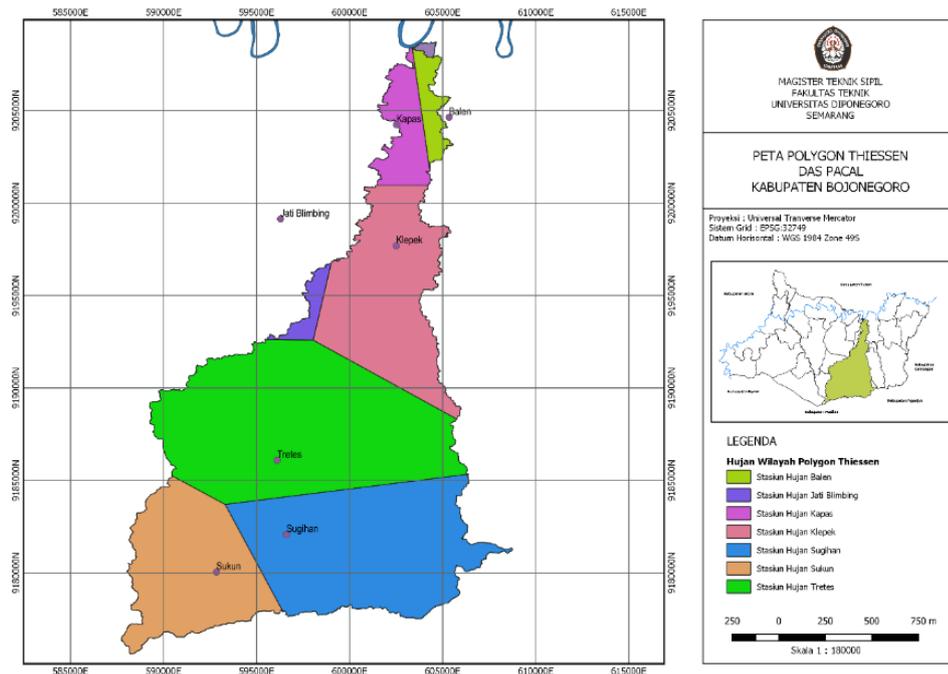
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 3.1. Analisis Hidrologi

### 3.1.1. Hujan Kawasan *Polygon Thiessen*

Hujan kawasan dihitung dengan bantuan QGIS dan menggunakan metode *polygon thiessen*. Gambar 2 menunjukkan *polygon thiessen* hujan kawasan DAS Pacal yang menggunakan data hujan harian selama 20 tahun (2002-2021) pada 7 stasiun hujan.



Gambar 2. Polygon thiessen DAS Pacal

### 3.1.2. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dilakukan dengan menggunakan metode *log pearson type III* untuk menghitung periode ulang curah hujan yang dirancang. Tabel 1 menunjukkan curah hujan yang dihasilkan dimana didapatkan curah hujan rencana untuk periode ulang 100 tahun bernilai 98.924mm, pada periode ulang 500 tahun bernilai 103.254 mm dan periode ulang 1000 tahun bernilai 112.474 mm.

Tabel 1. Curah Hujan Rencana Periode Ulang DAS Pacal

Periode (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
100	98.924
500	103.254
1000	112.474

### 3.1.3. Distribusi Hujan Jam-Jaman

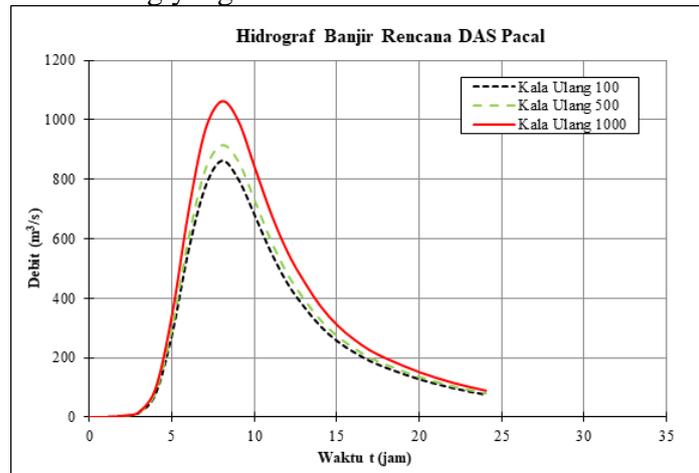
Durasi hujan rancangan dihitung menggunakan metode Australian Rainfall Runoff (ARR) dan perhitungan distribusi hujan rancangan menggunakan metode ABM. Tabel 2 menyajikan hasil distribusi hujan jam-jaman pada periode ulang 100, 500 dan 1000 tahun di setiap durasi jam.

Tabel 2. Distribusi Hujan Rencana Jam-Jaman DAS Pacal

Jam	Distribusi hujan jam-jaman (mm)		
	P100	P500	P1000
1	5.04	5.26	5.73
2	6.44	6.72	7.33
3	9.58	10.00	10.90
4	52.56	54.86	59.76
5	13.66	14.26	15.53
6	7.63	7.96	8.67
7	5.63	5.88	6.40

### 3.1.4 Debit Banjir Rencana

Hidrograf satuan Nakayasu ditambahkan untuk mendapatkan kurva hidrograf banjir rencana pada DAS Pacal. Hasil yang didapatkan untuk periode ulang 100 tahun memiliki debit puncak sebesar 860.6 m<sup>3</sup>/s, pada periode ulang 500 tahun bernilai 914.5 m<sup>3</sup>/s, dan untuk periode ulang 1000 tahun memiliki debit puncak sebesar 1062.6 m<sup>3</sup>/s. Gambar 3 menunjukkan kurva hidrograf banjir rencana untuk masing-masing periode ulang yang ditentukan.

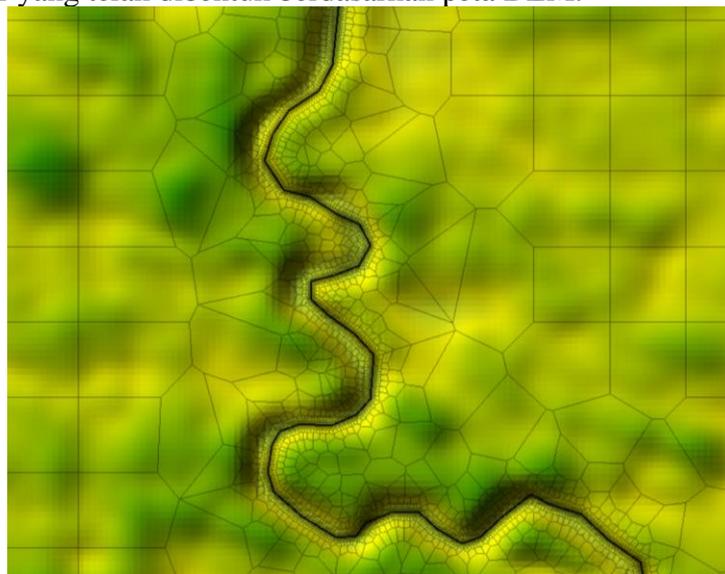


Gambar 3. Hidrograf banjir rencana DAS Pacal

### 3.2. Analisis Hidrolika HEC-RAS

#### 3.2.1. Geometri Sungai Pacal

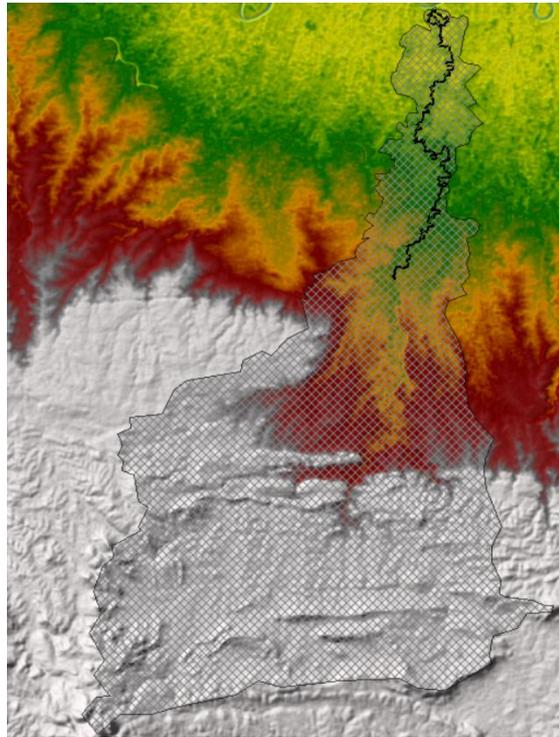
Geometri Sungai Pacal didapatkan dengan memasukkan peta DEM kedalam RAS Mapper untuk mendapatkan penampang sesuai dengan kondisi realita di lapangan. Gambar 4 menunjukkan geometri Sungai Pacal pada hilir yang telah dibentuk berdasarkan peta DEM.



Gambar 4. Geometri Sungai Pacal

#### 3.2.2. Membuat 2D Flow Area dan Generate 2D Mesh

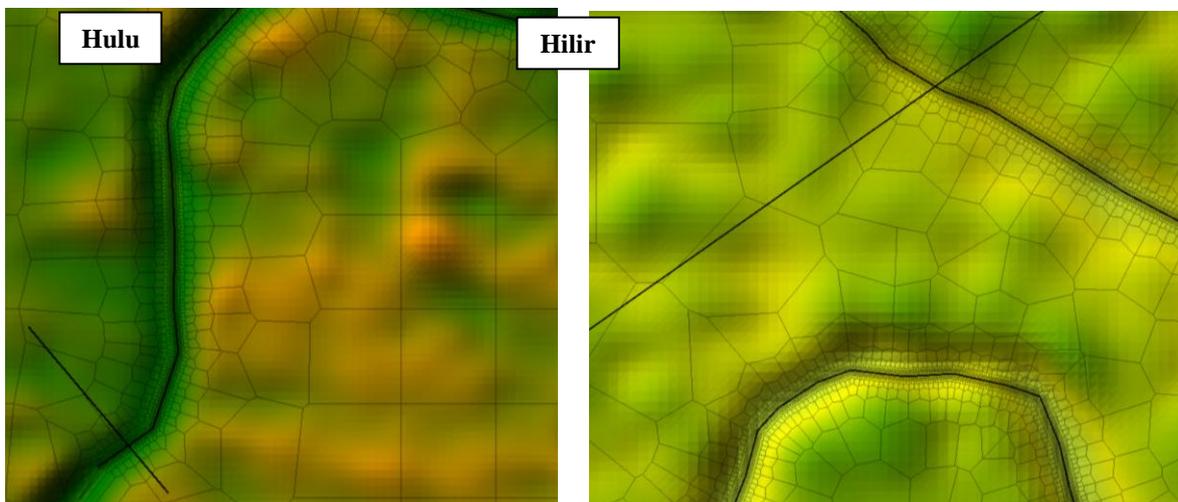
2D flow area dibentuk dengan memasukkan shapefile DAS Pacal untuk digunakan sebagai batas area pengaliran yang ditentukan. Area dibagi menjadi beberapa *cell* untuk komputasi yang lebih cepat. Besar pembagian *cell* yang digunakan untuk DAS Pacal ini ialah dengan rasio 200 : 200 sedangkan untuk bagian sungai digunakan rasio 1 : 3. Besar kecilnya pembagian akan mempengaruhi akurasi perhitungan serta kecepatan dalam melakukan perhitungan. Setelahnya dapat dilakukan generate 2D Mesh pada area yang telah dibentuk untuk menghasilkan *cell* yang sesuai. Gambar 5 menggambarkan 2D flow area yang dibentuk pada DAS Pacal.



Gambar 5. 2D flow area DAS Pacal

### 3.2.4. Boundary Condition

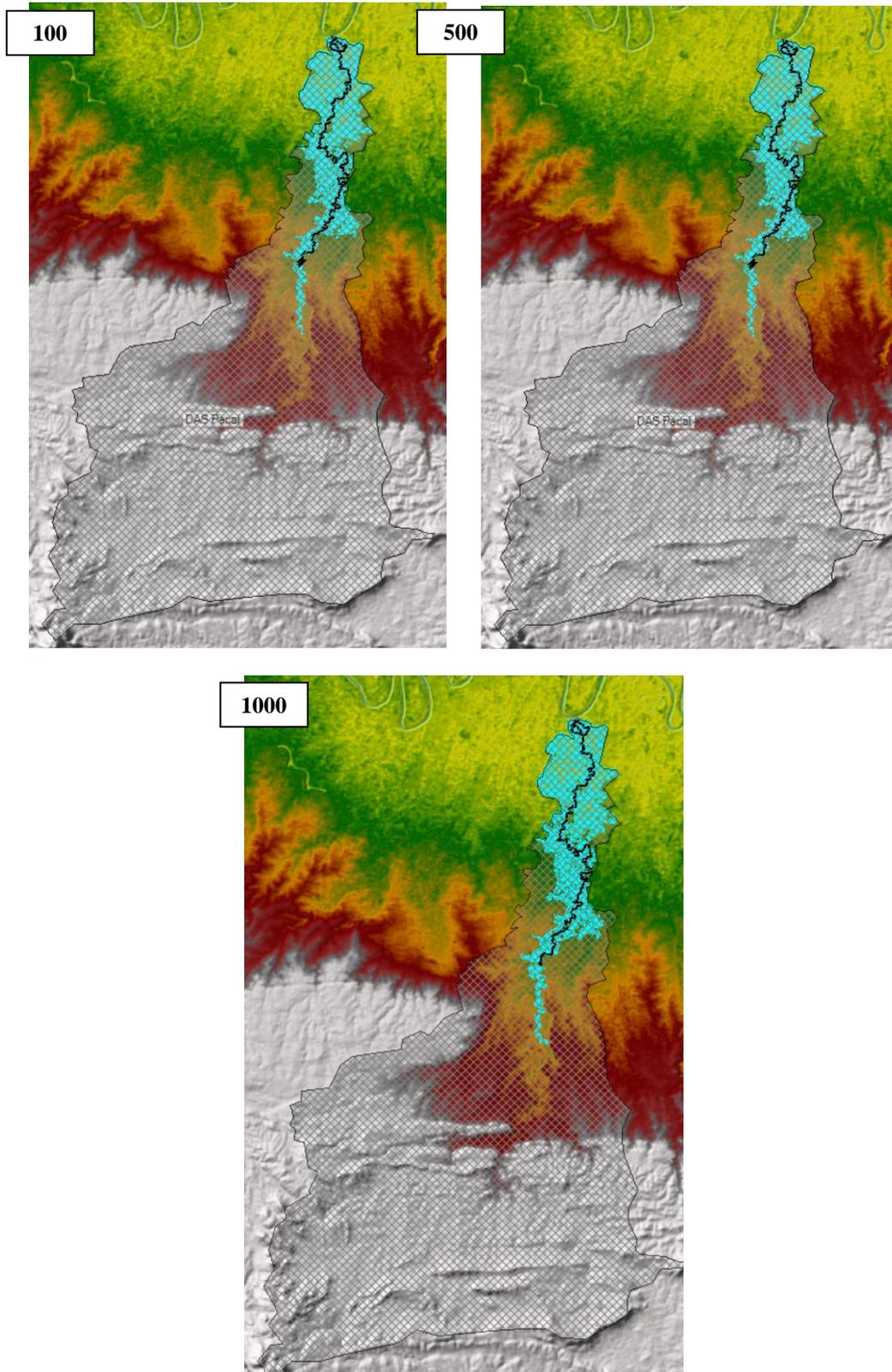
Kondisi batas atau *boundary condition* diberikan dan dibentuk pada bagian hulu dan hilir Sungai Pacal berupa garis melintang sungai dimana untuk bagian hulu nantinya akan dimasukkan hidrograf debit rencana yang telah dihasilkan pada perhitungan sebelumnya yang tersaji pada Gambar 3 sedangkan untuk bagian hilir dimasukkan kondisi batas berupa hidrograf tinggi muka air dari Sungai Bengawan Solo. Sedangkan Gambar 6 menunjukkan pembentukan *boundary condition* pada hulu dan hilir Sungai Pacal.



Gambar 6. Boundary Condition Hulu dan Hilir Sungai Pacal

### 3.2.5. Unsteady Flow Analysis

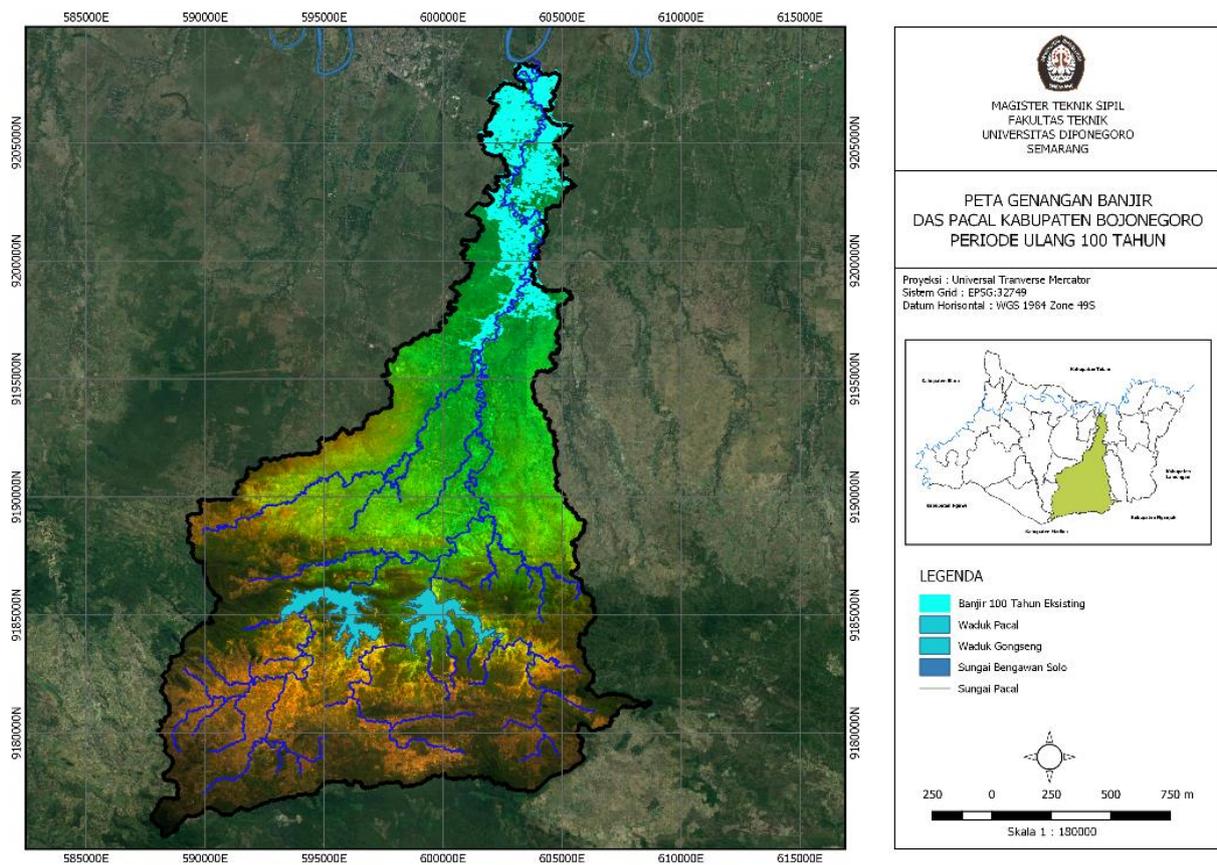
Analisis tipe *unsteady flow* dipilih dikarenakan memperhatikan input debit yang dimasukkan yaitu berupa hidrograf debit rencana. Dari debit periode ulang 100, 500 dan 1000 tahun masing-masing dilakukan analisis untuk mengetahui bagaimana kondisi Sungai Pacal dalam menerima debit pada masing-masing periode ulang. Output yang dihasilkan setelah dilakukan 2D unsteady flow analysis yaitu berupa luas genangan yang terjadi pada area yang telah ditentukan. Gambar 7 merupakan output area genangan banjir yang dihasilkan berdasarkan periode ulang 100 tahun, 500 tahun dan 1000 tahun.



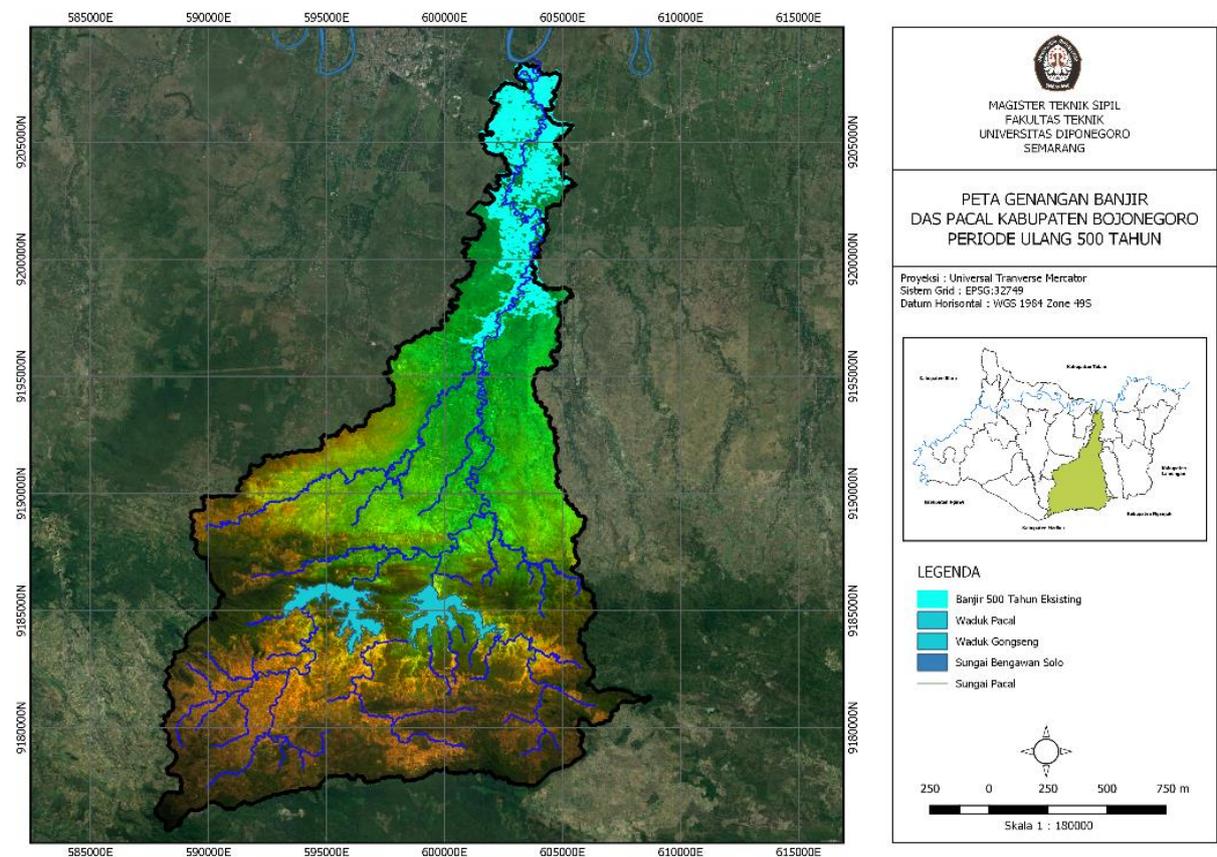
Gambar 7. Area genangan banjir debit periode ulang 100, 500 dan 1000 tahun

### 3.2.6. Pemetaan Area Genangan

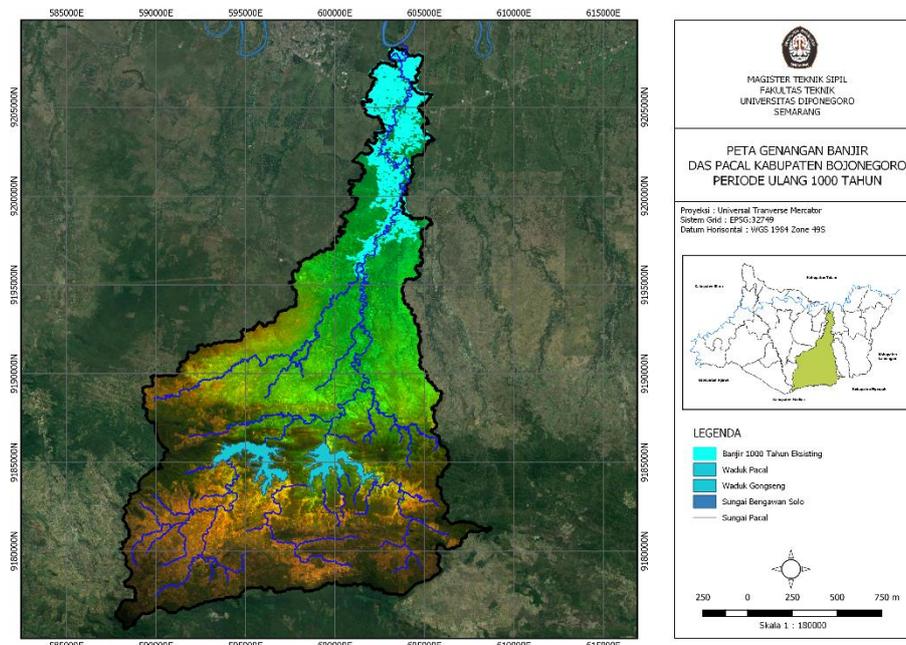
Genangan yang terjadi akibat debit rencana periode ulang 100 tahun, 500 tahun dan 1000 tahun yang berasal dari simulasi HEC-RAS dengan bantuan QGIS dapat dihasilkan luasan area genangan banjir berturut-turut sebesar 15.04 km<sup>2</sup> untuk periode ulang 100 tahun, 15.51 km<sup>2</sup> untuk periode ulang 500 tahun dan 16.45 km<sup>2</sup> untuk periode ulang 1000 tahun. Gambar 8, 9 dan 10 merupakan peta genangan banjir yang terjadi pada periode ulang 100, 500 dan 1000 tahun.



Gambar 8. Peta genangan banjir periode ulang 100 tahun



Gambar 9. Peta genangan banjir periode ulang 500 tahun



Gambar 10. Peta genangan banjir periode ulang 1000 tahun

#### 4. KESIMPULAN

Pemetaan area area genangan banjir pada DAS Pacal dengan periode ulang tertentu yaitu 100 tahun, 500 tahun dan 1000 tahun menggunakan model HEC-RAS dan GIS yang dilakukan memperlihatkan bahwa area yang mengalami banjir berada pada hilir sungai dimana dalam peta genangan banjir yang dihasilkan yaitu berdasarkan periode ulang 100 tahun, 500 tahun dan 1000 tahun terdapat area genangan banjir seluas 15.04 km<sup>2</sup>, 15.51 km<sup>2</sup> dan 16.45 km<sup>2</sup>. Luas area genangan meningkat setiap terjadi penambahan periode ulang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. N. Azimah, M. R. M. Adib, dan A. A. Mustaffa, "Integration of hydraulic model (HEC-RAS) with Geographical Information System (GIS) in developing flood evacuation center along Sembong River," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 220, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/220/1/012057.
- [2] M. Bhandari, N. Nyaupane, S. R. Mote, A. Kalra, dan S. Ahmad, "2D Unsteady Flow Routing and Flood Inundation Mapping for Lower Region.pdf," hal. 292–303, 2017.
- [3] K. K. Anjusha, "Flood Inundation Modelling Using Arc GIS and HEC- RAS of Godavari Reach , Nanded District," *United Int. J. Res. Technol.*, vol. 02, no. 07, hal. 133–139, 2021.
- [4] I. Rauf, Imran, dan I. Sahdar, "Simulation Of Flood Mapping in Amasing Kali Village Using HEC-RAS 2D," *E3S Web Conf.*, vol. 328, hal. 4–9, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202132810003.
- [5] A. Salman, S. S. Hassan, G. D. Khan, M. A. Goheer, A. A. Khan, dan K. Sheraz, "HEC-RAS and GIS-based flood plain mapping: A case study of Narai Drain Peshawar," *Acta Geophys.*, vol. 69, no. 4, hal. 1383–1393, 2021, doi: 10.1007/s11600-021-00615-4.
- [6] R. R. Syafri, M. P. Hadi, dan S. Suprayogi, "Hydrodynamic Modelling of Juwana River Flooding Using HEC-RAS 2D," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 412, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/412/1/012028.
- [7] F. Hajibayov, B. Ozkul, F. T.-G. I. S. R. (GISRUK). The, dan undefined 2017, "Floodplain modeling and mapping using the geographical information systems (GIS) and Hec-RAS/Hec-GeoRAS applications: case of edirne, Turkey," *Huckg.Is*, 2017, [Daring]. Tersedia pada: [https://huckg.is/gisruk2017/GISRUK\\_2017\\_paper\\_47.pdf](https://huckg.is/gisruk2017/GISRUK_2017_paper_47.pdf).
- [8] P. Bhattarai *et al.*, "Flood Inundation Mapping of Babai Basin using HEC-RAS & GIS," *J. Inst. Eng.*, vol. 15, no. 2, hal. 32–44, 2019, doi: 10.3126/jie.v15i2.27639.
- [9] M. R. Wijayanto dan N. Helda, "Aplikasi Program HEC-RAS 5.0.7 untuk Pemodelan Banjir di Sub-sub DAS Martapura Kabupaten Banjar," *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 4, hal. 3868–3880,

2022, doi: 10.32672/jse.v7i4.4799.

- [10] D. Makasaehe, L. A. Hendratta, dan J. S. . Sumarauw, “Kajian Pemetaan Banjir Dengan Hec–Georas Studi Kasus: Sungai Tondano,” *J. Sipil Statik*, vol. 8, no. 3, hal. 319–326, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/28750>.
- [11] O. Subrata dan W. M. Putuhena, “Pengelolaan Banjir Berbasis Masyarakat ( Studi Kasus : Kabupaten Bojonegoro ) Community-Based Flood Management ( Case Study : Kabupaten Bojonegoro ),” *J. Sumber Daya Air*, vol. 8, hal. 125–140, 2012.
- [12] S. Atmojo, “Penanggulangan Banjir Dengan Menggunakan Aplikasi HEC-RAS,” Universitas Islam Malang, 2023.