



Analisis Pemodelan Genangan Banjir Akibat Luapan Sungai Kupang (Analysis of Flood Inundation Modeling Due to the Kupang River Overflow)

Faisal Ammar Hasyim, Firman Hadi, Muhammad Adnan Yusuf

Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Penulis Korespondensi: Faisal Ammar Hasyim | **Email:** faisal.f1669@gmail.com

Diterima (Received): 16/Nov/2023 Direvisi (Revised): 30/Jul/2024 Diterima untuk Publikasi (Accepted): 28/Dec/2024

ABSTRAK

Banjir sering terjadi di berbagai daerah di Indonesia, termasuk di Kota Pekalongan. Kajian InaRISK BNPB menyatakan bahwa semua kecamatan di Kota Pekalongan memiliki potensi bahaya banjir dengan tingkat sedang hingga tinggi. Keberadaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Kupang merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap banjir di Kota Pekalongan. Seiring berjalannya waktu, DAS Kupang mengalami perubahan penggunaan lahan yang dapat mengurangi kemampuannya sebagai daerah resapan air. Genangan banjir sering terjadi saat Sungai Kupang meluap akibat hujan deras dan pasang air laut. Data dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Tengah menunjukkan bahwa Sungai Kupang telah meluap dan menyebabkan banjir sebanyak delapan kali dari tahun 2016 hingga 2022. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak di DAS Kupang melalui pemodelan debit menggunakan program HEC-HMS dengan metode *Soil Conservation Services* yang diterapkan pada kondisi penggunaan lahan tahun 2019, 2021, dan 2023. Debit hasil pemodelan digunakan dalam pemodelan banjir menggunakan program HEC-RAS. Analisis hasil pemodelan banjir didasarkan pada perbedaan data debit dan tinggi air laut yang digunakan dan dampaknya terhadap penggunaan lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap debit puncak di DAS Kupang. Hasil pemodelan banjir menunjukkan bahwa luapan Sungai Kupang tetap terjadi pada kondisi debit dan tinggi air laut minimum namun akan meluas pada kondisi debit dan tinggi air laut maksimum. Luapan Sungai Kupang paling banyak melanda Kecamatan Pekalongan Utara, khususnya terhadap badan air atau tambak dan pemukiman.

Kata Kunci: Banjir, Pemodelan Debit, Pemodelan Banjir.

ABSTRACT

Floods often happen in various areas in Indonesia, including Pekalongan City. InaRISK BNPB's study states that all districts in Pekalongan City have the potential for floods, ranging from moderate to high levels. The Kupang Watershed is one of the factors that contribute to flooding in Pekalongan. Over time, changes in land use in the Kupang Watershed have reduced its ability to absorb water. Flooding typically occurs when the Kupang River overflows due to heavy rain and high tides. Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Tengah records show that the Kupang River overflowed and caused flooding eight times between 2016 and 2022. The research aims to assess how land use changes impact peak discharge in the Kupang Watershed by modeling discharge using the HEC-HMS program for the years 2019, 2021, and 2023. The peak discharge results are used in flood modeling with the HEC-RAS program. The results of flood modeling are analyzed based on the differences in flow data and sea water levels used, and their impacts on land use. The research shows that changes in land use collectively have a significant impact on peak discharge in the Kupang Watershed. The results of the flood modeling indicate that the overflow of the Kupang River persists under minimum flow and sea water levels but expands under maximum flow and sea water levels. The Kupang River overflow primarily impacts North Pekalongan District, particularly areas with water bodies or ponds and residential zones.

Keywords: Flood, Discharge Modelling, Flood Modelling

© Author(s) 2024. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

1. Pendahuluan

Banjir adalah salah satu bencana alam yang marak terjadi di Indonesia. Banjir merupakan limpasan air yang

melebihi tingkat air normal. Pada umumnya banjir disebabkan oleh curah hujan tinggi di atas normal untuk kasus dimana sistem drainase seperti sungai tidak mampu

untuk mengakomodasi akumulasi air hujan (BNPB, 2015). Kota Pekalongan adalah salah satu daerah yang sering dilanda banjir. Menurut kajian inaRISK BNPB, semua kecamatan di Kota Pekalongan berada di area yang memiliki potensi bahaya banjir dengan tingkat sedang hingga tinggi (BNPB, 2016). Banjir di Kota Pekalongan sering terjadi pada saat curah hujan tinggi dan naiknya permukaan air laut (Pemerintah Kota Pekalongan, 2023). Salah satu faktor terjadinya banjir di Kota Pekalongan adalah meluapnya Sungai Kupang. Munculnya genangan banjir terjadi ketika debit air meningkat secara signifikan akibat hujan berintensitas tinggi yang menyebabkan meluapnya air di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) (Kurniawan & Aminata, 2020; Pratiwi & Santosa, 2021). Air laut yang masuk saat terjadi pasang melalui sungai dan mengalir ke wilayah daratan juga dapat menyebabkan genangan banjir (Wahyudi, 2007; Nugraha dkk., 2015).

Wilayah Kota Pekalongan berada di bagian hilir DAS Kupang. Sebagai daerah resapan air, DAS Kupang berpengaruh atas terjadinya banjir di Kota Pekalongan. Seiring berjalannya waktu, DAS Kupang mengalami perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan yang tidak terkontrol di suatu DAS dapat menyebabkan terjadinya gangguan terhadap sistem hidrologi. Menurut (Butler & Davies, 2011), perubahan kondisi lahan dari waktu ke waktu membuat ancaman terjadinya banjir semakin besar karena daya tampung sungai semakin berkurang akibat pendangkalan, fluktuasi debit air yang semakin ekstrem, berkurangnya daerah tangkapan air akibat konversi lahan vegetasi menjadi lahan non-vegetasi tanpa adanya konservasi sehingga menyebabkan peningkatan aliran permukaan. Debit puncak terjadi secara alami di DAS maupun sub-DAS karena peningkatan aliran sungai yang disebabkan oleh intensitas aliran permukaan yang tinggi karena kurangnya kemampuan tanah dalam menyerap curah hujan (Triatmodjo, 2010). Debit puncak adalah salah satu indikator kesehatan DAS (Samaawa & Hadi, 2016). Tingginya debit puncak mencerminkan tingkat kerusakan DAS, kondisi ini dapat memicu banjir pada saat musim hujan (Marupah & Viriyani, 2022).

Penelitian tentang pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak telah banyak dilakukan. Penelitian (Hu & Shrestha, 2020) menguji dampak perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak pada tahun 2001 dan 2011 di Midwestern, Amerika Serikat menggunakan program HEC-HMS dan hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pada permukaan kedap air sebesar 11,21% dari tahun 2001 hingga 2011 yang menyebabkan peningkatan debit puncak sekitar 125% hingga 175%. Sedangkan penelitian (Kabeja dkk., 2020) yang mengkaji pengaruh perubahan penggunaan lahan pada kawasan dengan konservasi hutan terhadap respon debit puncak di suatu DAS menunjukkan bahwa peningkatan lahan hutan karena reboisasi dapat menurunkan debit puncak.

Sungai Kupang adalah sungai utama di DAS Kupang. Menurut data Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Tengah, sejak tahun

2016 hingga tahun 2022, Sungai Kupang telah meluap dan menyebabkan banjir sebanyak delapan kali. Peta kerawanan banjir yang mencakup prakiraan daerah genangan banjir merupakan informasi dasar yang penting dan dibutuhkan untuk perencanaan pengendalian banjir oleh pemerintah daerah dan masyarakat. Peta prakiraan daerah genangan banjir idealnya dibuat melalui simulasi banjir menggunakan data topografi, tata guna lahan, curah hujan, dan tinggi muka air (BNPB, 2015). Wilayah genangan banjir yang diakibatkan oleh meluapnya sungai dapat diidentifikasi melalui pemodelan banjir dengan metode hidrolis. Salah satu keuntungan menggunakan model hidrolis adalah kemampuannya untuk memberikan tingkat akurasi prediktif spasial yang tinggi terhadap banjir di sepanjang aliran sungai dengan memperlihatkan kondisi secara dua dimensi (Nkeki dkk., 2022).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak di DAS Kupang dan menganalisis hasil pemodelan banjir akibat luapan Sungai Kupang. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan debit menggunakan program HEC-HMS dengan metode *Soil Conservation Services* yang diterapkan pada kondisi penggunaan lahan DAS Kupang tahun 2019, 2021, dan 2023 sehingga dapat diketahui pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak yang terjadi. Debit puncak yang dihasilkan dari pemodelan debit digunakan dalam pemodelan banjir dengan program HEC-RAS. Luapan Sungai Kupang hasil pemodelan banjir dianalisis dampaknya terhadap penggunaan lahan.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

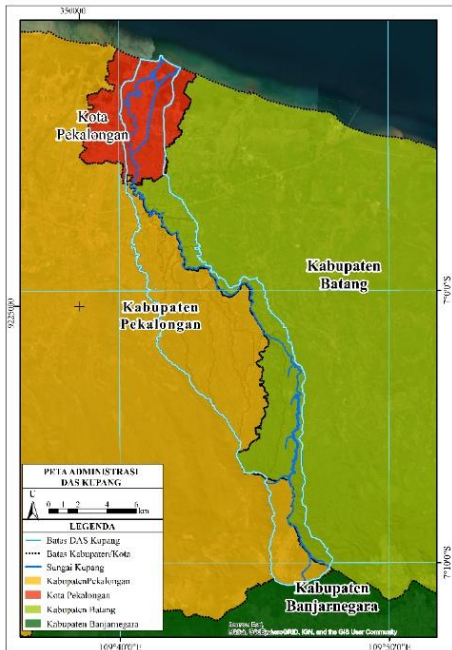
Penelitian ini dilakukan di DAS Kupang yang memiliki luas 165,646 km². Secara astronomis, DAS Kupang terletak antara 109° 36' 22" - 109° 45' 49" Bujur Timur dan 6° 50' 50" - 7° 12' 05" Lintang Selatan. DAS Kupang berada di wilayah administrasi empat kabupaten atau kota di Provinsi Jawa Tengah, yaitu Kabupaten Banjarnegara, Kabupaten Batang, Kabupaten Pekalongan, dan Kota Pekalongan. Wilayah DAS Kupang mencakup daerah pegunungan, dataran tinggi, dan dataran rendah. Secara geologi, DAS Kupang terdiri atas jenis tanah aluvial dan latosol. Sungai Kupang sebagai sungai utama di DAS Kupang mengalir dari hulu di lereng Gunung Jembangan dan bermuara di laut Jawa. Sungai Kupang memiliki cabang yaitu Sungai Banger dan Sungai Setu. Sebagian besar DAS Kupang memiliki kemiringan lereng yang relatif datar terutama di bagian hilir.

Penelitian ini menggunakan data yang terdiri dari :

- 1) Data Batas Administrasi DAS Kupang tahun 2013 dari BPDAS Pemali Comal
- 2) Citra Sentinel-2 Level 2A tahun 2019, 2021, dan 2023 dari ESA Copernicus
- 3) Citra SPOT-7 tahun 2019 dan 2021 dari BRIN
- 4) Citra PlanetScope tahun 2023 dari Planetlabs
- 5) Data Daerah Irigasi dan Saluran Irigasi di Kawasan DAS Kupang tahun 2019 dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR)

- 6) Peta jenis tanah DAS Kupang tahun 2017 dari BPDAS-HL Pemali Jratun
- 7) Data curah hujan citra CHIRPS tahun 2000 hingga 2022 dari *Climate Hazard Center*
- 8) Data DEMNAS tahun 2018 dan Data Pasang Surut Kota Pekalongan Bulan Januari hingga Juni Tahun 2023 dari Badan Informasi Geospasial (BIG)

Data Penampang Memanjang dan Melintang Sungai Kupang, Sungai Banger, dan Sungai Setu dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Tengah



Gambar 1.1 Wilayah Administrasi DAS Kupang

2.2 Metodologi

2.2.1 Pengolahan Data Curah Hujan Rencana

Pengolahan data curah hujan rencana diawali dengan menghitung curah hujan area dari data curah hujan minimum dan maksimum tahunan dari tahun 2000 hingga 2022 di kawasan DAS Kupang menggunakan data Citra CHIRPS di Google Earth Engine. Data curah hujan area maksimum dan minimum tahunan yang dihasilkan kemudian dihitung berdasarkan analisis frekuensi menggunakan *software* Aprob 4.1. Analisis frekuensi data curah hujan menghasilkan data curah hujan periode ulang (Triatmodjo, 2010). Penelitian ini menggunakan curah hujan periode ulang 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 20 tahunan, dan 50 tahunan. Hasil curah hujan periode ulang kemudian digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan menggunakan rumus mononobe dalam (Suripin, 2003) yang disajikan pada Persamaan (1) sehingga menghasilkan intensitas hujan untuk setiap periode ulang.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^2 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan

- I = Intensitas curah hujan dengan periode ulang T tahun (mm/jam)
- R₂₄ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
- t = lama curah hujan (jam)

Intensitas hujan setiap periode ulang yang dihasilkan kemudian diatur distribusinya setiap jam berdasarkan metode *Alternating Block Method* (ABM). Metode ABM adalah metode yang mencari selisih ketebalan hujan kemudian diurutkan kembali dengan intensitas maksimum berada di tengah-tengah total durasi hujan dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah (Pratiwi & Negara, 2023). Curah hujan yang telah terdistribusi digunakan sebagai data curah hujan rencana untuk setiap periode ulang yang digunakan dalam proses pemodelan debit. Data curah hujan rencana terdiri dari curah hujan rencana minimum dan curah hujan rencana maksimum setiap periode ulang.

2.2.2 Klasifikasi Penggunaan Lahan

Data klasifikasi penggunaan lahan dibutuhkan dalam penelitian ini untuk menentukan nilai *curve number* (CN) dan *impervious* seperti yang disajikan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 yang akan digunakan dalam tahap pemodelan debit di HEC-HMS. Klasifikasi penggunaan lahan secara spesifik mengacu klasifikasi nilai CN.

Tabel 2.1 Nilai *Curve Number* (CN)

Penggunaan Lahan	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Air atau Rawa	98	98	98	98
Hutan atau Kebun	57	73	82	86
Tanah Kosong atau Padang Rumput	72	82	87	89
Pemukiman	61	75	83	87
Sawah Irigasi	62	71	78	81
Sawah Tadah Hujan	72	81	88	91
Semak Belukar	48	67	77	83
Tanah Ladang	66	77	85	89

Sumber : (Ramadan dkk., 2017)

Tabel 2.2 Nilai *Impervious*

Penggunaan Lahan	Faktor <i>Imperviousness</i> (%)
Air	100
Hutan	5
Agrikultur	5
Tanah terbuka	5
Residensial	30

Sumber : (Tisnasuci dkk., 2021)

Klasifikasi penggunaan lahan tahun 2019, 2021, dan 2023 di DAS Kupang dilakukan menggunakan data Citra Sentinel-2 (S2) *Multi Spectral Instrument* (MSI) level 2A. Klasifikasi menggunakan metode klasifikasi terbimbing dengan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) di Google Earth Engine. Lahan sawah irigasi dan sawah tadah hujan yang tidak bisa diamati secara visual dari Citra Sentinel-2 diklasifikasikan secara terpisah berdasarkan nilai NDVI serta data daerah irigasi dan saluran irigasi. Hasil klasifikasi penggunaan lahan diuji akurasi menggunakan data Citra SPOT-7 untuk tahun 2019 dan 2021, data Citra Planetscope ditambah survei lapangan untuk tahun 2023, serta data daerah irigasi dan saluran irigasi. Akurasi data hasil klasifikasi penggunaan lahan dihitung menggunakan matriks konfusi. Selain digunakan untuk menentukan nilai CN dan *impervious*, data hasil klasifikasi penggunaan lahan

digunakan untuk analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak hasil pemodelan debit dan analisis dampak luapan Sungai Kupang hasil pemodelan banjir terhadap penggunaan lahan di DAS Kupang.

2.2.3 Pemodelan debit

Pemodelan debit dilakukan menggunakan program HEC-HMS. HEC-HMS digunakan untuk mensimulasikan proses hidrologi lengkap melalui transformasi hujan menjadi debit dari suatu sistem DAS (US Army Hydrologic Engineering Center, 2000). Proses pemodelan debit terdiri atas beberapa tahapan termasuk deliniasi Sub-DAS, perhitungan parameter kondisi fisik DAS, dan pembuatan komponen model berupa *basin model*, *meteorological model*, *control spesification*, dan *time-series data*. Parameter kondisi fisik DAS yang diperlukan dalam pemodelan debit yaitu *loss parameter*, *transform parameter*, dan *routing parameter*. *Loss parameter* merepresentasikan proses infiltrasi curah hujan yang terjadi di suatu Sub-DAS (Eryani dkk., 2021). *Loss parameter* dihitung menggunakan metode *Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN)*. *Loss parameters* membutuhkan nilai *curve number*, *impervious*, dan *initial abstraction* (air yang hilang sebelum terjadinya hujan) untuk setiap Sub-DAS. Identifikasi nilai CN untuk setiap Sub-DAS yang memiliki jenis penggunaan lahan dan jenis tanah yang berbeda dilakukan dengan metode *overlay*. Menurut (Ramadan dkk., 2017) jika nilai CN untuk setiap jenis penggunaan lahan dan jenis tanah telah ditentukan, tahap selanjutnya adalah menghitung nilai CN komposit di setiap Sub-DAS menggunakan Persamaan (2). Nilai *impervious* di suatu Sub-DAS juga dihitung menggunakan Persamaan (3). Jika nilai CN telah didapatkan, maka nilai *initial abstraction* dapat dihitung menggunakan persamaan (4) sesuai penelitian (Bunganaen dkk., 2021).

$$CN_{SDi} = \frac{CN_i A_i + CN_{i+1} A_{i+1} + \dots + CN_n A_n}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- CN_{SDi} : *Curve Number* Komposit di Sub-DAS i
- CN_i : *Curve Number* di setiap Jenis Penggunaan Lahan dan jenis tanah di Sub-DAS i
- A_i : Luas setiap Penggunaan Lahan dan Jenis Tanah di Sub-DAS i

$$I_{k_i} = \frac{I_i A_i + I_{i+1} A_{i+1} + \dots + I_n A_n}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- I_{k_i} : *Impervious* Komposit di Sub-DAS i
- I_i : *Impervious* setiap Jenis Penggunaan Lahan di Sub DAS i
- A_i : Luas setiap Penggunaan Lahan di Sub-DAS i

$$I_{a_i} = 0,2 \times S_i \dots\dots\dots (4)$$

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN_i} - 10 \right) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- I_{a_i} : *Initial Abstraction* di Sub-DAS i
- S_i : Parameter retensi di Sub-DAS i,

CN : *Curve Number* di Sub-DAS i

Transform parameter merepresentasikan proses transformasi hujan yang tidak mengalami infiltrasi menjadi debit limpasan atau hidrograf satuan di suatu *subbasin* (Kumar & Pandey, 2023). *Transform parameter* dihitung berdasarkan metode *SCS-Unit Hydrograph*. Metode *SCS-Unit Hydrograph* memerlukan data masukan berupa nilai *lag time* pada setiap Sub-DAS yang dapat dihitung menggunakan rumus pada penelitian (Bunganaen dkk., 2021) seperti pada Persamaan (6).

$$LT_i = L_i^{0,8} \frac{2540 - 22,86 CN_i}{14104 \times CN_i^{0,7} \times S_i^{0,5}} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- LT : *Lag Time* di Sub-DAS i
- L_i : Panjang Aliran (m) di Sub-DAS i
- S : Kemiringan aliran (m/m) di Sub-DAS i
- CN : *Curve Number* di Sub-DAS i

Routing Parameter merepresentasikan proses aliran yang mengalir di suatu *reach* (Tunas, 2005). Pada *routing parameters* digunakan metode lag. Metode lag memerlukan masukan berupa nilai *lag time* di setiap *reach* yang dapat dihitung menggunakan rumus (Suripin, 2003) pada Persamaan (7)

$$T_{p_i} = 0,6 \times t_{c_i} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana,

$$T_{c_i} = \left(\frac{0,87 \times (L_i)^2}{1000 \times S_i} \right)^{0,835} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

- T_{p_i} : *Time Lag* (jam) di *Reach* i
- T_{c_i} : Waktu Konsentrasi (jam) di *Reach* i
- L : Panjang aliran maksimum (km) di *Reach* i
- S : Kemiringan rata-rata (m/m) *Reach* i

Pemodelan debit dilakukan pada kondisi penggunaan lahan DAS Kupang yang berbeda dari tahun 2019, 2021, dan 2023. Pemodelan debit menggunakan data curah hujan rencana sebagai data masukan pada program HEC-HMS untuk menghitung debit rencana sehingga dapat diperoleh nilai debit puncak. Data debit rencana yang dihasilkan dari pemodelan debit terdiri dari debit rencana minimum dan debit rencana maksimum setiap periode ulang. Data debit rencana digunakan sebagai data masukan dalam pemodelan banjir.

2.2.4 Pemodelan Banjir

Penelitian ini melakukan pemodelan banjir menggunakan program HEC-RAS. yang memiliki dua kekuatan utama yaitu kemampuan untuk mensimulasikan aliran yang tidak stabil (*unsteady flow*) di sepanjang saluran sungai dan mengidentifikasi daerah rawan banjir di sekitar sungai dalam bidang 2 dimensi. Metode *unsteady flow* tepat diterapkan karena dapat digunakan untuk melakukan proses penelusuran banjir (*flood routing*) dari sebuah sungai (Istianto, 2014). Proses pemodelan banjir menggunakan HEC-RAS terdiri atas beberapa tahapan meliputi penyusunan data geometri Sungai Kupang,

pembuatan model data *terrain* di DAS Kupang, penyusunan data *unsteady flow*, dan proses *running* pemodelan banjir. Geometri Sungai Kupang dibuat berdasarkan data penampang memanjang dan melintang sehingga dapat merepresentasikan panjang dan lebar Sungai Kupang. Data *terrain* di DAS Kupang dibuat menggunakan gabungan data DEMNAS dan data penampang Sungai Kupang sehingga dapat merepresentasikan kondisi topografi Sungai di DAS Kupang. Data *unsteady flow* diisi dengan data debit rencana yang dihasilkan dari tahap pemodelan debit sebagai data aliran di bagian hulu dan data tinggi muka air laut di bagian hilir. Pemodelan banjir dilakukan dengan beberapa skenario diantaranya yaitu pemodelan banjir menggunakan data debit minimum dan tinggi air laut minimum (1,18 meter) dan pemodelan banjir menggunakan data debit maksimum setiap periode ulang dan tinggi air laut maksimum (1,94 meter).

2.2.5 Tahap Analisis

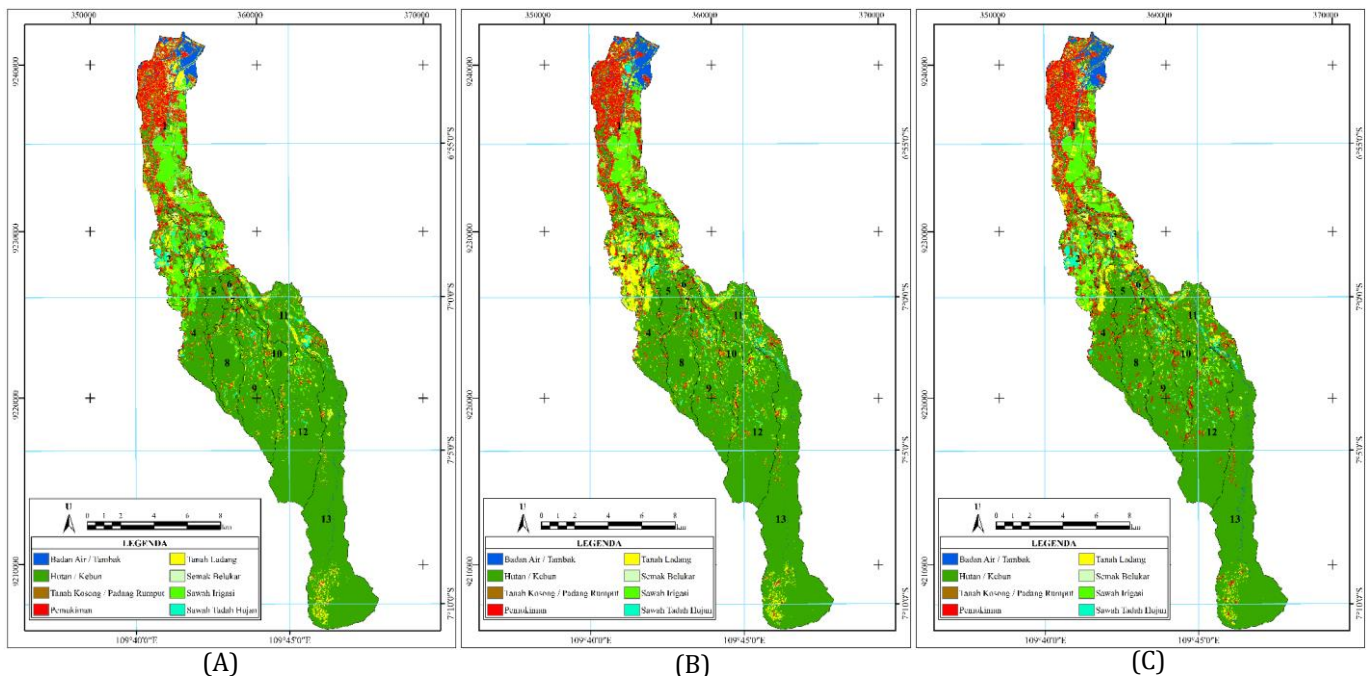
Penelitian ini melakukan analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak di DAS Kupang dan analisis hasil pemodelan banjir. Analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak dilakukan dengan metode regresi linear berganda menggunakan data perubahan luas setiap jenis penggunaan lahan sebagai variabel bebas dan perubahan nilai debit puncak sebagai variabel terikat. Data perubahan luas setiap jenis penggunaan lahan dan perubahan debit puncak yang digunakan sebagai variabel dalam regresi linear berganda dihitung dari setiap Sub-

DAS Kupang pada tahun 2019 ke tahun 2021 dan tahun 2021 ke tahun 2023. Analisis hasil pemodelan banjir dibagi menjadi beberapa bagian diantaranya adalah analisis perbandingan hasil pemodelan banjir dalam kondisi debit dan tinggi air laut minimum (luapan minimum) dengan hasil pemodelan banjir dalam kondisi debit dan tinggi air laut maksimum (luapan maksimum), analisis dampak luapan Sungai Kupang hasil pemodelan banjir terhadap penggunaan lahan di DAS Kupang, dan analisis perbandingan sebaran genangan banjir hasil pemodelan dengan peta sebaran genangan banjir dari BPBD Kota Pekalongan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Puncak

Klasifikasi penggunaan di DAS Kupang menghasilkan delapan jenis penggunaan lahan yaitu badan air atau tambak, hutan atau kebun, tanah kosong atau padang rumput, pemukiman, tanah ladang, semak belukar, sawah irigasi dan sawah tadah hujan. Berdasarkan hasil klasifikasi penggunaan lahan tahun 2019, 2021, dan 2023, wilayah DAS Kupang didominasi oleh hutan atau kebun di bagian hulu. Sedangkan air atau tambak, tanah kosong atau padang rumput, dan lahan pemukiman mendominasi di bagian hilir. Tanah ladang, sawah irigasi, sawah tadah hujan, dan semak belukar banyak tersebar di bagian tengah DAS Kupang. Peta penggunaan lahan DAS Kupang tahun 2019, 2021, dan 2023 disajikan pada Gambar 3.

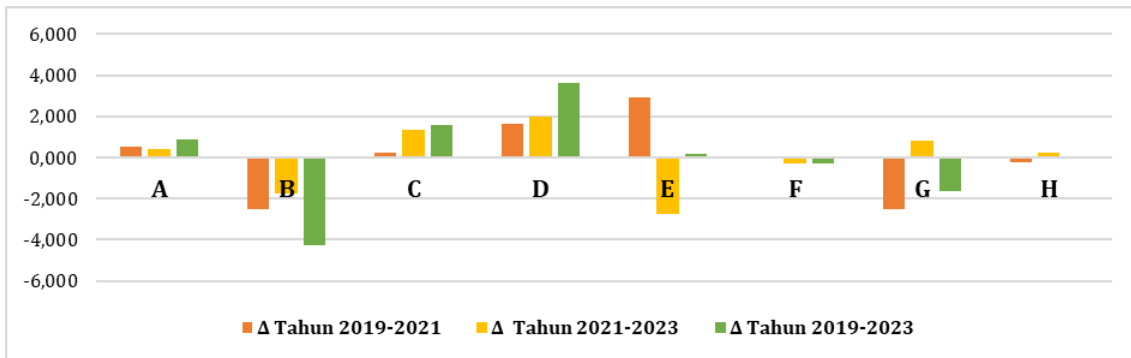


Gambar 3.1 Peta Penggunaan Lahan DAS Kupang Tahun 2019 (A), Tahun 2021 (B), dan Tahun 2023 (C)
Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Tabel 3.1 Luas dan Perubahan Luas Setiap Jenis Penggunaan Lahan DAS Kupang (km²)

Penggunaan Lahan	Kode	Tahun 2019	Δ Tahun 2019-2021	Tahun 2021	Δ Tahun 2021-2023	Tahun 2023	Δ Tahun 2019-2023
Badan Air/Tambak	A	3,412	0,507	3,920	0,397	4,317	0,904
Hutan / Kebun	B	110,987	-2,502	108,485	-1,760	106,725	-4,261
Tanah Kosong/ Padang Rumput	C	4,542	0,216	4,758	1,344	6,102	1,560
Pemukiman	D	11,533	1,613	13,146	1,996	15,142	3,609
Tanah Ladang	E	12,075	2,896	14,970	-2,738	12,233	0,158
Semak Belukar	F	3,754	0,010	3,764	-0,298	3,466	-0,288
Sawah Irigasi	G	12,426	-2,491	9,935	0,843	10,778	-1,648
Sawah Tadah Hujan	H	2,458	-0,249	2,209	0,215	2,424	-0,034

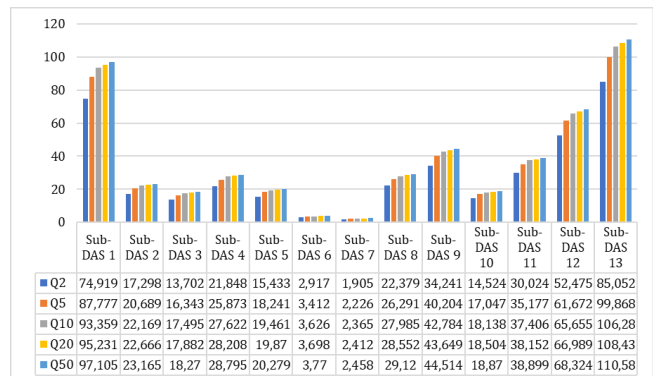
Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)



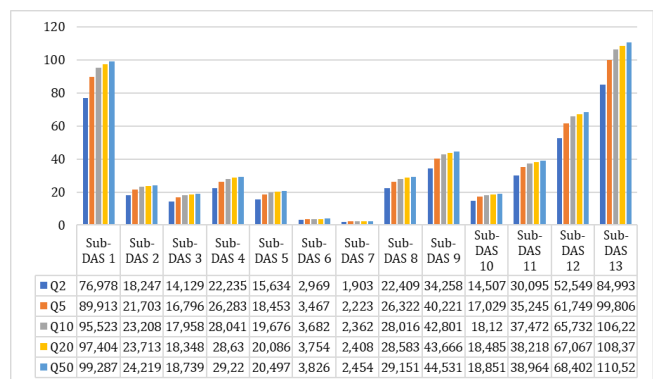
Gambar 3.2 Grafik Perubahan Luas Setiap Jenis Penggunaan Lahan
Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Perubahan penggunaan lahan terjadi di DAS Kupang dari tahun 2019, 2021, hingga 2023. Berdasarkan Tabel 3.1, badan air atau tambak, tanah kosong atau padang rumput, dan pemukiman mengalami tren pertumbuhan luas dari tahun ke tahun. Badan air atau tambak mengalami pertumbuhan luas dari tahun 2019 hingga 2023 sebesar 0,904 km² atau 26,5% terutama di wilayah pesisir Kota Pekalongan karena bertambahnya tambak ikan dan udang vaname serta meluasnya air laut yang naik ke daratan. Lahan pemukiman mengalami pertumbuhan 3,609 km² atau 31,292% dari tahun 2019 hingga 2023 karena bertambahnya perumahan penduduk terutama di wilayah Kota Pekalongan dan bertambah padatnya pemukiman di beberapa wilayah dataran tinggi DAS Kupang. Luas tanah kosong atau padang rumput mengalami peningkatan paling besar dari terutama dari tahun 2021 hingga 2023 sebesar 1,344 km² atau 28,240%, salah satu faktornya adalah adanya proyek pembangunan tanggul reduksi banjir dan rob di wilayah pesisir Kota Pekalongan yang sedang berlangsung. Sedangkan hutan atau kebun mengalami tren penurunan luas dari tahun ke tahun. Hutan atau kebun mengalami penurunan luas lahan terbesar dari tahun 2019 ke tahun 2023 sebesar -4,261 km² atau -3,840%.

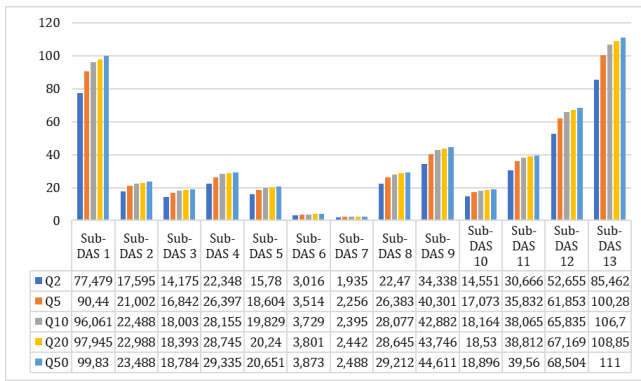
Pemodelan debit menggunakan HEC-HMS menghasilkan nilai debit puncak yang berbeda di setiap elemen hidrologi baik di setiap Sub-DAS maupun di *junction* (AWLR Kuripan Kidul). Debit puncak setiap periode ulang di setiap Sub-DAS Kupang pada tahun 2019, 2021, dan 2023 disajikan pada Gambar 3.3, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5.



Gambar 3.3 Nilai Debit Puncak di Setiap Sub-DAS untuk Setiap Periode Ulang Pada Tahun 2019
Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)



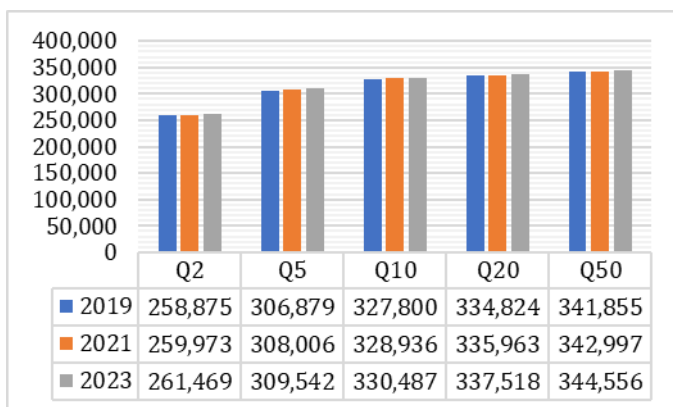
Gambar 3.4 Nilai Debit Puncak di Setiap Sub-DAS untuk Setiap Periode Ulang Pada Tahun 2021
Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)



Gambar 3.5 Nilai Debit Puncak di Setiap Sub-DAS untuk Setiap Periode Ulang Pada Tahun 2023
Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Berdasarkan Gambar 3.3, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5, nilai debit puncak di setiap Sub-DAS Kupang pada setiap tahun mengalami kenaikan untuk setiap periode ulang. Nilai debit puncak terus mengalami kenaikan mulai dari periode ulang 2 tahunan (Q2), 5 tahunan (Q5), 10 tahunan (Q10), 20 tahunan (Q20), hingga 50 tahunan (Q50). Nilai debit puncak terbesar terjadi di Sub DAS 13 pada tahun 2023 dengan nilai Q2 sebesar 85,462 m³/detik, Q5 sebesar 100,284 m³/detik, Q10 sebesar 106,699 m³/detik, Q20 sebesar 108,848 m³/detik, dan Q50 sebesar 110,997 m³/detik. Sedangkan nilai debit puncak terkecil terjadi di Sub DAS 7 pada tahun 2019 dengan nilai Q2 sebesar 1,905 m³/detik, Q5 sebesar 2,226 m³/detik, Q10 sebesar 2,365 m³/detik, Q20 sebesar 2,412 m³/detik, dan Q50 sebesar 2,458 m³/detik.

Di elemen *junction*, hasil pemodelan debit menghasilkan nilai debit puncak yang berbeda untuk setiap periode ulang pada tahun 2019, 2021, dan 2023. *Junction* adalah elemen yang digunakan untuk memodelkan alat pencatat debit di lapangan yaitu AWLR Kupang Kuripan Kidul. Debit yang tercatat pada *junction* atau AWLR Kuripan Kidul adalah debit yang akan digunakan dalam pemodelan banjir. Nilai debit puncak setiap periode ulang pada tahun 2019, 2021, dan 2023 di *junction* (AWLR) disajikan pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Nilai Debit Puncak di *Junction*
Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Berdasarkan Gambar 3.6 nilai debit puncak di *junction* (AWLR) terus meningkat mulai dari periode ulang 2 tahunan (Q2), 5 tahunan (Q5), 10 tahunan (Q10), 20 tahunan (Q20), dan 50 tahunan (Q50). Selain itu juga terdapat peningkatan debit puncak di *junction* (AWLR) dari tahun 2019, tahun 2021, hingga tahun 2023 pada setiap periode ulang. Debit puncak paling besar adalah debit puncak periode ulang 50 tahunan (Q50) pada tahun 2023 yaitu 344,556 m³/detik. Sedangkan debit puncak paling kecil adalah debit puncak periode ulang 2 tahunan (Q2) yang dimodelkan pada tahun 2019 yaitu 258,875 m³/detik.

Analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak menggunakan metode regresi linear berganda yang telah lulus uji asumsi klasik. Analisis regresi linear berganda menggunakan data perubahan luas setiap jenis penggunaan lahan di setiap Sub-DAS pada tahun 2019 ke tahun 2021 dan tahun 2021 ke tahun 2023 sebagai variabel bebas yaitu perubahan luas badan air atau tambak (X1), perubahan luas hutan atau kebun (X2), perubahan luas tanah kosong atau padang rumput (X3), perubahan luas pemukiman (X4), perubahan luas sawah irigasi (X5), dan perubahan luas sawah tadah hujan (X6). Sedangkan data perubahan nilai debit puncak 50 tahunan di setiap Sub-DAS pada tahun 2019 ke tahun 2021 dan tahun 2021 ke tahun 2023 digunakan sebagai variabel terikat (Y). Data perubahan debit puncak 50 tahunan dipilih dalam analisis ini karena data debit puncak 50 tahunan adalah data debit puncak yang memiliki nilai paling besar dari pada setiap tahunnya dari pada data debit puncak periode ulang lainnya.

Analisis regresi linear berganda menghasilkan nilai signifikansi parsial dan t parsial untuk menentukan pengaruh variabel bebas (X) secara parsial terhadap variabel terikat (Y). Jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 (p<0,05), maka variabel bebas (X) secara parsial berpengaruh terhadap variabel terikat (Y). Sedangkan, jika didasarkan pada nilai t parsial, nilai t hitung variabel bebas (X) harus lebih besar dari nilai t tabel. Pada model regresi linear berganda ini, nilai t tabel adalah 2,093. Nilai t parsial dan signifikansi hasil regresi linear berganda disajikan pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Nilai T Parsial dan Signifikansi Hasil Regresi Linear Berganda

Variable	T value	P value
(Intercept)	-0,689	0,499
X1	15,823	2,14E-12
X2	-0,018	0,986
X3	-1,027	0,317
X4	4,553	0,0002
X5	-9,406	1,40E-08
X6	3,922	0,0009

Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Berdasarkan Tabel 3.2, variabel bebas jenis penggunaan lahan (X) yang memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05 (p < 0,05) dan memiliki nilai t parsial lebih dari t tabel adalah air atau tambak (X1), pemukiman (X4), sawah irigasi (X5), dan sawah tadah hujan (X6).

Sehingga dapat dinyatakan bahwa jenis penggunaan lahan yang berpengaruh signifikan secara parsial terhadap debit puncak adalah air atau tambak (X1), pemukiman (X4), sawah irigasi (X5), dan sawah tadah hujan (X6). Sedangkan hutan atau kebun (X2) dan tanah kosong atau padang rumput (X3) secara parsial tidak berpengaruh terhadap debit puncak.

Analisis regresi linear berganda juga menghasilkan nilai signifikansi simultan dan nilai F untuk menentukan tingkat pengaruh variabel bebas secara simultan terhadap variabel terikat (Y). Jika nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka variabel bebas (X) secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y). Pengaruh juga dapat ditentukan berdasarkan nilai F hitung. Jika nilai F hitung lebih besar dari F tabel, maka variabel bebas (X) secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y). Pada model regresi linear berganda ini, nilai F tabel adalah 2,600. Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda, nilai signifikansi (*p value*) adalah < 0,010 atau lebih kecil dari 0,050 dan nilai F hitung adalah 157,556 atau lebih besar dari F tabel. Sehingga dapat dinyatakan bahwa variabel bebas yaitu jenis penggunaan lahan air atau tambak (X1), hutan atau kebun (X2), tanah kosong atau padang rumput (X3), pemukiman (X4), sawah irigasi (X5), dan sawah tadah hujan (X6) secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat yaitu debit puncak.

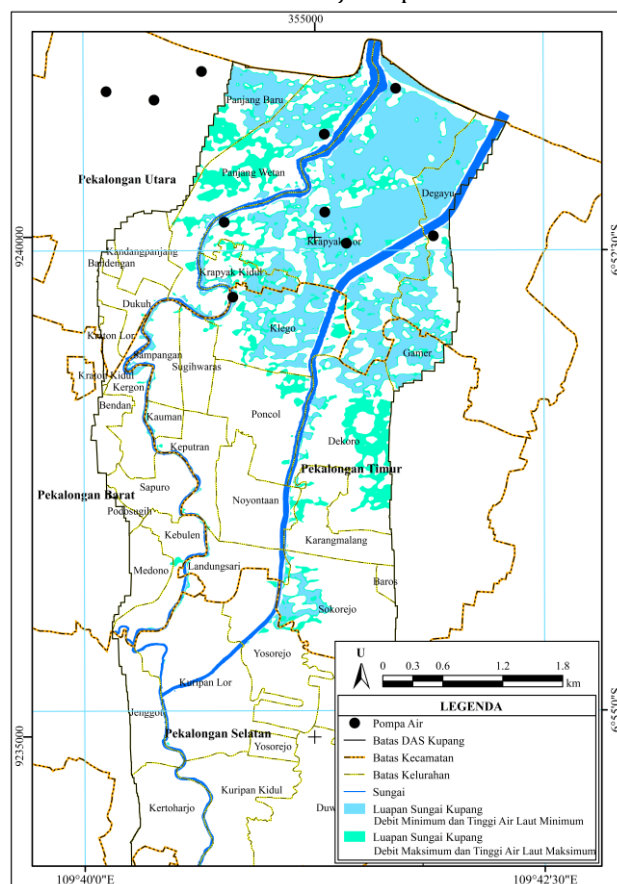
Analisis regresi linear berganda menghasilkan nilai korelasi sebesar 0,980 atau dapat dinyatakan bahwa variabel perubahan penggunaan lahan badan air atau tambak (X1), hutan atau kebun (X2), tanah kosong atau padang rumput (X3), pemukiman (X4), sawah irigasi (X5), dan sawah tadah hujan (X6) secara simultan memiliki hubungan yang sangat kuat terhadap perubahan debit puncak di setiap Sub-DAS Kupang. Nilai koefisien determinasi yang dihasilkan adalah 0,990 atau dapat dinyatakan bahwa perubahan penggunaan lahan badan air atau tambak (X1), hutan atau kebun (X2), tanah kosong atau padang rumput (X3), pemukiman (X4), sawah irigasi (X5), dan sawah tadah hujan (X6) secara simultan mempengaruhi perubahan debit puncak di setiap Sub-DAS Kupang sebanyak 99%.

Analisis regresi linear berganda menghasilkan persamaan regresi linear berganda sebagai berikut $Y = -0,021 + 3,527 X1 - 0,002 X2 - 0,283 X3 + 0,716 X4 - 0,790 X5 + 0,765 X6$. Berdasarkan model regresi linear berganda yang dihasilkan, peningkatan luas lahan badan air atau tambak, pemukiman dan sawah tadah hujan akan menyebabkan peningkatan debit puncak pada suatu Sub-DAS Kupang. Sedangkan peningkatan lahan hutan atau kebun, tanah kosong atau padang rumput, dan sawah irigasi akan menyebabkan penurunan debit puncak. Menurut (Franklin, 1992), perubahan drastis tutupan vegetasi melalui pembukaan lahan dan peningkatan praktik pertanian tanpa tindakan konservasi yang tepat dapat menghasilkan lebih banyak limpasan air.

3.2 Analisis Pemodelan Banjir Akibat Luapan Sungai Kupang

3.2.1 Analisis Pemodelan Genangan Banjir Berdasarkan Perbedaan Kondisi Debit dan Tinggi Air Laut

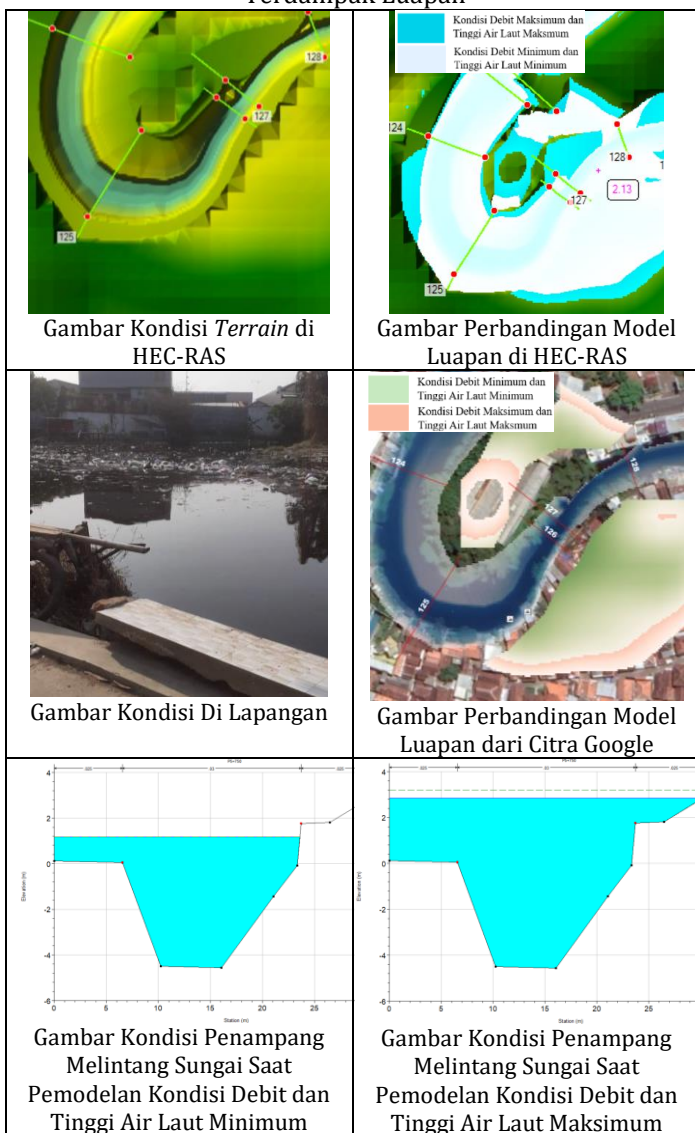
Pemodelan banjir berdasarkan perbedaan kondisi debit dan tinggi air laut dilakukan untuk membandingkan hasil model banjir akibat luapan Sungai Kupang baik pada saat kondisi debit dan tinggi air laut minimum maupun maksimum. Pemodelan banjir dalam kondisi debit dan tinggi air laut minimum dilakukan untuk memodelkan keadaan sungai pada saat kondisi normal atau memodelkan luapan sungai minimum. Debit minimum yang digunakan adalah debit minimum hasil pemodelan debit menggunakan data curah hujan minimum, sedangkan data tinggi air laut di hilir yang digunakan adalah data tinggi air laut minimum yaitu 1,18 meter. Pemodelan banjir dalam kondisi debit dan tinggi air laut maksimum digunakan untuk memodelkan luapan maksimum. Debit maksimum yang digunakan sebagai data debit di hulu Sungai Kupang adalah debit rencana maksimum hasil pemodelan debit periode ulang 50 tahunan pada tahun 2023. Debit rencana periode ulang 50 tahunan pada tahun 2023 adalah debit yang memiliki nilai paling besar sehingga dianggap dapat memodelkan luapan maksimum. Sedangkan data tinggi air laut maksimum yang digunakan di bagian hilir Sungai Kupang adalah tinggi air maksimum saat terjadinya banjir pada bulan Januari 2023 yaitu 1,94 meter. Peta perbandingan hasil pemodelan banjir dalam kondisi debit dan tinggi air laut minimum dan maksimum disajikan pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Perbandingan Hasil Pemodelan Banjir Berdasarkan Perbedaan Kondisi Debit dan Tinggi Air Laut
Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Berdasarkan Gambar 3.7, hasil pemodelan banjir menggunakan debit dan tinggi air laut minimum tetap mengakibatkan luapan Sungai Kupang. Luapan banyak terjadi di bagian hilir sungai. Luapan juga terdapat di beberapa lokasi di sekitar Sungai Kupang yang jauh dari hilir. Luapan tersebut disebabkan oleh air yang mengalir di sungai tidak dapat ditampung semuanya sehingga mengalir dan menggenangi di wilayah sekitar sungai yang memiliki ketinggian lebih rendah dari sekitarnya. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh data geometri berupa data penampang melintang (*cross section*) sungai yang digabungkan dengan data *terrain* berupa data DEMNAS yang digunakan dalam pemodelan banjir menggunakan HEC-RAS kurang baik merepresentasikan kondisi topografi Sungai Kupang dan daerah di sekitarnya sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Contoh kondisi di sekitar Sungai Kupang yang terdampak luapan disajikan Tabel 3.3

Tabel 3.3 Contoh Kondisi di Sekitar Sungai Kupang yang Terdampak Luapan



Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Berdasarkan contoh yang disajikan di Tabel 3.3, daerah di sekitar sungai yang terdampak luapan pada pemodelan menggunakan debit minimum dan tinggi air minimum memiliki topografi yang rendah dibandingkan daerah lain disekitarnya. Sesuai kondisi lapangan, daerah tersebut telah dibangun pengendali banjir berupa tanggul di beberapa sisi bagian sungai. Sesuai kondisi di lapangan dan hasil wawancara dengan masyarakat setempat, pada saat tidak terjadi hujan dan air laut surut, daerah tersebut tidak mengalami luapan sungai, namun sering mengalami luapan sungai ketika air laut mengalami kenaikan dan terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Berdasarkan Gambar 3.7, beberapa daerah yang rawan mengalami luapan air sungai juga telah ditanggulangi oleh pihak Pemerintah Kota Pekalongan dengan menempatkan stasiun pompa, setidaknya ada 7 dari 21 stasiun pompa di Kota Pekalongan berada di dalam wilayah DAS Kupang dan semuanya berada di daerah yang rawan mengalami luapan sungai. Luapan yang terjadi pada hasil pemodelan banjir menggunakan debit minimum dan tinggi air laut minimum akan bertambah luas pada pemodelan banjir menggunakan debit maksimum dan tinggi air laut maksimum. Perbandingan luas luapan di masing-masing Kecamatan di Kota Pekalongan disajikan di Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Perbandingan Luas Luapan Minimum dan Maksimum (km²)

Kecamatan	Luas Luapan Minimum	Luas Luapan Maksimum	Selisih Luas Luapan
Pekalongan Utara	2,792	3,799	1,008
Pekalongan Timur	0,694	1,399	0,706
Pekalongan Barat	0,010	0,024	0,015
Pekalongan Selatan	0,007	0,023	0,016
Jumlah	3,502	5,246	1,744

Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Berdasarkan Tabel 3.4, terjadi penambahan luas luapan di setiap kecamatan. Penambahan luas luapan paling besar terjadi di wilayah Kecamatan Pekalongan Utara sebesar 1,008 km². Sedangkan Kecamatan Pekalongan Selatan adalah kecamatan dengan penambahan luas luapan paling kecil yaitu sebesar 0,016 km².

3.2.2 Analisis Dampak Luapan Sungai Terhadap Penggunaan Lahan

Luapan Sungai Kupang hasil pemodelan banjir menggunakan HEC-RAS menggenangi penggunaan lahan yang ada di DAS Kupang. Analisis menggunakan data luapan sungai hasil pemodelan banjir yang terjadi pada tahun 2023 dengan debit maksimum periode ulang 2 tahunan (Q2), 20 tahunan (Q20), dan 50 tahunan (Q50) dengan tinggi air laut maksimum pada bulan Januari 2023. Analisis menggunakan metode *overlay* terhadap data luapan, data penggunaan lahan DAS Kupang tahun 2023, dan wilayah kecamatan di Kota Pekalongan yang ada di

wilayah DAS Kupang. Dampak luapan sungai terhadap periode ulang disajikan dalam Tabel 3.5 penggunaan lahan di DAS Kupang pada masing-masing

Tabel 3.5 Luas Dampak Luapan Sungai Kupang Terhadap Penggunaan Lahan (km²)

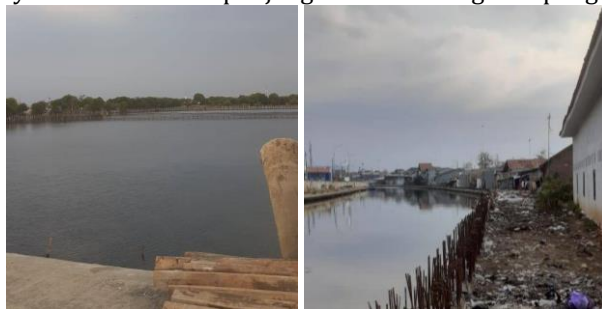
Kecamatan	Air/ Tambak			Hutan / Kebun			Tanah Kosong / Padang Rumput			Pemukiman		
	Q2	Q20	Q50	Q2	Q20	Q50	Q2	Q20	Q50	Q2	Q20	Q50
Pekalongan Utara	1,607	1,609	1,609	0,419	0,419	0,420	0,512	0,514	0,514	0,705	0,711	0,711
Pekalongan Timur	0,203	0,204	0,204	0,111	0,115	0,115	0,131	0,134	0,135	0,331	0,341	0,342
Pekalongan Barat	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,011	0,013	0,013
Pekalongan Selatan	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,005	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005
Jumlah	1,810	1,813	1,813	0,538	0,543	0,543	0,648	0,654	0,655	1,051	1,070	1,071

(Lanjutan) Tabel 3.5 Luas Dampak Luapan Sungai Kupang Terhadap Penggunaan Lahan (km²)

Kecamatan	Tanah Ladang			Semak Belukar			Sawah Irigasi			Sawah Tadah Hujan		
	Q2	Q20	Q50	Q2	Q20	Q50	Q2	Q20	Q50	Q2	Q20	Q50
Pekalongan Utara	0,343	0,344	0,345	0,140	0,140	0,140	0,039	0,039	0,039	0,017	0,017	0,017
Pekalongan Timur	0,194	0,199	0,199	0,070	0,072	0,072	0,296	0,297	0,297	0,033	0,033	0,033
Pekalongan Barat	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pekalongan Selatan	0,539	0,546	0,546	0,211	0,214	0,214	0,335	0,336	0,337	0,051	0,051	0,051
Jumlah	0,343	0,344	0,345	0,140	0,140	0,140	0,039	0,039	0,039	0,017	0,017	0,017

Sumber : (Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Berdasarkan Tabel 3.5, dampak luapan Sungai Kupang terhadap setiap jenis penggunaan lahan semakin meluas dari pemodelan banjir dengan debit periode ulang 2 tahunan (Q2) hingga 50 tahunan (Q50). Pada saat terjadinya debit 50 tahunan, luapan Sungai Kupang berdampak paling besar terhadap badan air atau tambak sebesar 1,813 km² dan lahan pemukiman sebesar 1,071 km², sedangkan dampak paling kecil terjadi pada lahan sawah tadah hujan sebesar 0,017 km². Dampak paling besar terhadap badan air atau tambak terjadi di Kecamatan Pekalongan Utara, hal tersebut mengingat banyaknya tambak ikan dan udang vaname milik masyarakat di Kecamatan Pekalongan Utara. Luapan sungai juga berdampak besar terhadap pemukiman terutama di Kecamatan Pekalongan Utara dan Kecamatan Pekalongan Timur. Hal tersebut terjadi karena pemukiman banyak didirikan di sepanjang bantaran Sungai Kupang.



(A)

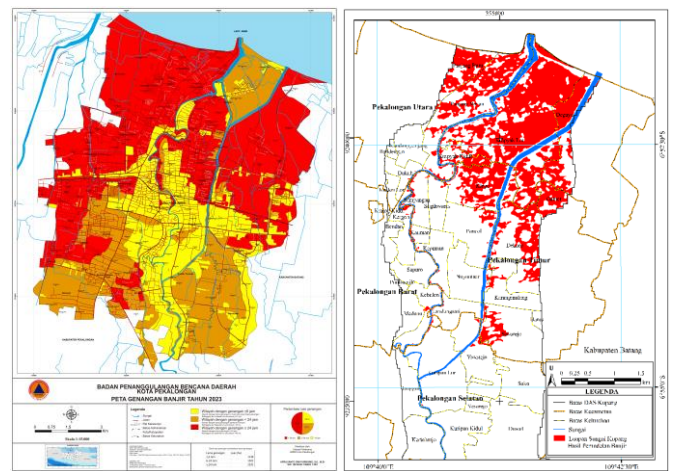
(B)

Gambar 3.8 Tambak Ikan (A) dan Pemukiman di Bantaran Sungai (B) di Kecamatan Pekalongan Utara

Sumber : (Survei lapangan oleh peneliti)

3.2.3. Analisis Perbandingan Sebaran Genangan Banjir Hasil Pemodelan dengan Peta Genangan Banjir BPBD Kota Pekalongan

Analisis perbandingan dilakukan pada data genangan banjir hasil pemodelan dengan peta genangan banjir tahun 2023 dari BPBD Kota Pekalongan. Data genangan banjir hasil pemodelan yang digunakan adalah data genangan dalam kondisi debit maksimum dan tinggi air laut maksimum. Visualisasi perbandingan data genangan banjir disajikan pada Gambar 3.9.



(A)

(B)

Gambar 3.9 Peta Genangan Banjir Tahun 2023 BPBD Kota Pekalongan (A) dan Peta Hasil Pemodelan Banjir (B)

Sumber : (BPBD dan Hasil pengolahan data oleh peneliti)

Berdasarkan Gambar 3.9, peta sebaran genangan banjir dari BPBD Kota Pekalongan dibuat untuk seluruh wilayah saat terjadinya banjir di Kota Pekalongan sedangkan genangan banjir hasil pemodelan hanya dibatasi pada wilayah DAS Kupang. Pada peta genangan banjir tahun 2023 BPBD Kota Pekalongan, genangan menyebar di seluruh Kota Pekalongan. Pada peta genangan banjir BPBD Kota Pekalongan, wilayah banjir diklasifikasikan berdasarkan lamanya genangan yaitu wilayah dengan genangan ≤ 6 jam seluas 1.148 hektar (24,736%), wilayah dengan genangan 6-24 jam seluas 1202 (25,900%), dan wilayah dengan genangan ≥ 24 jam seluas 2291 (49,364%). Sedangkan data genangan banjir hasil pemodelan hanya menyebar di sekitar wilayah hilir Sungai Kupang dan sebagian besar ada di wilayah Kecamatan Pekalongan Utara dan Kecamatan Pekalongan Timur di dalam wilayah DAS Kupang. Banjir hasil pemodelan hanya menggenangi daerah tertentu karena pemodelan banjir menggunakan HEC-RAS didasarkan pada data ketinggian *terrain* yang digunakan dan sifat air yang mengalir dari daerah tinggi ke daerah rendah sehingga air hanya menggenangi daerah dengan ketinggian tertentu. Genangan banjir hasil pemodelan tidak menyebar ke sebagian besar wilayah Kota Pekalongan karena pemodelan hanya menggunakan data geometri sungai kupang dan aliran air hanya berasal dari debit di hulu dan tinggi air laut di hilir Sungai Kupang, sehingga luapan hanya terjadi di Sungai Kupang. Sedangkan pada kondisi nyata, air juga mengalir melalui saluran drainase dan saluran irigasi yang tersebar di seluruh Kota Pekalongan. Aliran air dari debit dan air laut yang tidak bisa ditampung oleh saluran drainase dan saluran irigasi dapat meluap dan menggenangi daerah di sekitarnya

3. Kesimpulan

1. Analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak 50 tahunan menggunakan metode regresi linear berganda menghasilkan korelasi sebesar 0,990 sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan penggunaan lahan berkorelasi kuat dengan perubahan debit puncak di setiap Sub-DAS Kupang. Regresi linear berganda menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,980 dan nilai signifikansi simultan kurang dari 0,05 ($p < 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan penggunaan lahan secara simultan mempengaruhi debit puncak di setiap sub-DAS Kupang secara signifikan. Secara parsial, penggunaan lahan yang berpengaruh terhadap perubahan debit puncak 50 tahunan adalah jenis lahan badan air atau tambak, pemukiman, sawah irigasi, dan sawah tadah hujan. Sedangkan lahan hutan atau kebun dan tanah kosong atau padang rumput secara parsial tidak berpengaruh terhadap debit puncak 50 tahunan.

2. Peta genangan banjir hasil pemodelan menunjukkan bahwa luapan Sungai Kupang di DAS Kupang tetap terjadi pada kondisi debit dan tinggi air laut minimum namun luapan akan meluas pada kondisi debit dan tinggi air laut maksimum. Berdasarkan hasil pemodelan banjir, luapan maksimum Sungai Kupang paling banyak terjadi di wilayah Kecamatan Pekalongan Utara dan berdampak paling besar terhadap penggunaan lahan badan air atau tambak sebesar 1,813 km² dan lahan pemukiman sebesar 1,071 km². Berdasarkan perbandingan dengan data genangan banjir dari BPBD Kota Pekalongan tahun 2023, data genangan banjir hasil pemodelan hanya terdapat di daerah tertentu karena pemodelan banjir menggunakan HEC-RAS didasarkan pada data ketinggian *terrain* yang digunakan dan sifat air yang mengalir dari daerah tinggi ke daerah rendah. Genangan banjir hasil pemodelan tidak menyebar ke sebagian besar wilayah Kota Pekalongan karena pemodelan hanya menggunakan data geometri sungai kupang dan aliran air hanya berasal dari debit di hulu dan tinggi air laut di hilir Sungai Kupang, sehingga luapan hanya terjadi di sekitar Sungai Kupang

4. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

5. Referensi

- BNPB. (2015). *Petunjuk Teknis Penyusunan Peta Ancaman dan Risiko Bencana untuk Tingkat Kabupaten atau Kota*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB. (2016). *InaRisk BNPB*. InaRisk BNPB. <https://inarisk.bnpb.go.id/>
- Bunganaen, W., Frans, J. H., Seran, Y. A., Legono, D., & Krisnayanti, D. S. (2021). Rainfall-Runoff Simulation Using HEC-HMS Model in the Benanain Watershed, Timor Island. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 7(3), 359. <https://doi.org/10.22146/jcef.64782>
- Butler, D., & Davies, J. W. (2011). *Urban Drainage, Fourth Edition*. In *Urban Drainage, Fourth Edition*. Taylor and Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781351174305>
- Eryani, G. A. P., Amerta, I. M. S., & Jayantari, M. W. (2021). Model Calibration Parameter Using Optimization Trial in HEC-HMS for Unda Watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 930(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/930/1/012040>
- Hu, S., & Shrestha, P. (2020). Examine the impact of land use and land cover changes on peak discharges of a watershed in the midwestern United States using the HEC-HMS model. *Papers in Applied Geography*, 6(2),

- 101–118.
<https://doi.org/10.1080/23754931.2020.1732447>
- Istiarto. (2014). *HEC-RAS: Steady atau Unsteady Flow Analysis*.
<https://istiarto.staff.ugm.ac.id/index.php/2014/01/hec-ras-steady-atau-unsteady-flow-analysis/>
- Kumar, S., & Pandey, K. K. (2023). *Rainfall-Runoff Simulation And Modeling Using HEC-HMS Model*. *10(2)*, 667–673.
- Kurniawan, A., & Aminata, F. (2020). *Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Limpasan pada Daerah Aliran Sungai Bondoyudo Kabupaten Lumajang dengan Metode Rasional*.
- Marupah, & Viriayani, A. (2022). Debit Puncak Banjir Berdasarkan Nilai Koefisien Limpasan Das Jenelata Kabupaten Gowa. *Jurnal Teknik Hidro*, *15(1)*, 12–19.
- Nkeki, F. N., Bello, E. I., & Agbaje, I. G. (2022). Flood risk mapping and urban infrastructural susceptibility assessment using a GIS and analytic hierarchical raster fusion approach in the Ona River Basin, Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *77*(May).
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103097>
- Nugraha, A. L., Santosa, P. B., & Aditya, T. (2015). Dissemination of Tidal Flood Risk Map Using Online Map in Semarang. *Procedia Environmental Sciences*, 64–71.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.010>
- Pemerintah Kota Pekalongan. (2023). *Pembangunan Sistem Pengendali Banjir Diharapkan Mampu Tuntaskan Permasalahan Banjir dan Rob*.
<https://pekalongankota.go.id/berita/pembangunan-sistem-pengendali-banjir-diharapkan-mampu-tuntaskan-permasalahan-banjir-dan-rob.html>
- Pratiwi, A. N. & Santosa, P. B. (2021). Pemodelan Banjir dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Kali Kasin Kelurahan Bareng Kota Malang. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, Vol. 4 No. 1 (2021).
<https://doi.org/10.22146/jgise.56525>
- Pratiwi, D. W., & Negara, A. S. (2023). Perbandingan Pola Distribusi Hujan Terukur dan Metode Empiris dalam Perhitungan Debit Banjir Rencana DAS Jurug. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, *3(1)*, 29–42.
<https://doi.org/10.56860/jtsda.v3i1.55>
- Ramadan, A. N. A., Adidarma, W. K., Riyanto, B. A., & Windianita, K. (2017). Penentuan hydrologic soil group untuk perhitungan debit banjir Di Daerah Aliran Sungai Brantas Hulu. *Jurnal Sumber Daya Air*, *13(2)*, 69–82.
<https://doi.org/10.32679/jsda.v13i2.205>
- Samaawa, A., & Hadi, M. P. (2016). Estimasi debit puncak berdasarkan beberapa metode penentuan koefisien limpasan di Sub DAS Kedung Gong, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, *5(1)*, 1–10.
- Suripin. (2003). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Universitas Gadjah Mada.
- Tunas, G. (2005). *Kalibrasi Parameter Model Hec-Hms*. *lim*. US Army Hydrologic Engineering Center. (2000). Hydrologic Modeling System Technical Reference Manual. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual*, March, 148.
- Wahyudi. (2007). *Tingkat Pengaruh Elevasi Pasang Laut Terhadap Banjir Dan Rob Di Kawasan Kaligawe Semarang*. *1(1)*, 27–34.