

PEMETAAN ANCAMAN BENCANA BANJIR DI KOTA PEKALONGAN MENGGUNAKAN HEC RAS

Sri Wenni A. Purba^{*)}, Retno Puji Wijayanti, Arwan Putra Wijaya

Departemen Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788

Email : ameliawenni3@gmail.com

ABSTRAK

Kota Pekalongan merupakan wilayah perkotaan yang sering terjadi banjir. Banjir ini disebabkan karena topografi Kota Pekalongan lebih rendah dari laut dan terdapat beberapa sungai sehingga kerap menimbulkan banjir. Sungai besar di Kota Pekalongan yang sering meluap adalah sungai Kupang. Pemetaan ancaman banjir perlu dilakukan sebagai acuan pembangunan infrastruktur untuk mengurangi dampak buruk banjir di masa yang akan datang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat ancaman banjir di Kota Pekalongan berdasarkan karakteristik banjir yang terjadi. Analisis hidrologi dan topografi dilakukan sebagai dasar perhitungan hidrolika aliran yang dilakukan dengan Hec-RAS 2D versi 6.4.1. Hasil simulasi sebaran banjir dengan kala ulang 2, 5, 10, 20 dan 50 tahun menunjukkan bahwa Kelurahan yang berpotensi tergenang yaitu Kelurahan Krapyak dengan luas di masing-masing kala ulangnya ialah seluas 230.64 ha, 247.16 ha, 249.52 ha, 248.24 ha dan 248.87 dengan tinggi genangan bervariasi antar 0.76 m – 1.5 m, yang dapat dikelompokkan berada pada tingkat bahaya rendah – tinggi.

Kata Kunci: Pemetaan Banjir, Hec-RAS 2D, Sungai Kupang

ABSTRACT

Pekalongan City is an urban area that often experiences flooding. This flooding is caused because the topography of Pekalongan City is lower than the sea and there are several rivers, so it often causes flooding. The big river in Pekalongan City that often overflows is the Kupang River. To reduce the negative impacts of flooding around the Kupang River in the future, it is necessary to map flood threats as a reference for infrastructure development. This research aims to analyze the level of flood threat in Pekalongan City based on the characteristics of the floods that occur. Hydrological and topographic analysis was carried out as a basis for flow hydraulic calculations carried out with Hec-RAS 2D version 6.4.1. The results of flood distribution simulations with return periods of 2, 5, 10, 20, and 50 years show that the sub-district that has the potential to be inundated is Krapyak Subdistrict, with an area at each return period of 230.64 ha, 247.16 ha, 249.52 ha, 248.24 ha., and 248.87 ha, with inundation heights varying between 0.76 m and 1.5 m, which can be grouped as low and high danger levels.

Keywords: Flood Mapping, Hec-RAS 2D, Kupang River

*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Banjir adalah suatu situasi dimana suatu daerah dibanjiri oleh air dengan debit yang besar sehingga menutupi permukaan daerah tersebut (Eldi, 2020). Bencana banjir merupakan jenis bencana alam yang diakibatkan oleh berbagai faktor seperti curah hujan yang tinggi, kondisi Sungai yang tidak memadai serta juga disebabkan oleh rusaknya retensi Daerah Aliran Sungai. Bencana banjir dapat membawa kerugian besar bagi masyarakat secara material. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir merupakan salah satu bencana alam yang memiliki tingkat kejadian yang cukup tinggi di Indonesia. Dalam 10 tahun terakhir, tercatat 7.574 banjir di Indonesia sejak tahun 2011 hingga 22 September 2020. Banjir dapat disebabkan oleh hujan lebat atau banjir dari dataran tinggi. Daerah yang sering terdampak banjir

akibat limpasan air hujan yang tinggi adalah Kota Pekalongan.

Kota Pekalongan merupakan daerah yang terletak pada koordinat geografis 6°50'42"- 6°55'44"LS dan 109°37'55"- 109°42'19"BT. Kota Pekalongan merupakan daerah yang termasuk dalam kategori dataran rendah pantai utara Pulau Jawa dengan ketinggian kurang lebih 1 meter di atas permukaan laut. Secara administratif, Kota Pekalongan berbatasan dengan Laut Jawa di utara, Kabupaten Batang di timur, Kabupaten Pekalongan dan Kabupaten Batang di selatan serta Kabupaten Batang di barat. Kota Pekalongan terdaat 27 kelurahan yang tersebar di 4 kecamatan yaitu Pekalongan Barat, Pekalongan Timur, Pekalongan Selatan dan Pekalongan Utara (BPS Kota Pekalongan, 2023). Berdasarkan data dari BNPB, bencana banjir tertinggi tahun 2022 yaitu berada pada daerah provinsi Jawa Tengah. Salah satu daerah yang terdampak bencana banjir di Jawa Tengah yaitu Kota

Pekalongan. Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Tengah mencatat kejadian banjir di Kota Pekalongan dalam rentang 2020-2021 yaitu sebanyak 22 kejadian.

Pemodelan banjir dilakukan dengan menggunakan model hidrolika yang dihubungkan dengan GIS (Sistem Informasi Geografis). Salah satu model hidrolik yang diintegrasikan ke dalam GIS adalah model HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center River Analysis System*). HEC-RAS merupakan model hidrolik yang dapat memodelkan aliran sungai secara dua dimensi. HEC-RAS adalah model hidrolik yang efisien untuk digunakan dan cepat dalam perhitungan (Wigati, 2016). Oleh karena itu model HEC-RAS banyak digunakan untuk memodelkan sebaran banjir. Oleh karena itu, HEC-RAS digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui lokasi, kedalaman dan luasan banjir di Kota Pekalongan.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil analisis pemodelan genangan banjir menggunakan HEC-RAS?
2. Bagaimana hasil pemetaan ancaman banjir berdasarkan ketinggian hasil pemodelan HEC-RAS?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dalam melakukan penelitian ini, yaitu:

1. Memetakan area banjir di Sungai Kupang Kota Pekalongan.
2. Membuat peta ancaman berdasarkan ketinggian banjir hasil pemodelan HEC-RAS.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini dapat berkontribusi dalam memberikan pengetahuan dan wawasan mengenai pemetaan daerah rawan bencana banjir di Kota Pekalongan.
2. Penelitian ini dapat digunakan untuk instansi terkait seperti BPBD untuk dijadikan acuan dalam merencanakan tindakan mitigasi bencana banjir di Kota Pekalongan untuk mengurangi dampak bencana.

I.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi masalah agar sesuai dengan topik yang akan dibahas pada penelitian, maka dibuat batasan-batasan masalah sebagai berikut.

1. Wilayah penelitian ini dilakukan di Sungai Kupang, Kota Pekalongan, Jawa Tengah.
2. Mengaplikasikan *software* HEC-RAS dalam pemodelan banjir di Kota Pekalongan secara dua dimensi
3. Memvalidasi hasil pemodelan genangan banjir menggunakan data historis untuk meningkatkan keakuratan hasil

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Model Hidrolika

Hidrolika adalah suatu bidang ilmu teknik terapan yang mempelajari karakteristik mekanik fluida dan mengkaji aliran udara baik dalam skala mikro maupun makro. Dengan memusatkan perhatian pada karakteristik hidraulik yang ada pada suatu drainase

tertentu, analisis hidraulik dapat digunakan untuk menghitung kapasitas saluran. Dalam hidrolika, topik seperti tenaga udara, turbin, pompa, desain konstruksi, dan sebagainya sering dibahas (Martiani & P, 2020). Model HEC-RAS adalah salah satu cara penerapan model hidrolik yang terhubung ke Sistem Informasi Geografis. HEC-RAS digunakan dalam memodelkan genangan banjir yang terintegrasi dengan SIG. HEC-RAS memiliki kelebihan yaitu model hidrolika yang dalam penggunaannya lebih efisien dan cepat dalam perhitungannya (Sholikhah, Sutoyo, & Rau, 2022).

II.2 DAS KUPANG

Daerah Aliran Sungai atau DAS adalah kawasan yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit atau pegunungan, atau melalui batas-batas seperti jalan atau tanggul bukit tempat aliran air hujan yang turun dari area tersebut turut menyumbang aliran ke titik kendali (HUDA, 2014). DAS Kupang merupakan salah satu DAS besar yang ada di Kota Pekalongan. DAS Kupang terletak di bagian utara Provinsi Jawa Tengah dan melintasi tiga kabupaten dan satu kota, dengan wilayah terluas adalah Kabupaten Pekalongan dengan luas 58,53% (10.542,88 ha), Kabupaten Batang dengan luas 32,04% (5.770,17 ha), Kota Pekalongan 9,41% (1.694,36 ha) dan terkecil yaitu pada Kabupaten Banjarnegara sebesar 0,02% (4,38 ha). DAS Kupang terletak pada posisi koordinat antara 109° 36' 22" s/d 109° 45' 49" BT dan antara 6° 50' 50" s/d 7° 12' 05" LS. DAS Kupang memiliki luas 18.011,78 ha, dengan sungai utama DAS Kupang adalah Kali Kupang dengan panjang sungai 53,23 km (Setyawan Purnama, 2012).

II.3 Banjir

Banjir dapat didefinisikan sebagai salah satu bencana alam yang mempengaruhi suatu wilayah potensial dan terjadi pada musim hujan, terutama sungai/saluran yang mempunyai kemiringan relatif. Selain itu, kenaikan permukaan air akibat intensitas curah hujan di atas rata-rata, fluktuasi suhu, rusaknya tanggul, dan tersumbatnya aliran air juga dapat menyebabkan banjir di tempat lain. Banjir juga dapat menimbulkan kerusakan yang signifikan terhadap kehidupan sosial ekonomi masyarakat lokal (Ramadhani, 2021). Banjir menurut definisi Richards (1955), Suherlan (2001), dan Suhardiman (2012) adalah proses meluapnya air sungai akibat limpasan yang melebihi daya tampung sungai pada saat hujan deras. Selain itu, dataran rendah yang sering kering pun terendam banjir.

Berdasarkan sumber airnya, bencana banjir dibedakan menjadi beberapa kelompok menurut Bakornas PB (2007) yaitu sebagai berikut:

1. Kapasitas sistem distribusi air baik dari sistem sungai alami maupun sistem drainase buatan terlampaui oleh sistem banjir yang disebabkan oleh hujan lebat.
2. Banjir yang disebabkan oleh badai atau naiknya permukaan air laut yang disebabkan oleh air pasang yang menaikkan permukaan air sungai
3. Banjir disebabkan oleh kerusakan pada struktur hidrolik buatan manusia termasuk tanggul,

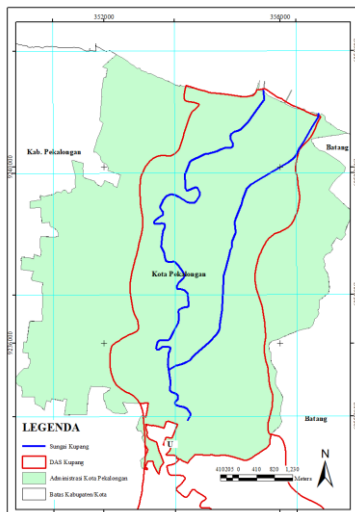
bendungan, dan bangunan yang dirancang untuk mencegah banjir.

Dengan pengetahuan tersebut kita dapat mengambil kesimpulan bahwa banjir merupakan suatu kejadian alam akibat curah hujan yang tinggi, yang dapat berdampak buruk pada lingkungan sekitar dengan menyebabkan banjir di daerah dataran rendah. Oleh karena itu, sangatlah penting untuk menerapkan langkah-langkah penanggulangan bencana yang sesuai. Irwan (2018) berpendapat bahwa aktivitas manusia, keadaan alam yang bersifat permanen (statis), dan kejadian alam yang dinamis menjadi penyebab utama terjadinya banjir.

II.4 HEC-RAS

Profil permukaan air dihitung menggunakan perangkat lunak HEC-RAS, yang dirancang untuk mensimulasikan aliran sungai melalui saluran air terbuka. Untuk mengelola sungai, pelabuhan, dan fasilitas umum lainnya yang berada di bawah kendalinya, Korps Insinyur Angkatan Darat Departemen Pertahanan AS membuat program ini (Mulu,2021). Setelah program ini tersedia bagi masyarakat umum pada tahun 1995, program ini telah diterima secara luas oleh banyak orang lainnya. Insinyur dan peneliti hidrolik memanfaatkan HEC-RAS secara ekstensif untuk pemasangan kabel di sungai karena kemampuannya dalam mengidentifikasi daerah rawan banjir dengan permukaan tanah yang tinggi dan aliran kabel yang tidak menentu. Perangkat lunak dan profil udara yang dihitung memungkinkan para peneliti melihat tingkat banjir di sepanjang aliran sungai. Parameter geometri sungai utama yang diproses dalam HEC-RAS untuk membentuk zona rawan banjir adalah garis tengah, garis tepian, jalur aliran, dan garis penampang. Geometri sungai dapat diekstraksi menggunakan DEM (Digital Elevation Model) resolusi tinggi, yang dapat diunduh dari situs INA Geoportal, asf.alaska.edu, dan situs web lainnya. (Habtamu Tamiru, 2021).

III. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Lokasi Penelitian

III.1 Alat dan Data Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Perangkat Keras
 - a. Laptop
2. Perangkat Lunak
 - a. ArcMap 10.8 terintegrasi HEC-GeoRAS, untuk deliniasi batas DAS.
 - b. ArcGIS Pro untuk pengolahan peta ancaman
 - c. *Software* HEC-RAS 6.4.1 untuk pemodelan banjir.
 - d. *Software* HEC-HMS 4.11 untuk pemodelan debit air.
 - e. Ms. Word 2019, untuk pembuatan laporan penelitian.
 - f. Ms. Excel 2019, untuk perhitungan-perhitungan data penelitian.

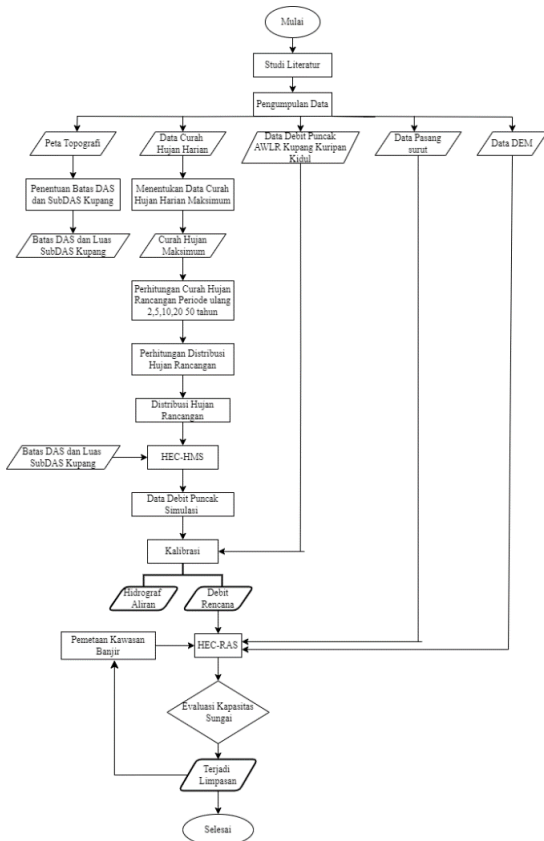
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Data Sekunder
 - a. Data batas administrasi Kota Pekalongan
 - b. Data Batas Administrasi DAS Kupang
 - c. Data Curah Hujan CHIRPS (Resolusi 0,05°)
 - d. Data *Digital Elevation Model* (DEM) 10 x 10 m²
 - e. Data Debit di Lapangan di Air Water Level Recorder (AWLR) Kupang Kuripan Kidul
 - f. Data Pasang Surut Kota Pekalongan Bulan Januari 2023
 - g. Peta Genangan Banjir Kota Pekalongan 2023

Data DEMNAS yang menjadi masukan mencakup data ketinggian dan kemiringan yang memudahkan interpretasi. DEMNAS memiliki resolusi spasial yang tinggi hingga 8 meter sehingga dapat menangkap detail kecil di permukaan bumi, termasuk geometri sungai. Selain itu, DEMNAS mudah diintegrasikan dengan perangkat lunak GIS untuk analisis spasial, pemetaan, dan visualisasi geometri sungai. DEMNAS menyediakan data ketinggian yang konsisten dan akurat dalam suatu daerah.

III.2 Diagram Alir Penelitian

Tahapan dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari tahapan pengolahan pemodelan banjir yang dilakukan oleh penulis, yaitu:

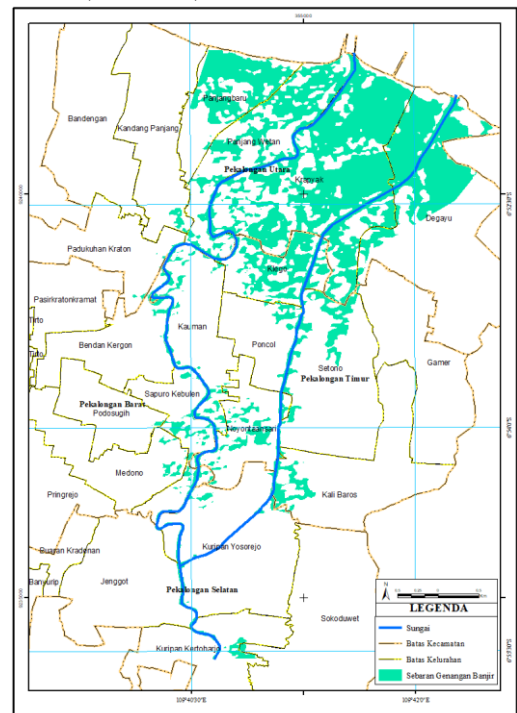
1. Tahap pertama dari proses penelitian ini adalah menentukan batas DAS dan sub DAS Kupang dengan menggunakan peta topografi kota Pekalongan. Selanjutnya dilakukan deliniasi peta menggunakan HEC-GeoHMS yang diintegrasikan dengan Arc-GIS untuk membuat batas DAS dan Sub DAS Kupang.
2. Selanjutnya, pilih jenis distribusi yang akan digunakan dan kemudian hitung rencana distribusi curah hujan untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Langkah selanjutnya adalah menguji kesesuaian distribusi Gumbel, distribusi log-normal, distribusi log-Pearson tipe III, dan distribusi normal. Jika hasil uji distribusi dapat diterima, dapat diperoleh hasil curah hujan yang direncanakan untuk setiap periode ulang tertentu.
3. Menghitung nilai parameter sehingga menghasilkan debit puncak simulasi yang nilainya mendekati debit awlr lapangan.
4. Melakukan pemodelan di HEC-RAS dengan membentuk geometri sungai baru menggunakan data DEM karena DEMNAS . Memasukkan debit rencana yang diperoleh dari kalibrasi pada tiap periode ulang ke *Unsteady Flow Data* Untuk membuat peta banjir untuk setiap periode ulang.

IV. Hasil dan Analisis

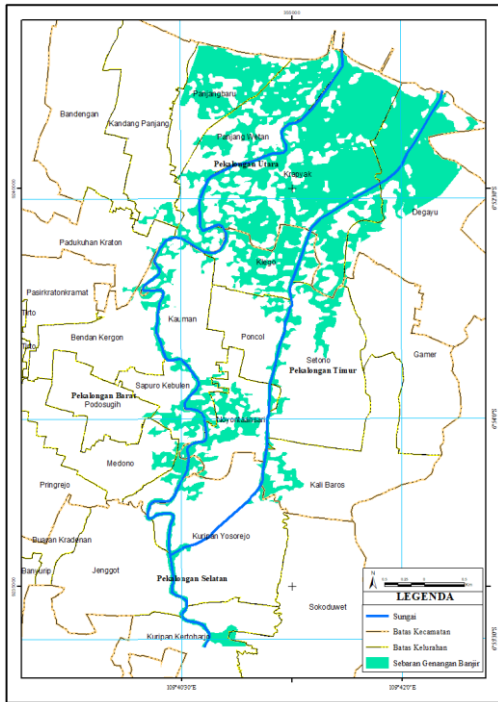
IV.1 Analisis Hasil Pemodelan Genangan Banjir Akibat Luapan Sungai Kupang

Pemodelan banjir dengan HEC-RAS dilakukan pada Sungai Kupang dengan menggunakan skema aliran *unsteady*. Pemodelan banjir dengan HEC-RAS memperhitungkan jenis air yang mengalir dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Aliran air hasil pemodelan mengalir sesuai tinggi dan rendahnya data *terrain*. Data *terrain* yang dipakai pada penelitian ini adalah data DEMNAS dari Badan Informasi Geospasial tahun 2018. Selain data DEMNAS, pemodelan banjir juga menginput debit sungai dan data pasang surut air laut.

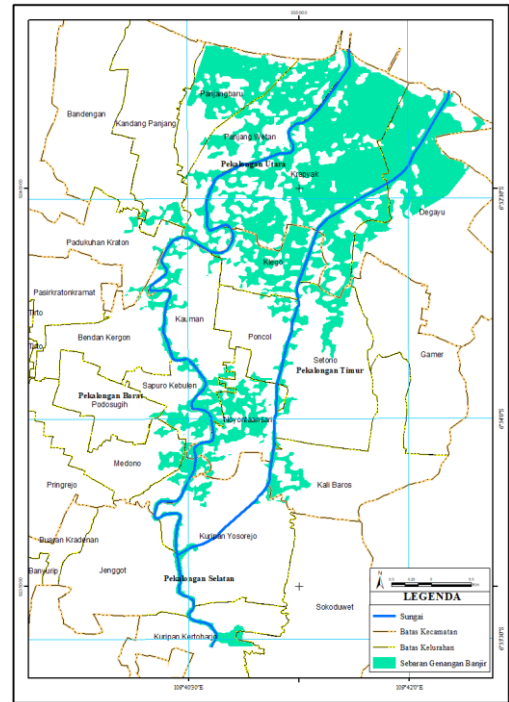
Model banjir yang dihasilkan dengan HEC-RAS terdiri dari informasi ketinggian air berdasarkan masukan debit pada periode ulang, yang diubah menjadi peta banjir yang dapat menggambarkan luas wilayah banjir, kedalaman banjir, dan kecepatan banjir pada suatu wilayah. Selanjutnya, pemetaan genangan banjir diolah menggunakan *software* ArcGIS untuk mengetahui potensi genangan pada tiap kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun dan 50 tahun.



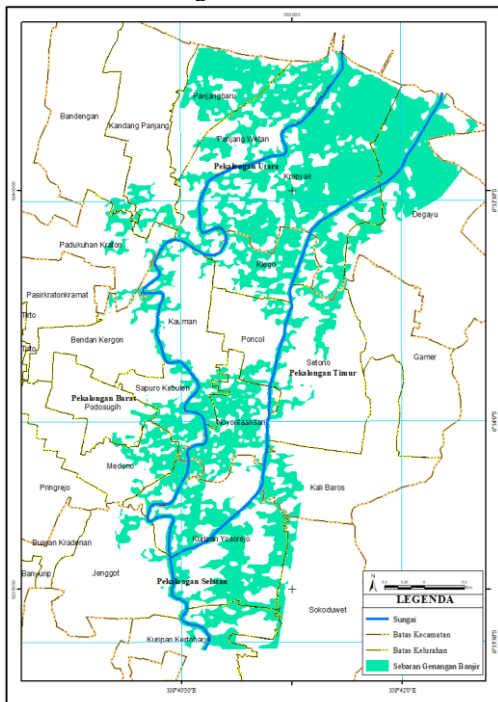
Gambar 2. Potensi Sebaran Genangan Banjir Periode Ulang 2 Tahun



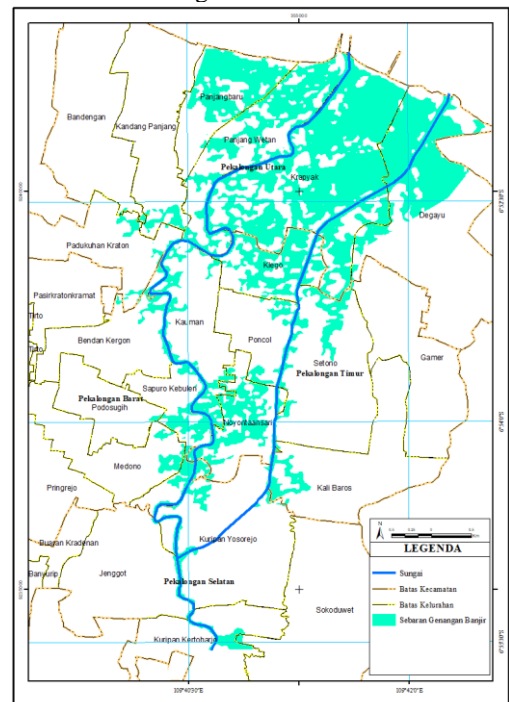
Gambar 3. Potensi Sebaran Genangan Banjir Periode Ulang 5 Tahun



Gambar 5. Potensi Sebaran Genangan Banjir Periode Ulang 20 Tahun



Gambar 4. Potensi Sebaran Genangan Banjir Periode Ulang 10 Tahun



Gambar 6. Potensi Sebaran Genangan Banjir Periode Ulang 50 Tahun

Simulasi banjir dengan periode ulang 2 tahun menghasilkan bahwa total luas banjir yaitu 641.06 Ha. ketinggian banjir maksimal yaitu 3.90 m terjadi di Kelurahan Kali Baros. Sedangkan luas banjir maksimal yaitu 230.65 Ha di Kelurahan Krapyak, Kecamatan Pekalongan Utara. Simulasi banjir dengan periode ulang 5 tahun menghasilkan bahwa total luas banjir yaitu 740.46 Ha. ketinggian banjir maksimal yaitu 3.81 m terjadi di Kelurahan Kali Baros sedangkan luas banjir maksimal yaitu 247.16 Ha di Kelurahan Krapyak,

Kecamatan Pekalongan Utara. Simulasi banjir dengan periode ulang 10 tahun menghasilkan bahwa total luas banjir yaitu 1000.66 Ha. ketinggian banjir maksimal yaitu 5.19 m terjadi di Kelurahan Kuripan Kertoharjo sedangkan luas banjir maksimal yaitu 249.53 Ha di Kelurahan Krapyak, Kecamatan Pekalongan Utara. Simulasi banjir dengan periode ulang 20 tahun menghasilkan bahwa total luas banjir yaitu 762.84 Ha. ketinggian banjir maksimal yaitu 3.97 m terjadi di Kelurahan Sapuro Kebulen sedangkan luas banjir maksimal yaitu 248.25 ha di Kelurahan Krapyak, Kecamatan Pekalongan Utara. Simulasi banjir dengan periode ulang 50 tahun menghasilkan bahwa total luas banjir yaitu 776.97 Ha. ketinggian banjir maksimal yaitu 4.03 m terjadi di Kelurahan Sapuro Kebulen sedangkan luas banjir maksimal yaitu 248.87 Ha di Kelurahan Krapyak, Kecamatan Pekalongan Utara.

Berdasarkan hasil pemodelan, daerah dengan area genangan terluas adalah di Kelurahan Krapyak, Kecamatan Pekalongan Utara. Luas luapan banjir terbesar yaitu 249.53 ha atau 24.94% dari total luas wilayah yang tergenang banjir di periode ulang 10 tahun. Kelurahan Krapyak merupakan wilayah di Kecamatan Pekalongan Utara yang berbatasan langsung dengan Pantai Utara Pekalongan. Kelurahan Krapyak mempunyai ketinggian yang relatif rendah di atas permukaan laut.

Selain memuat informasi luas genangan banjir, pemodelan banjir menggunakan HEC RAS juga memuat informasi kedalaman banjir setiap periode ulangnya. Tabel 1 berikut akan menunjukkan perubahan kedalam setiap periode ulang.

Tabel 1. Kedalaman banjir setiap periode

No.	Periode (Tahun)	Kedalaman (m)
1	2	0.001-6.859
2	5	0.001-7.678
3	10	0.001-10.748
4	20	0.001-7.809
5	50	0.001-7.910

Kedalaman banjir maksimum pada kondisi tertentu (periode 10 tahun) berada pada kisaran 0.001-10.75 m. Kedalaman ini dihitung dari batas terendah tanah atau elevasi dasar sungai pada setiap penampang. Kedalaman banjir bertambah 0,1–0,3 m pada periode ulang 2, 5, 10, 20, dan 50 tahun. Kedalaman banjir tertinggi terdapat pada alur sungai utama dan semakin kecil semakin jauh letak banjir dari aliran sungai utama.

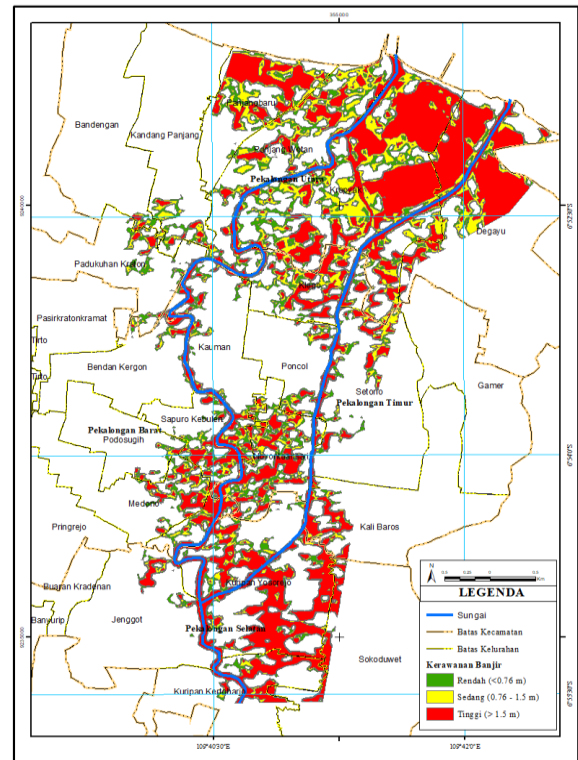
IV.2 Analisis Peta Ancaman Banjir Berdasarkan Hasil Pemodelan Banjir

Peta ancaman banjir dibuat dengan menggunakan data luapan maksimum Sungai Kupang hasil pemodelan banjir di HEC-RAS dan memuat informasi kedalaman air yang selanjutnya diolah menjadi peta kerawanan banjir. Peta rawan banjir ini dibuat berdasarkan Peraturan BNPB Nomor 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Kajian Risiko Bencana. Identifikasi daerah rawan banjir dilakukan dengan menghitung kedalaman genangan air luapan Sungai

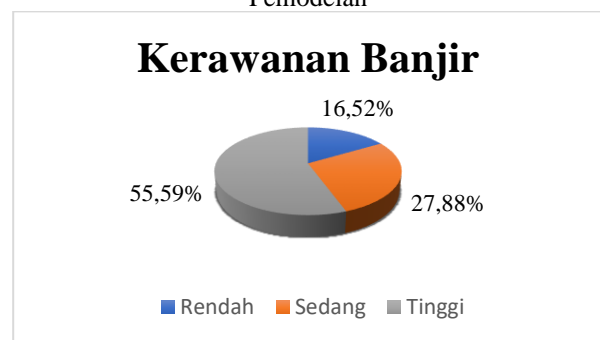
Kupang hasil pemodelan banjir yang diklasifikasikan berdasarkan Tabel 2. Peta ancaman banjir hasil pemodelan banjir akibat meluapnya Sungai Kupang di DAS Kupang disajikan pada Gambar 7.

Tabel 2. Indeks Ancaman Banjir

Kedalaman (m)	Kerawanan
< 0.76	Rendah
0.76 – 1.5	Sedang
>1.5	Tinggi



Gambar 7. Peta Ancaman Banjir Hasil Pemodelan



Gambar 8. Histogram Luas Kerawanan Banjir di DAS Kupang

Berdasarkan Gambar 7, DAS Kupang didominasi oleh wilayah dengan risiko banjir tinggi. Kabupaten Pekalongan Utara merupakan kecamatan yang paling berisiko terkena banjir akibat meluapnya Sungai Kupang. Kelas bahaya di kecamatan ini yaitu “Rendah” meliputi area seluas 102,17 hektar, tingkat bahaya “Kelas Menengah” mencakup area seluas 141,08 hektar, dan zona bahaya tinggi meliputi area seluas 290.12 hektar. Sedangkan Kabupaten

Pekalongan Barat merupakan kecamatan yang mempunyai wilayah rawan banjir terkecil akibat meluapnya Sungai Kupang, dengan wilayah rawan kelas rendah sebesar 22,84 hektar, daerah rawan kelas menengah seluas 18,45 hektar, dan merupakan kawasan rawan kelas tinggi seluas 39,06135 hektar.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pemodelan banjir menggunakan HEC-RAS, wilayah yang berpotensi terjadi genangan banjir terluas adalah Kelurahan Krapyak, Kecamatan Pekalongan Utara. Luas luapan banjir tersebut di prediksi mencapai 249,52 Ha atau 24,93% dari total luas wilayah. Sedangkan ketinggian banjir maksimal terdapat di Kelurahan Kuripan Kertoharjo dengan ketinggian 5,18 m.
2. Daerah Aliran Sungai (DAS) Kupang merupakan wilayah dengan risiko banjir yang tinggi, dengan Kabupaten Pekalongan Utara menjadi daerah yang paling rawan banjir akibat meluapnya Sungai Kupang. Di Pekalongan Utara, wilayah risiko banjir rendah seluas 102.16568 hektar, wilayah risiko sedang seluas 141.0848 hektar, dan wilayah risiko tinggi seluas 290.122 hektar. Sedangkan Pekalongan Barat mempunyai risiko banjir paling rendah, yaitu risiko rendah sebesar 22.8360.897 hektar, risiko sedang sebesar 18.45377 hektar, dan risiko tinggi sebesar 39.06135 hektar. Sepanjang tahun 2019 hingga tahun 2022, Sungai Kupang meluap sebanyak delapan kali, enam kali diantaranya mengakibatkan banjir di Pekalongan Utara yang berdampak signifikan terutama terhadap pemukiman dan infrastruktur serta berdampak pada beberapa desa seperti Poncol, Panjang Wetan, Klego, Krapyak, Bongsari dan Kauman sering terkena dampaknya.

V.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Lakukan koreksi bias pada data curah hujan satelit menggunakan data stasiun yang sesuai
2. Menggunakan data topografi terkini dengan akurasi tinggi selama setahun terakhir untuk mewakili kondisi lapangan
3. Menambah jumlah titik sampel supaya nilai akurasi mengalami peningkatan.
4. Mengkaji faktor sarana pengontrol banjir semacam bendungan, pemecah gelombang, tembok laut, pompa air, dan sebagainya. untuk mendapatkan hasil model yang mendekati kondisi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, (2000). *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Andreas, (2019). On the acceleration of land subsidence rate in Semarang City as detected from GPS surveys. *E3S Web of Conferences* 94 (pp. 1-6). EDP Sciences. doi:https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199404002
- Eldi. (2020). ANALISIS PENYEBAB BANJIR DI DKI JAKARTA. *Jurnal Inovasi Penelitian*.
- Haqqi, (2015). Survei Pendahuluan Deformasi Muka Tanah Dengan Pengamatan GPS di Kabupaten Demak (Studi Kasus : pesisir pantai Kecamatan Sayung). *Jurnal Geodesi Undip*, 4(4), 81-90.
- Herring, (2015). *GLOBK Reference Manual: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis Program release 10.6*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, (2018). *Introduction to GAMIT/GLOBK: Release 10.7*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Kahar, (2006, Februari). Pengukuran Untuk Mendeteksi Deformasi Bangunan Sipil. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 14(34).
- Marfai, (2007). Monitoring land subsidence in Semarang, Indonesia. *Environ Geol*, 651-659. doi:10.1007/s00254-007-0680-3
- Prasetya, (2017). Pemantauan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2016 Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.6. *Jurnal Geodesi Undip*, 21-28.
- Rahayu, (2014). Koreksi Radiometrik Citra Landsat 8 Kanal Multispektral Menggunakan Top of Atmosphere (ToA) Untuk Mendukung Klasifikasi Penutupan Lahan. *Deteksi Parameter Geobiofisik dan Diseminasi Penginderaan Jauh*, 763-764.
- Tarigan, A.V. (2019). Kajian Akurasi Penentuan Garis Pantai Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus Kabupaten Lampung Timur). *Jurnal Geodesi Undip, Vol. 8 No. 1*, 329.
- Walpole, (1995). *Pengantar Statistika*. Jakarta: Gramedia.
- Wirawan (2019). Pengamatan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Metode Survei GNSS Tahun 2018. *Jurnal Geodesi Undip*, 418-427.