EVALUASI EFEKTIVITAS BENDUNG RETENSI TERHADAP REDUKSI RISIKO BANJIR MENGGUNAKAN SIMULASI HIDROLIKA DAN CITRA SENTINEL-1

Rony Riduan[1], Mahmud[2] dan Riza Miftahul Khair[1]

[1]Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani km.36, Banjarbaru, 70714, Indonesia

[2]Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani km.36, Banjarbaru, 70714, Indonesia

E-mail: ronyrdn@ulm.ac.id

ABSTRAK

Banjir merupakan bencana hidrometeorologis yang sering melanda Kelurahan Sarang Halang, Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan, akibat curah hujan tinggi, perubahan tata guna lahan, sedimentasi sungai, serta keterbatasan sistem drainase. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas bendung retensi Sarang Halang dalam mengurangi risiko banjir dengan pendekatan integratif berbasis analisis hidrologi, penginderaan jauh, dan pemodelan hidrolika. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan distribusi probabilitas curah hujan untuk memperoleh debit banjir rencana, sedangkan analisis sedimentasi menggunakan metode RUSLE. Simulasi hidrolika dilakukan dengan HEC-RAS 2D dan divalidasi menggunakan citra Sentinel-1 SAR GRD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bendung retensi mampu mereduksi luas genangan banjir secara signifikan, yaitu dari 52,77 ha menjadi 30,18 ha pada kala ulang 25 tahun (reduksi 74,85%) dan dari 98,45 ha menjadi 50,02 ha pada kala ulang 50 tahun (reduksi 86,45%). Debit pelepasan melalui outlet tercatat 7,59 m³/detik sehingga efektif menurunkan puncak limpasan. Kesimpulannya, bendung retensi Sarang Halang terbukti efektif sebagai infrastruktur mitigasi banjir, namun diperlukan pengelolaan sedimentasi dan operasi adaptif pintu air untuk menjaga kinerja jangka panjang.

Kata kunci: banjir, bendung retensi, simulasi hidrolika, Sentinel-1, Sarang Halang

ABSTRACT

Floods are hydrometeorological disasters frequently affecting Sarang Halang Village, Pelaihari District, Tanah Laut Regency, South Kalimantan, caused by high rainfall, land use changes, river sedimentation, and limited drainage systems. This study aims to evaluate the effectiveness of the Sarang Halang retention dam in reducing flood risk through an integrative approach combining hydrological analysis, remote sensing, and hydraulic modeling. Hydrological analysis was conducted using rainfall probability distribution to estimate design flood discharge, while sedimentation analysis employed the RUSLE method. Hydraulic simulation was performed using HEC-RAS 2D and validated with Sentinel-1 SAR GRD imagery. Results indicate that the retention dam significantly reduced flood inundation, from 52.77 ha to 30.18 ha for a 25-year return period (74.85% reduction) and from 98.45 ha to 50.02 ha for a 50-year return period (86.45% reduction). Outflow discharge through the outlet was recorded at 7.59

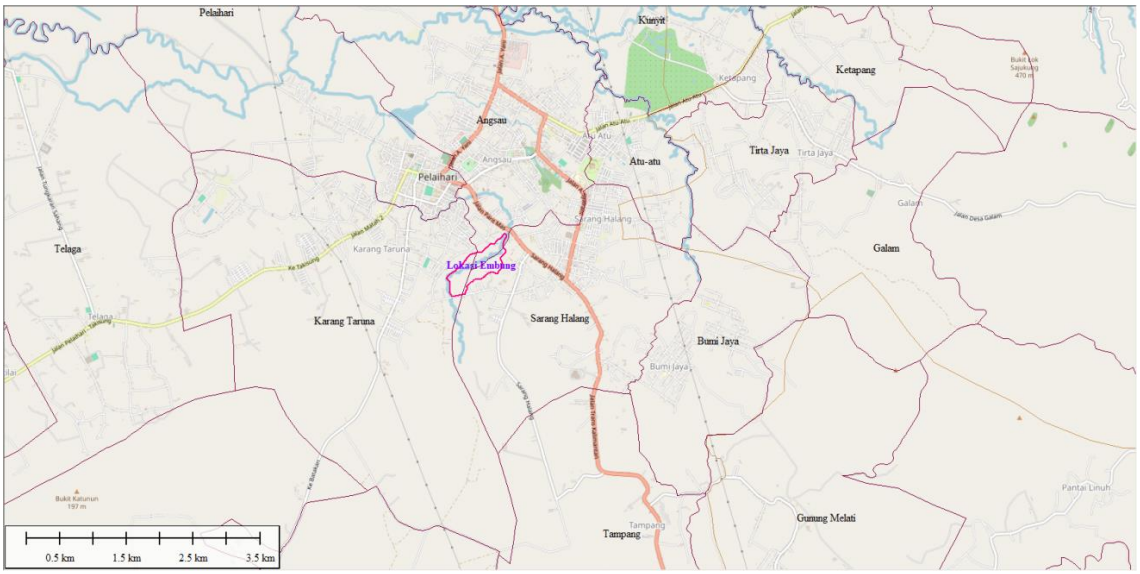
m^3/s, effectively lowering peak runoff. In conclusion, the Sarang Halang retention dam is proven effective as flood mitigation infrastructure, but sediment management and adaptive gate operation are required to maintain long-term performance

Keywords: flood, retention dam, hydraulic simulation, Sentinel-1, Sarang Halang

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Permasalahan

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologis yang paling sering terjadi di wilayah tropis, termasuk Indonesia. Fenomena ini seringkali menyebabkan kerusakan fisik yang parah serta menimbulkan dampak sosial dan ekonomi yang sangat signifikan. Di Indonesia, intensitas banjir meningkat dengan pesat, salah satunya di Kelurahan Sarang Halang, Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan (Gambar 1). Daerah ini kerap dilanda banjir yang disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor, baik alami maupun antropogenik. Beberapa di antaranya adalah curah hujan yang tinggi, degradasi sistem drainase, sedimentasi sungai, serta perubahan tata guna lahan yang tidak terkontrol.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Keadaan geofisik dan iklim di Kalimantan Selatan semakin memperparah situasi banjir. Wilayah tropis memiliki kelembapan tinggi dan curah hujan intensif yang menyebabkan volume aliran permukaan meningkat dalam waktu singkat (Bagaskara & Hartomo, 2024). Perubahan iklim yang ekstrem memperburuk kondisi ini. Ditambah lagi, pertumbuhan permukiman di daerah yang rawan genangan

tanpa disertai dengan pengelolaan drainase yang baik menjadikan Sarang Halang semakin rentan terhadap banjir.

Sebagai bentuk intervensi struktural, pembangunan bendung retensi diadopsi oleh pemerintah daerah untuk menampung air saat terjadi hujan lebat dan melepaskannya secara bertahap untuk mengurangi debit puncak. Namun, efektivitas bendung retensi dalam mengurangi banjir tidak selalu terjamin. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa efektivitas bendung ini bergantung pada desain, karakteristik daerah aliran sungai (DAS), serta perawatan yang berkelanjutan (Reku *et al.*, 2021). Kendala lainnya, di Indonesia, penerapan bendung retensi sering kali terhambat oleh perencanaan yang kurang matang serta keterbatasan dana. Selain itu, perubahan tutupan lahan akibat urbanisasi mengakibatkan peningkatan permukaan kedap air, yang mempercepat aliran permukaan dan memperbesar risiko banjir. Sedimentasi tinggi turut memperkecil kapasitas saluran air dan memperparah potensi luapan (Ni'matussyahara *et al.*, 2022).

Teknologi citra satelit, seperti Sentinel-1 yang mengandalkan *Synthetic Aperture Radar* (SAR), telah terbukti efektif dalam pemetaan genangan banjir, bahkan di bawah kondisi cuaca yang buruk seperti hujan lebat. Penggunaan citra satelit dalam pengelolaan risiko banjir dapat meningkatkan ketepatan pemetaan genangan dan memperluas cakupan wilayah yang terdampak. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi banjir secara real-time, memberikan data yang diperlukan untuk respons cepat dan penilaian kerusakan, serta mengevaluasi infrastruktur pengendali banjir seperti bendung retensi. Sayangnya, penggunaan teknologi ini untuk mengevaluasi kinerja infrastruktur pengendali banjir di Indonesia masih terbatas.

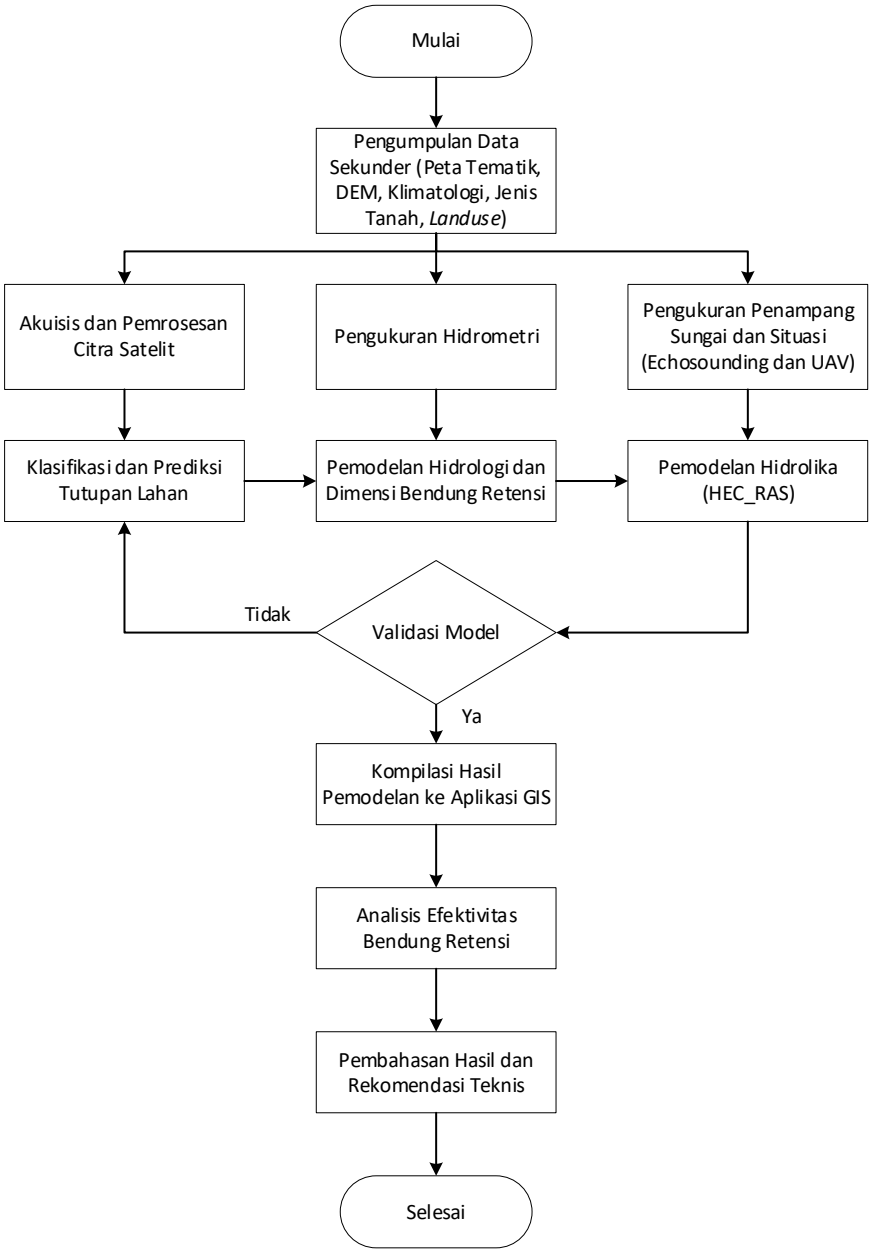
Tantangan dalam mengadopsi teknologi ini di negara berkembang lebih banyak disebabkan oleh keterbatasan akses data dan rendahnya integrasi dengan sistem perencanaan lokal (Melati, 2020). Oleh karena itu, penggabungan data penginderaan jauh dengan pemodelan hidrolika berbasis sistem seperti HEC-RAS dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai perubahan pola genangan dan efektivitas bendung retensi secara kuantitatif.

1.2 Pendekatan Pemecahan Masalah

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas bendung retensi di Kelurahan Sarang Halang dalam mengurangi risiko banjir. Selain itu, penelitian ini juga akan mengeksplorasi pemanfaatan data citra Sentinel-1 untuk meningkatkan akurasi pemetaan genangan banjir serta mengevaluasi apakah pemodelan hidrolika berbasis HEC-RAS 2D dapat merepresentasikan perubahan debit dan genangan akibat bendung retensi. Pendekatan yang digunakan adalah integrasi antara penginderaan jauh dan simulasi hidrolika.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan spasial untuk mengevaluasi efektivitas bendung retensi dalam mengurangi risiko banjir. Pendekatan ini dilakukan dengan mengintegrasikan simulasi hidrolika berbasis HEC-RAS 2D dan data penginderaan jauh dari citra Sentinel-1 SAR. Proyek ini dirancang berlangsung selama 8 bulan dan dibagi dalam tujuh tahapan utama, masing-masing dijelaskan sebagai berikut (Gambar 2):



Gambar 2. Bagan Alir Operasional Penelitian

2.1 Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Pada tahap awal studi literatur mencakup kajian teoritis tentang banjir di daerah tropis, peran bendung retensi, metode pemodelan HEC-RAS 2D, serta pemanfaatan citra penginderaan jauh khususnya Sentinel-1. Tujuan dari tahap ini adalah mengidentifikasi kesenjangan penelitian terdahulu, merumuskan permasalahan, merancang kerangka pemikiran, serta menyusun hipotesis dan tujuan penelitian secara sistematis (Putri & Kristianto, 2021).

2.2 Pengumpulan Data

Tahap ini meliputi proses akuisisi data yang bersifat historis maupun spasial yang relevan terhadap wilayah studi. Data curah hujan historis akan diperoleh dari BMKG setempat yang akan digunakan sebagai input hidrologi. Citra Sentinel-1 GRD akan diakses melalui platform Google Earth Engine. Untuk data topografi, digunakan Digital Elevation Model (DEM) atau SRTM sebagai dasar kontur dalam pemodelan hidraulik. Selain itu, dikumpulkan pula peta penggunaan lahan dan peta batas administrasi untuk mendukung analisis spasial.

2.3 Pra-Pemrosesan Data Sentinel-1

Tahap ini melibatkan serangkaian proses pemrosesan awal terhadap data Sentinel-1 menggunakan Google Earth Engine (GEE). Prosedur yang dilakukan meliputi koreksi geometrik dan radiometrik citra, penghilangan speckle menggunakan filter adaptif, dan klasifikasi genangan dengan pendekatan thresholding terhadap nilai backscatter. Ambang batas nilai backscatter ditentukan berdasarkan pengamatan temporal sebelum dan sesudah banjir, serta diverifikasi secara spasial dengan data referensi (Melati, 2020).

2.4 Pemodelan HEC-RAS

Pemodelan hidrolika dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS versi 2D untuk merepresentasikan dinamika aliran sungai dan banjir permukaan. Simulasi akan dilakukan untuk dua skenario, yaitu kondisi sebelum dan sesudah pembangunan bendung retensi. Parameter input utama meliputi data DEM yang telah direvisi, koefisien kekasaran aliran (Manning's n) yang diklasifikasikan berdasarkan tipe penggunaan lahan, kondisi batas atas dan bawah (*boundary condition*), serta data debit masuk (*inflow hydrograph*) yang diestimasi dari curah hujan. Peta jaringan sungai dan sistem drainase juga akan digunakan untuk memperjelas aliran dalam sistem DAS.

2.5 Kalibrasi dan Validasi

Model hidrolika yang telah disusun kemudian dikalibrasi untuk memastikan bahwa hasil simulasi mendekati kondisi aktual. Proses ini dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi banjir terhadap luasan genangan yang diperoleh dari citra Sentinel-1 yang telah diproses. Validasi dilakukan menggunakan metode perbandingan spasial, serta pengukuran akurasi menggunakan *confusion matrix, koefisien Kappa,* dan *overall accuracy*. Apabila tersedia, data observasi lapangan seperti kedalaman genangan dan dokumentasi visual banjir juga digunakan sebagai bahan verifikasi.

2.6 Analisis Efektivitas Bendung Retensi

Analisis efektivitas dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan untuk dua skenario. Luasan dan kedalaman genangan dibandingkan secara spasial menggunakan metode overlay. Selain itu, dilakukan perhitungan pengurangan debit puncak (ΔQ) serta perubahan luasan genangan (ΔArea). Untuk memberikan dimensi kuantitatif dalam evaluasi risiko, digunakan indikator seperti Hydrological Risk Index yang menghitung perubahan frekuensi dan cakupan banjir. Hasil dari analisis ini akan menggambarkan seberapa besar kontribusi bendung retensi dalam mitigasi risiko banjir (Reku *et al.*, 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bendung retensi di Kelurahan Sarang Halang efektif dalam menurunkan risiko banjir. Penurunan luas genangan yang signifikan, yaitu lebih dari 70% pada Q25 dan 86% pada Q50, menegaskan pentingnya infrastruktur ini dalam mitigasi bencana. Penggunaan citra Sentinel-1 sebagai data validasi tidak hanya meningkatkan akurasi pemodelan, tetapi juga memperkaya analisis hidrologi dan hidrolika yang dilakukan. Penginderaan jauh, terutama dengan teknologi radar seperti Sentinel-1, memungkinkan pemantauan yang lebih akurat terhadap perubahan permukaan tanah dan pola genangan air, sehingga memberikan informasi yang lebih baik untuk pengambilan keputusan dalam manajemen banjir (Blöschl, G., *et al.*, 2019).

Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah sedimentasi, yang dapat mengurangi kapasitas tampungan bendung dalam jangka panjang. Tanpa adanya intervensi yang tepat, seperti pengerukan berkala, kapasitas ini akan terus menurun, sehingga mengancam keberlanjutan fungsi bendung. Oleh karena itu, strategi operasi adaptif pintu air dan pengelolaan tata guna lahan di hulu daerah aliran sungai (DAS) menjadi sangat penting. Pengelolaan yang baik dapat memperpanjang umur bendung dan meningkatkan efektivitasnya dalam mengurangi risiko banjir (Teng, J., *et al.*, 2017).

Integrasi penginderaan jauh dan pemodelan hidrolika dalam penelitian ini membuka peluang untuk mengembangkan Decision Support System (DSS) berbasis geospasial. DSS ini dapat membantu dalam perencanaan dan pengelolaan banjir secara berkelanjutan di wilayah Kalimantan Selatan. Dengan memanfaatkan data geospasial, pengambil keputusan dapat lebih mudah merencanakan intervensi yang diperlukan, memantau kondisi terkini, dan merespons dengan cepat terhadap potensi banjir (Schumann & Bates, 2018).

Penelitian ini berfokus pada efektivitas bendung retensi dalam menurunkan risiko banjir di Kelurahan Sarang Halang, dengan memanfaatkan berbagai data dan metode analisis yang komprehensif. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan teknologi modern dan metode ilmiah yang tepat sangat penting dalam merencanakan dan mengelola infrastruktur pengendalian banjir.

3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup beberapa aspek penting yang berkontribusi pada pemodelan hidrologi dan hidrolika untuk pengelolaan banjir.

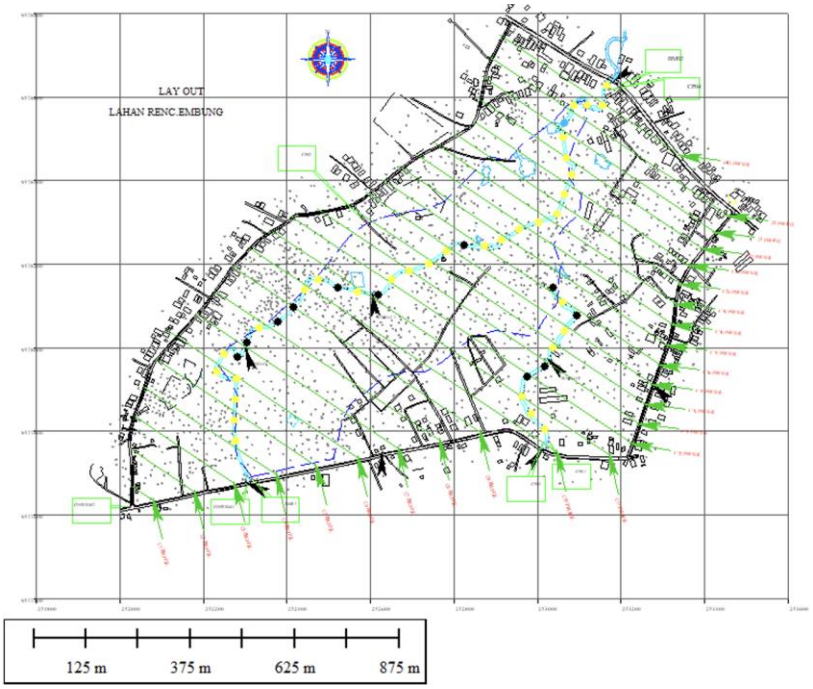
1. Data Hidrologi

Data curah hujan harian maksimum selama 20 tahun dari stasiun BMKG terdekat dianalisis untuk menentukan pola curah hujan. Uji Chi-Square dan Kolmogorov-Smirnov digunakan untuk menentukan distribusi data, dengan hasil menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson III paling sesuai. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pemilihan distribusi yang tepat sangat penting dalam analisis hidrologi, karena dapat mempengaruhi estimasi debit banjir rencana (Gesch, 2018).

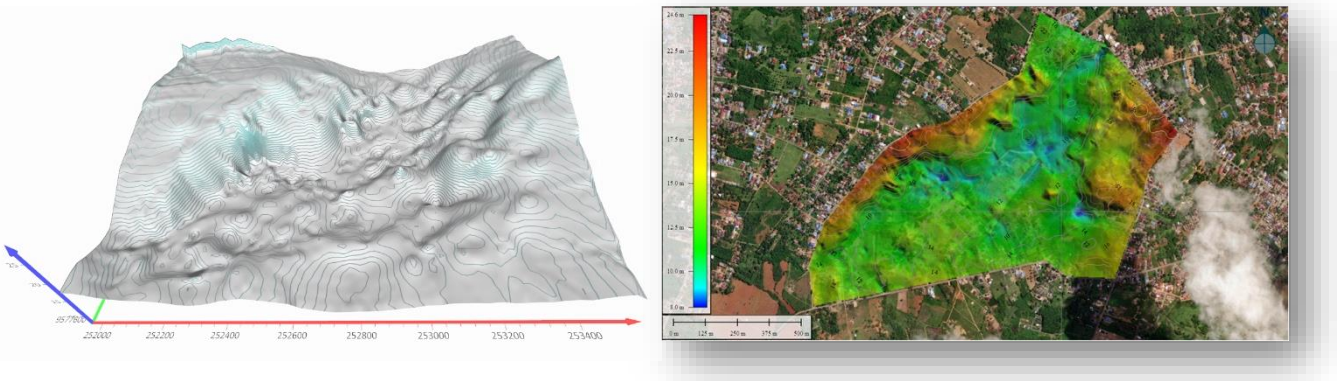
Debit banjir rencana yang diperoleh dari analisis ini adalah sebagai berikut: Q2 = 20,17 m^3/det, Q5 = 29,64 m^3/det, Q10 = 36,15 m^3/det, Q25 = 42,41 m^3/det, Q50 = 51,91 m^3/det, dan Q100 = 60,35 m^3/det. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa bendung retensi harus dirancang untuk menahan debit puncak yang signifikan, terutama pada skenario Q25 dan Q50. Pemodelan hidrologi yang akurat dapat membantu dalam perencanaan infrastruktur yang lebih efektif untuk mengurangi risiko banjir (Hirsch & Ryberg, 2012).

2. Data Topografi

Penggunaan Digital Elevation Model (DEM) yang dipadukan dengan survei lapangan menggunakan pengukuran langsung, UAV dan echosounding menghasilkan peta topografi yang detail (Gambar 3 dan Gambar 4). Pemetaan topografi yang akurat sangat penting untuk pemodelan hidrolika yang efektif (Morris & Fan, 1998). Data UAV juga meningkatkan resolusi DEM, memungkinkan model HEC-RAS untuk merepresentasikan aliran dan genangan dengan lebih akurat (Clement *et al.*, 2018).



Gambar 3. Wilayah Pengukuran



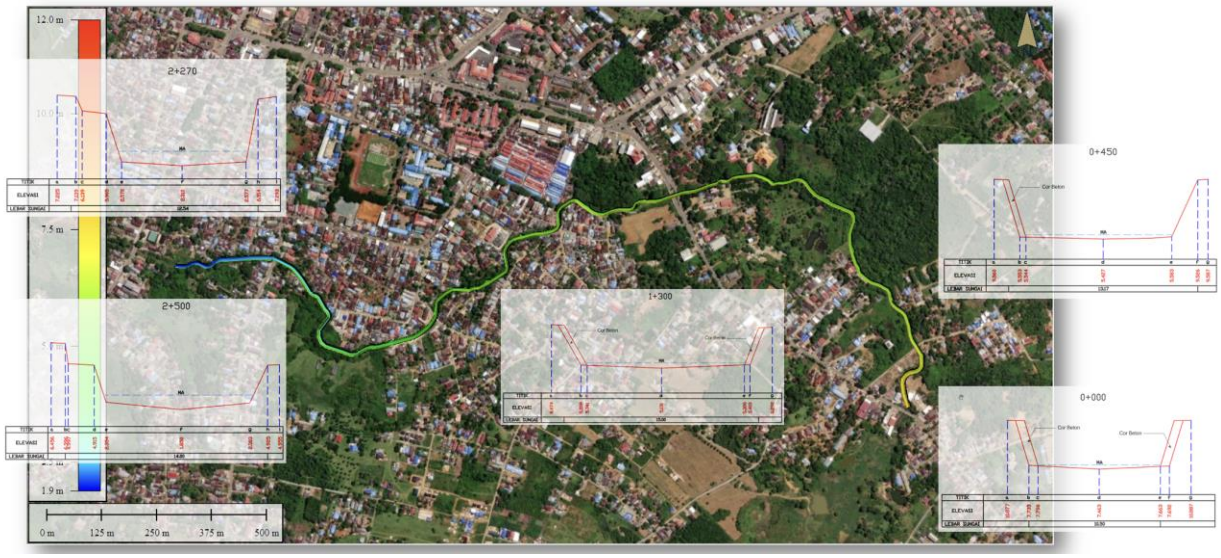
Gambar 4. Pengolahan Data Pengukuran

3. Data Hidrometri

Pengukuran debit sungai dilakukan dengan current meter di beberapa penampang sungai. Data ini digunakan sebagai verifikasi untuk pemodelan hidrolika. Pengukuran debit yang akurat sangat penting untuk validasi model hidrologi (Kondolf, G. M., *et al.*, 2014).

4. Data Echosounding

Survei batimetri (Gambar 5) menggunakan *single beam echosounder* memberikan informasi penting tentang profil dasar sungai dan kapasitas tampungan sungai. Penelitian terkait oleh Merz, B., *et al.* (2010) menggarisbawahi pentingnya data batimetri dalam perencanaan manajemen sedimentasi.



Gambar 5. Pengukuran Penampang Sungai

5. Data Citra Sentinel-1 SAR

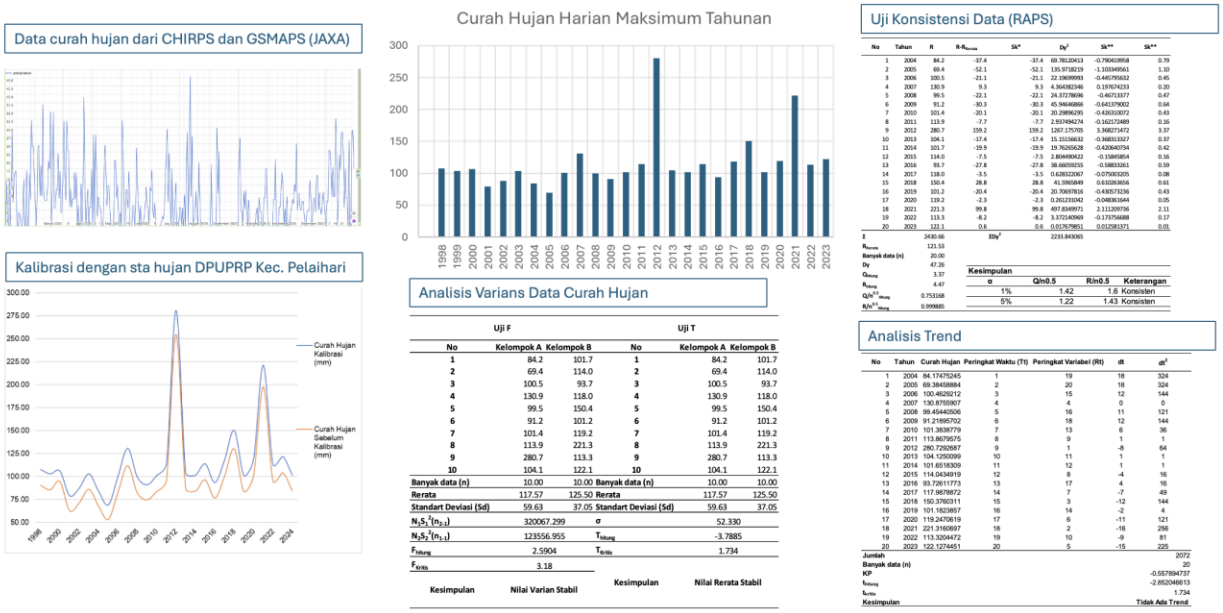
Penggunaan citra Sentinel-1 untuk validasi spasial model banjir menunjukkan akurasi yang tinggi (>85%) dan koefisien Kappa >0,75, yang menunjukkan bahwa integrasi penginderaan jauh dan simulasi hidrolika menghasilkan representasi yang akurat terhadap kondisi banjir di lapangan.

6. Data Sedimentasi

Analisis RUSLE menunjukkan total sedimentasi 624.235 m³ dalam 50 tahun, yang berimplikasi pada penurunan umur layan bendung. Tanpa pengerukan, kapasitas efektif waduk akan berkurang signifikan dalam 30–50 tahun. Sedimentasi dapat secara signifikan mempengaruhi kapasitas tampungan bendung dan umur layan infrastruktur (Blöschl, G., *et al.*, 2019).

3.2 Analisis Hidrologi

Hasil perhitungan debit banjir rencana berdasarkan data hujan (Gambar 6) menunjukkan bahwa bendung retensi harus mampu menahan debit puncak antara 42,41 m³/det (Q25) hingga 51,91 m³/det (Q50). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya perencanaan yang berbasis data hidrologi (Tellman, B., *et al.*, 2021).



Gambar 6. Analisis Hidrologi

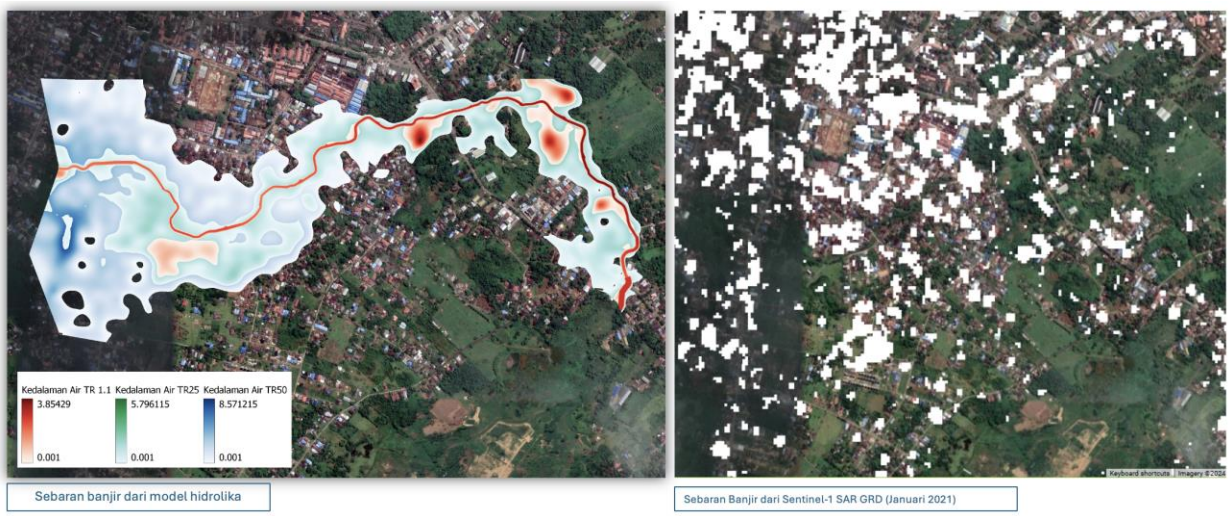
3.3 Analisis Hidrolika

Setelah mendapatkan data hidrologi, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis hidrolika menggunakan model HEC-RAS 2D. Pemodelan ini dilakukan untuk dua skenario: pra-bendung dan pasca-bendung. Dalam skenario pra-bendung, analisis menunjukkan bahwa luas genangan pada Q25 mencapai 52,77 ha dan pada Q50 mencapai 98,45 ha. Data ini menunjukkan bahwa sebelum adanya bendung, area yang terendam banjir cukup luas, yang berpotensi menyebabkan kerugian ekonomi dan sosial yang signifikan.

Setelah pembangunan bendung, analisis menunjukkan adanya pengurangan luas genangan yang signifikan (Gambar 7 dan Gambar 8). Pada skenario pasca-bendung, luas genangan pada Q25 berkurang menjadi 30,18 ha, yang merupakan reduksi sebesar 22,59 ha atau 74,85%. Pada Q50, luas genangan berkurang menjadi 50,02 ha, dengan reduksi sebesar 48,43 ha atau 86,45%. Hasil ini menunjukkan bahwa bendung retensi sangat efektif dalam mengurangi risiko banjir, sejalan dengan temuan Palmieri, A., *et al.* (2003), yang menyatakan bahwa infrastruktur pengendalian banjir dapat secara signifikan mengurangi luas genangan.

Gambar 7. Reduksi Sebaran Banjir

Debit pelepasan (*outflow*) melalui outlet bendung tercatat 7,59 m³/det, yang menunjukkan kapasitas bendung dalam mengatur limpasan agar debit puncak tidak langsung masuk ke aliran sungai. Hal ini sangat penting untuk mengurangi tekanan pada sistem drainase yang ada dan mencegah banjir di hilir. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pengelolaan debit aliran sangat penting untuk mencegah banjir (Dawson, R. J., *et al.*, 2005).



Gambar 8. Perbandingan Sebaran Banjir dengan Sentinel-1 SAR

3.4 Validasi Model

Validasi model merupakan langkah penting dalam memastikan akurasi hasil pemodelan. Dalam penelitian ini, hasil overlay peta genangan model HEC-RAS dengan citra Sentinel-1 menunjukkan akurasi total lebih dari 85% dengan koefisien Kappa lebih dari 0,75. Ini menegaskan bahwa integrasi penginderaan jauh dengan simulasi hidrolika menghasilkan representasi yang akurat terhadap kondisi banjir di lapangan.

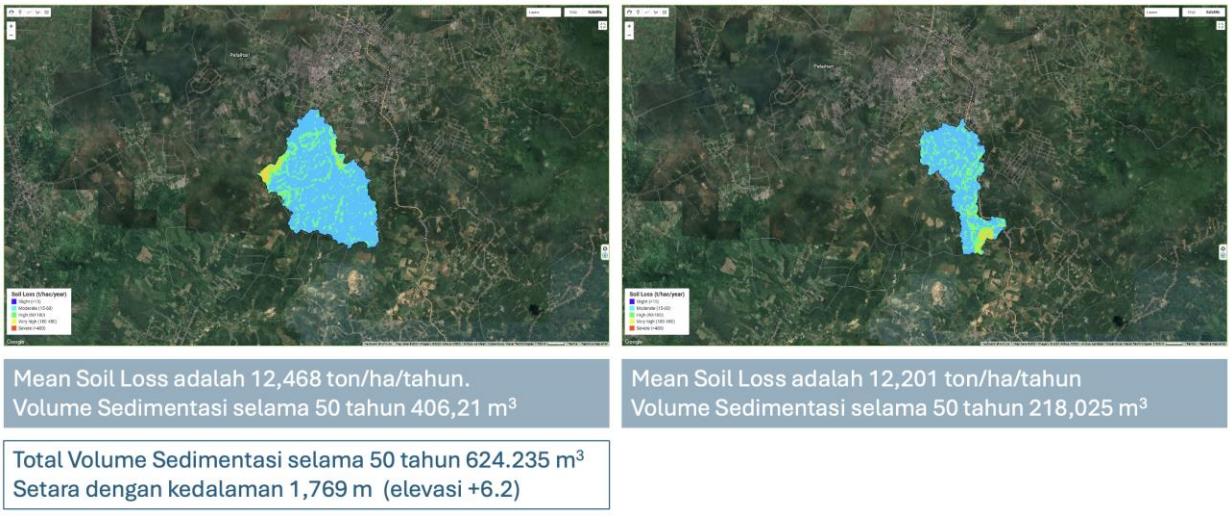
Penggunaan citra Sentinel-1 sebagai data validasi telah terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi pemodelan. Teknologi penginderaan jauh dapat memberikan informasi yang berharga dalam pemantauan

banjir dan validasi model hidrologi (Schumann *et al.*, 2009). Dengan memanfaatkan data ini, pengambil keputusan dapat lebih percaya diri dalam merencanakan intervensi yang diperlukan untuk mitigasi risiko banjir.

3.5 Analisis Sedimentasi

Salah satu tantangan utama yang dihadapi dalam pengelolaan bendung adalah sedimentasi. Dalam penelitian ini, analisis menggunakan RUSLE menunjukkan total sedimentasi sebesar 624.235 m³ dalam 50 tahun (Gambar 9). Hal ini setara dengan rata-rata 1,769 m kedalaman sedimen, yang berimplikasi pada penurunan umur layan bendung jika tidak dilakukan pengerukan secara berkala. Penelitian terkait (Morris & Fan, 1998) menunjukkan bahwa sedimentasi dapat secara signifikan mempengaruhi kapasitas tampungan bendung dan umur layan infrastruktur.

Tanpa upaya pengerukan, kapasitas efektif waduk akan berkurang secara signifikan dalam 30–50 tahun. Oleh karena itu, rekomendasi teknis meliputi pengelolaan DAS hulu dan operasi rutin pengerukan untuk mengatasi masalah sedimentasi (Kondolf *et al.*, 2014). Pentingnya pengelolaan sedimentasi dalam perencanaan infrastruktur pengendalian banjir untuk memastikan keberlanjutan fungsi bendung (Kondolf *et al.*, 2014).



Gambar 9. Sebaran Banjir Model Hidrolika dan Sentinel-1

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bendung retensi di Kelurahan Sarang Halang efektif dalam menurunkan risiko banjir, dengan pengurangan luas genangan yang signifikan. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah sedimentasi, yang dapat mengurangi kapasitas tampungan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, strategi operasi adaptif, pengerukan berkala, dan pengelolaan tata guna lahan di hulu DAS menjadi rekomendasi penting. Integrasi penginderaan jauh dan pemodelan hidrolika membuka peluang untuk pengembangan Decision Support System (DSS) berbasis geospasial, yang mendukung perencanaan dan pengelolaan banjir secara berkelanjutan di wilayah Kalimantan Selatan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi, pemodelan hidrolika dua dimensi, analisis sedimentasi, dan validasi menggunakan citra Sentinel-1, diperoleh beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Bendung retensi Sarang Halang terbukti efektif dalam mereduksi luas genangan banjir. Pada kala ulang 25 tahun (Q25) dan 50 tahun (Q50), terjadi penurunan luas genangan secara signifikan dibandingkan kondisi pra-bendung, yang menunjukkan peran bendung dalam menahan dan mengendalikan limpasan puncak.
2. Struktur bendung mampu menurunkan debit puncak melalui mekanisme tampungan dan pelepasan terkendali. Debit pelepasan (outflow) sebesar 7,59 m^3/detik menunjukkan bahwa bendung berfungsi sebagai pengatur aliran yang mengurangi tekanan hidraulik pada wilayah hilir.
3. Model hidrolika yang dikembangkan memiliki tingkat keandalan yang baik. Hasil validasi spasial dengan citra Sentinel-1 menunjukkan akurasi lebih dari 85% dan koefisien Kappa di atas 0,75, sehingga model mampu merepresentasikan kondisi genangan aktual secara memadai.
4. Sedimentasi menjadi faktor pembatas utama terhadap keberlanjutan kinerja bendung. Estimasi sedimentasi sebesar 624.235 m^3 dalam 50 tahun menunjukkan potensi penurunan kapasitas tampungan yang signifikan apabila tidak diimbangi dengan strategi pengelolaan sedimen yang tepat.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini adalah:

1. Penelitian lanjutan perlu mengintegrasikan skenario perubahan iklim dan perubahan tata guna lahan guna mengevaluasi ketahanan bendung retensi terhadap peningkatan intensitas hujan ekstrem dan dinamika penggunaan lahan di masa depan.
2. Pengembangan model hidrodinamika yang lebih komprehensif, termasuk simulasi multi-kejadian banjir dan analisis sensitivitas parameter, diperlukan untuk meningkatkan ketelitian prediksi dan mengurangi ketidakpastian model.
3. Kajian terpadu antara dinamika sedimentasi dan operasi bendung dalam jangka panjang perlu dilakukan melalui pendekatan pemodelan numerik maupun monitoring periodik, sehingga dapat diperoleh proyeksi umur layan infrastruktur yang lebih akurat.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lambung Mangkurat (ULM) atas dukungan pendanaan melalui skema Program Dosen Wajib Meneliti (PDWM) Tahun 2025, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik sesuai dengan tahapan yang direncanakan. Apresiasi juga disampaikan kepada pimpinan Fakultas Teknik dan Program Studi Teknik Lingkungan ULM atas dukungan administratif dan akademik selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih diberikan kepada seluruh anggota tim peneliti yang telah berkontribusi dalam pengumpulan data lapangan, pengolahan data, pemodelan hidrologi dan hidrolika, serta penyusunan luaran penelitian. Penulis juga mengucapkan

terima kasih kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Tanah Laut dan pihak-pihak terkait yang telah memberikan izin, akses data, serta dukungan teknis selama kegiatan survei dan pengukuran lapangan berlangsung.

Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis dalam pengembangan teknologi pengendalian banjir serta mendukung pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan di Kalimantan Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

Bagaskara, A. A., & Hartomo, K. D. (2024). Classification of flood-prone areas using 10-fold cross validation and K-nearest neighbors. *Sistemasi, 13*(1), 315.

Blöschl, G., Hall, J., Viglione, A., Perdigão, R. A. P., Parajka, J., Merz, B., & Živković, N. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature, 573(7772), 108–111. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6.

Clement, M. A., Kilsby, C. G., & Moore, P. (2018). Multi-temporal synthetic aperture radar flood mapping using change detection. *Remote Sensing of Environment, 210*, 347–361.

Costabile, P., Costanzo, C., Ferraro, D., & Petaccia, G. (2020). Two-dimensional hydraulic modelling of river floods: Advantages and limitations. *Journal of Flood Risk Management, 13*(2), e12534.

Dawson, R. J., Hall, J. W., Bates, P. D., & Nicholls, R. J. (2005). Quantified analysis of the probability of flooding in the Thames Estuary. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Water Management, 158*(4), 205–215.

Gesch, D. B. (2018). Best practices for elevation-based assessments of sea-level rise and coastal flooding exposure. *Frontiers in Earth Science, 6*, 230.

Hidayah, E. (2023). Penilaian risiko banjir dengan pendekatan rasio frekuensi dan AHP di Sub-DAS Jompo, Jember, Jawa Timur. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, 21*(1), 47.

Hirsch, R. M., & Ryberg, K. R. (2012). Has the magnitude of floods across the USA changed with global CO_2 levels? *Hydrological Sciences Journal, 57*(1), 1–9.

Kondolf, G. M., Gao, Y., Annandale, G. W., Morris, G. L., Jiang, E., Zhang, J., Cao, Y., Carling, P., Fu, K., Guo, Q., Hotchkiss, R., Peteuil, C., Sumi, T., Wang, H., Wang, Z., Wei, Z., Wu, B., Wu, C., & Yang, C. T. (2014). Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers. *Journal of Hydrology, 519*, 2569–2582.k

Melati, D. N. (2020). Disruptive technology through satellite imagery big data in disaster risk reduction: Opportunity and challenge. *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana, 14*(2), 62–69.

Merz, B., Hall, J., Disse, M., & Schumann, A. (2010). Fluvial flood risk management in a changing world. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 10*(3), 509–527.

Morris, G. L., & Fan, J. (1998). *Reservoir sedimentation handbook: Design and management of dams, reservoirs, and watersheds for sustainable use*. McGraw-Hill.

Ni'matussyahara, D., Muryani, C., & Wijayanti, P. (2022). Study of implementation of flood risk management (FRM) to minimize the impact of damage caused by flood disaster risk in a region: Literature review. *Social Humanities and Educational Studies (SHES) Conference Series, 5*(4), 281.

Palmieri, A., Shah, F., & Dinar, A. (2003). Economics of reservoir sedimentation and sustainable management of dams. *Journal of Environmental Management, 69*(2), 149–163.brown

Putri, D. M., & Kristianto, A. (2021). Prediksi debit Sungai Bengawan Solo menggunakan Numerical Weather Model Global Forecast System dan Integrated Flood Analysis System. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, *5*(1), 41–50.

Reku, M. U., Poernomo, Y. C. S., Winarto, S., & Yamin, A. (2021). Mengurangi resiko banjir pada Sungai Bruno Kediri dengan konstruksi bendung. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 4*(2), 114.

Riduan, R., Heraningtyas, C., Abdi, C., & Mazaya, G. I. (2024). Perencanaan sistem drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) di Kecamatan Banjarbaru Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 22*(4), 987–995.

Riduan, R., Perdana, A. B., Abdi, C., & Khair, R. M. (2023). Perkiraan debit aliran Sungai Kemuning Banjarbaru menggunakan penginderaan jauh. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan), 9*(2).

Roberts, P. M. (2021). Sedimentation rates in reservoirs: Implications for management. *Water Research, 190*.

Schumann, G. J.-P., & Bates, P. D. (2018). The need for a high-accuracy, open-access global DEM. *Frontiers in Earth Science, 6*, 225.

Schumann, G., Di Baldassarre, G., & Bates, P. (2009). The utility of spaceborne radar to render flood inundation maps based on multialgorithm ensembles. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 47*(8), 2801–2807.carter

Tellman, B., Sullivan, J. A., Kuhn, C., Kettner, A. J., Doyle, C. S., Brakenridge, G. R., Erickson, T. A., & Slayback, D. A. (2021). Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods. *Nature, 596*(7870), 80–86.

Teng, J., Jakeman, A. J., Vaze, J., Croke, B. F., Dutta, D., & Kim, S. (2017). Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. *Environmental Modelling & Software, 90*, 201–216.

Zainal, N. N., & Abu Talib, S. H. (2024). Review paper on applications of the HEC-RAS model for flooding, agriculture, and water quality simulation. *Water Practice & Technology, 19*(7), 2883–2900.