



## Pendekatan *Nature-based Solutions* dalam Meningkatkan Ketahanan Jaringan Jalan dan Drainase di Kawasan Permukiman Pesisir terhadap Banjir Rob (Studi Kasus: Desa Sriwulan, Kecamatan Sayung)

Enhancing Road and Drainage Network Resilience against Tidal Flooding in Coastal Areas through Nature-based Solutions: A Case Study of Sriwulan Village, Sayung District

Received:12-01-2026

Accepted:22-04-2026

Published:30-04-2026

Tiaranoor Andolia<sup>1\*</sup>, Dewi Ilma Mustafidah<sup>2</sup>, Jamilla Kautsary<sup>3</sup>, Eppy Yuliani<sup>4</sup>

Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Islam Sultan Agung, Kota Semarang, Indonesia

\*Corresponding Author. E-mail: [tiaaraan872@gmail.com](mailto:tiaaraan872@gmail.com)

### ABSTRAK

Desa Sriwulan di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, merupakan kawasan pesisir yang sangat rentan terhadap banjir rob akibat kombinasi kenaikan muka air laut, penurunan muka tanah, dan karakteristik topografi dataran rendah. Kondisi ini berdampak signifikan terhadap kinerja jaringan jalan dan sistem drainase yang sebagian besar masih dibangun dengan pendekatan struktural konvensional dan bersifat reaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting jaringan jalan dan drainase serta merumuskan strategi peningkatan ketahanannya melalui pendekatan *Nature-based Solutions* (NbS). Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan studi kasus melalui observasi lapangan, wawancara, dan *Focus Group Discussion* (FGD), yang dianalisis secara deskriptif dengan mengacu pada kerangka CRM–NbS *toolkit*. Kondisi yang ada di Desa Sriwulan jaringan jalan dan drainase selalu rusak diterpa oleh ombak laut setiap tahunnya. Dalam penelitian ini ditemukan adaptasi jalan dan drainase yang sudah menggunakan pendekatan *Nature-based Solutions* (NbS). Temuan ini antara lain pembuatan talud dengan bahan bambu untuk melindungi jalan, dan penanaman mangrove di sekitar drainase. Pendekatan NbS dinilai mampu meningkatkan ketahanan infrastruktur secara adaptif, berkelanjutan, dan inklusif, sehingga berpotensi menjadi model bagi kawasan pesisir lain dengan karakteristik serupa.

**Kata kunci:** banjir rob; *Nature-based Solutions* (NbS); ketahanan infrastruktur

### ABSTRACT

Sriwulan Village, located in Sayung District, Demak Regency, is a highly vulnerable coastal area exposed to recurrent tidal flooding due to sea level rise, land subsidence, and low-lying topography. These conditions significantly affect the performance of road and drainage networks, which have predominantly been developed using conventional and reactive structural approaches. This study aims to evaluate the existing conditions of road and drainage infrastructure and to formulate strategies for enhancing their resilience through a Nature-based Solutions (NbS) approach. A qualitative case study method was employed, involving field observations, interviews, and Focus Group Discussions (FGDs), analyzed descriptively using the CRM–NbS toolkit framework. In Sriwulan Village, the road and drainage networks are consistently damaged by ocean waves each year. The study identifies road and drainage adaptation measures that already incorporate a Nature-based Solutions (NbS) approach. These findings include the construction of bamboo revetments to protect roads and the planting of mangroves around drainage channels. The NbS approach is considered capable of enhancing infrastructure resilience in an adaptive, sustainable, and inclusive manner, thereby potentially serving as a model for other coastal areas with similar characteristics.

**Keywords:** tidal flooding; Nature-based Solutions (NbS); infrastructure resilience.



## 1. Pendahuluan

Perubahan iklim meningkatkan risiko banjir pesisir melalui kenaikan muka air laut, intensifikasi kejadian ekstrem, dan peningkatan keterpaparan permukiman serta infrastruktur dasar di kawasan dataran rendah. IPCC menegaskan bahwa kenaikan muka air laut berkontribusi terhadap peningkatan risiko banjir, erosi, dan salinisasi di wilayah pesisir, sehingga adaptasi berbasis ketahanan menjadi kebutuhan mendesak dalam perencanaan wilayah dan infrastruktur (IPCC, 2023). Risiko tersebut semakin kompleks pada wilayah pesisir yang juga mengalami penurunan muka tanah, karena penurunan elevasi daratan memperbesar peluang genangan dan memperpanjang durasi banjir. Dalam konteks infrastruktur, Dubois et al. (2024) menunjukkan bahwa kenaikan muka air laut dapat meningkatkan muka air tanah di kota pesisir, memicu banjir akibat kejenuhan tanah, serta memberi tekanan tambahan pada infrastruktur eksisting. Studi terbaru juga menunjukkan bahwa pendekatan struktural konvensional seperti tanggul dan seawall sering efektif dalam jangka pendek, tetapi dapat menimbulkan biaya tinggi dan dampak ekologis, sehingga perlu dilengkapi dengan Nature-based Solutions (NbS) yang memanfaatkan fungsi ekosistem untuk mereduksi risiko banjir pesisir (Justine et al., 2025). Marino et al. (2025) menegaskan bahwa habitat pesisir dan intervensi berbasis alam dapat berperan sebagai komponen penting dalam pengurangan risiko banjir, khususnya ketika dinilai melalui pendekatan pemodelan yang menghubungkan fungsi ekosistem dengan perlindungan infrastruktur. Oleh karena itu, kajian mengenai ketahanan jaringan jalan dan drainase di kawasan permukiman pesisir menjadi relevan secara global, karena infrastruktur tersebut merupakan sistem dasar mobilitas, akses layanan, dan aktivitas ekonomi masyarakat yang semakin terancam oleh kombinasi perubahan iklim, banjir rob, dan penurunan tanah.

Riset mengenai Nature-based Solutions (NbS) untuk meningkatkan ketahanan jaringan jalan dan drainase di kawasan permukiman pesisir masih sangat relevan karena agenda riset terbaru bergerak dari sekadar konservasi ekosistem menuju penguatan infrastruktur dasar yang terdampak banjir. Justine dan Seenath (2025) menunjukkan bahwa kawasan pesisir dihuni oleh lebih dari sepertiga populasi dunia, sementara vegetasi pesisir seperti mangrove, saltmarsh, dan seagrass dapat menurunkan energi gelombang hingga 72% dan tinggi gelombang hingga 66%, sehingga NbS menjadi pendekatan penting dalam pengurangan risiko banjir pesisir. Relevansi tersebut juga terlihat pada studi Marino et al. (2025) yang mengembangkan kerangka pemodelan kuantitatif untuk menilai jasa ekosistem NbS dalam pengurangan risiko banjir pesisir, karena penilaian berbasis skor kualitatif dianggap belum cukup untuk mendukung keputusan adaptasi iklim. Pada konteks drainase, Cansian et al. (2025) meninjau literatur Scopus dan Web of Science periode 2020 sampai 2024 dan menemukan bahwa Sustainable Urban Drainage Systems berbasis NbS semakin banyak dikaji dengan integrasi pemodelan hidrologi, kecerdasan buatan, penginderaan jauh, dan pemantauan real-time. Studi Radu et al. (2025) juga menunjukkan bahwa pendekatan infrastruktur abu-abu saja hanya mengurangi 10 sampai 20% area terdampak banjir, sedangkan kombinasi infrastruktur hijau dan abu-abu mampu menurunkan puncak muka air rata-rata 0,76 meter. Di sisi infrastruktur transportasi, Webber et al. (2025) menegaskan bahwa jalan, jembatan, culvert, jalur kereta, dan embankment semakin rentan terhadap banjir dan gangguan hidrologis, sehingga NbS perlu diposisikan sebagai bagian dari strategi ketahanan infrastruktur transportasi. Capobianco et al. (2024) juga menekankan bahwa penerapan NbS pada infrastruktur linear masih menghadapi kendala standardisasi, keterbatasan keahlian, ruang, dan ketergantungan pada infrastruktur konvensional. Dengan demikian, tema penelitian ini masih aktual karena menghubungkan tiga diskusi riset yang sedang berkembang, yaitu NbS untuk banjir pesisir, sistem drainase adaptif, dan ketahanan infrastruktur jalan pada permukiman pesisir yang mengalami banjir rob berulang.

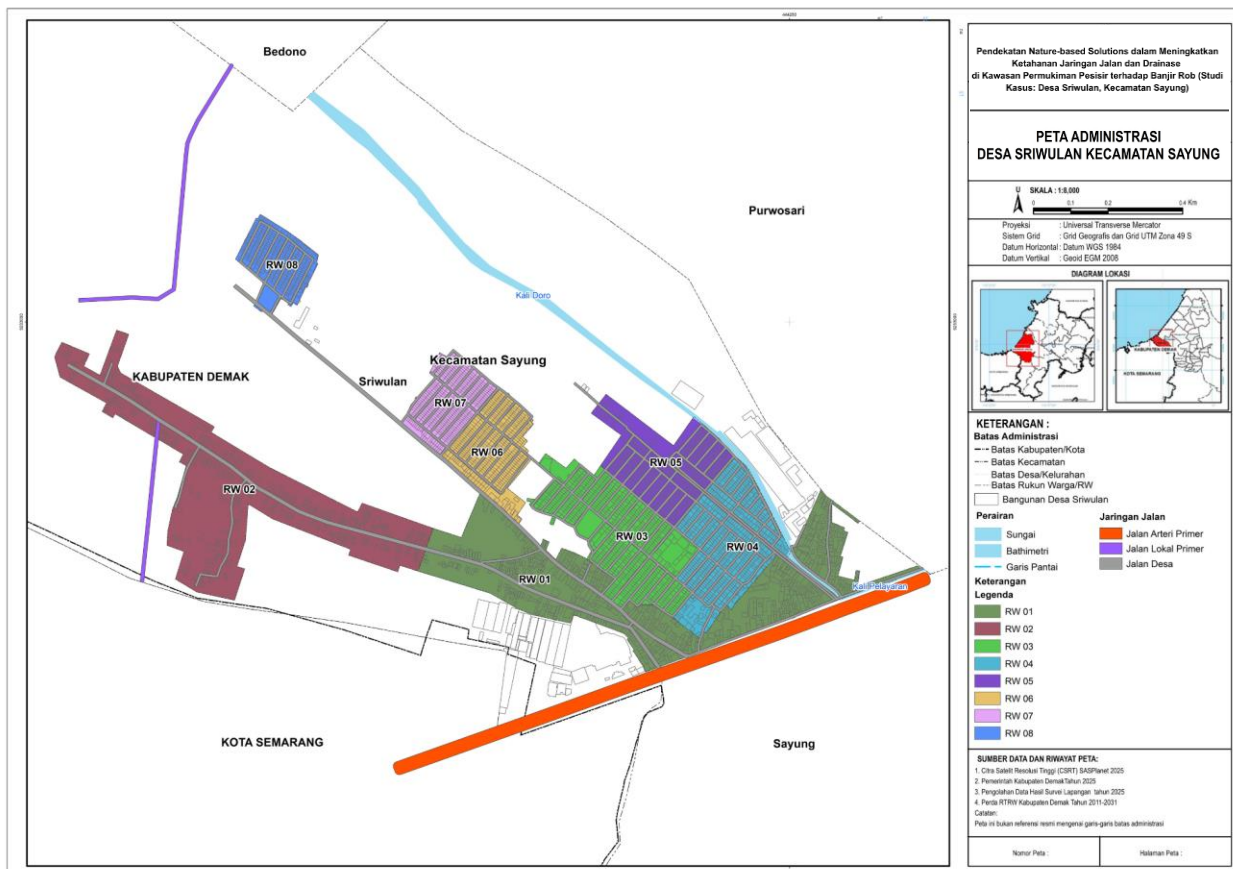
Indonesia menjadi konteks penting untuk membahas ketahanan infrastruktur pesisir karena banyak permukiman di pantai utara Jawa menghadapi kombinasi banjir rob, penurunan muka tanah, perubahan garis pantai, dan keterbatasan kapasitas infrastruktur dasar. Kondisi ini terlihat jelas di pesisir Sayung, Kabupaten Demak, yang telah banyak dikaji sebagai wilayah terdampak langsung bencana pesisir. Asrofi

et al. (2024) menunjukkan bahwa banjir rob di pesisir Sayung berdampak langsung terhadap kesehatan fisik, pekerjaan, dan properti rumah tangga miskin masing-masing sebesar 62,32%, 69,59%, dan 65,43%, serta memengaruhi mobilitas secara tidak langsung sebesar 66,89%. Temuan ini menunjukkan bahwa banjir rob bukan hanya masalah hidrologis, tetapi juga masalah akses, penghidupan, dan kualitas hidup masyarakat pesisir. Studi terbaru tentang NbS di Indonesia juga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis alam mulai digunakan dalam pengurangan risiko banjir pada tingkat lokal, tetapi penerapannya masih lebih sering diarahkan pada program komunitas dan ekosistem, belum secara spesifik pada ketahanan jaringan jalan dan drainase permukiman (Christian et al., 2024). Dalam konteks tersebut, Desa Sriwulan dipilih karena merupakan permukiman pesisir di Kecamatan Sayung yang mengalami banjir rob berulang, penurunan tanah, dan kerusakan jaringan jalan serta drainase. Naskah awal mencatat bahwa Desa Sriwulan mengalami penurunan muka tanah 18 cm per tahun, sementara data lapangan menunjukkan jalan masih banyak berupa urugan tanah, batu, paving, dan beton yang perlu ditinggikan setiap 2 sampai 3 tahun agar tetap dapat dilalui saat rob. Peninggian jalan tersebut justru menutup atau menimbun saluran drainase, sehingga kapasitas aliran berkurang dan genangan bertahan lebih lama. Kondisi ini diperkuat oleh hasil pemetaan risiko dalam naskah, yaitu total area risiko banjir rob mencapai 90,5 ha, dengan 21,5 ha berada pada kelas risiko tinggi di RW 02 dan RW 08, serta 31,6 ha berada pada kelas risiko sedang di RW 01, RW 05, RW 06, dan RW 07. Oleh karena itu, Sriwulan menjadi lokasi yang relevan untuk menguji bagaimana Nature-based Solutions dapat diterapkan bukan hanya sebagai konservasi pesisir, tetapi sebagai pendekatan adaptasi untuk menjaga fungsi jalan, drainase, dan mobilitas harian masyarakat.

Banyak penelitian terbaru telah membahas Nature-based Solutions (NbS), tetapi fokusnya masih tersebar pada level dan objek yang berbeda. Justine dan Seenath (2025) meninjau NbS vegetatif untuk pengurangan risiko banjir pesisir, terutama melalui peran mangrove, saltmarsh, dan seagrass dalam mereduksi energi gelombang dan risiko genangan, tetapi kajian tersebut belum secara khusus menilai performa jaringan jalan dan drainase permukiman. Marino et al. (2025) mengembangkan penilaian jasa ekosistem berbasis model untuk mengukur kontribusi NbS terhadap pengurangan risiko banjir pesisir, namun fokusnya masih pada kerangka kuantifikasi manfaat ekosistem, bukan pada masalah operasional infrastruktur desa seperti jalan rusak, drainase tertimbun, dan genangan harian. Cansian et al. (2025) meninjau metode perencanaan dan pemantauan NbS untuk drainase perkotaan, tetapi konteks yang dibahas lebih dekat dengan sistem drainase urban dan belum banyak menyentuh drainase permukiman pesisir yang terdampak rob dan penurunan tanah. Radu et al. (2025) membandingkan efektivitas infrastruktur hijau, abu-abu, dan kombinasi keduanya untuk mengurangi banjir perkotaan, tetapi kajiannya belum berfokus pada kawasan pesisir dengan genangan rob berulang. Webber et al. (2025) secara khusus membahas NbS untuk ketahanan infrastruktur transportasi, tetapi lingkungannya berada pada infrastruktur transportasi di lingkungan sungai, bukan pada jaringan jalan permukiman pesisir yang langsung berhadapan dengan rob. Capobianco et al. (2024) menunjukkan bahwa NbS mulai dipertimbangkan untuk mitigasi bahaya pada infrastruktur linear, tetapi masih menekankan tantangan penerapan pada level kebijakan, standar teknis, ruang, dan kapasitas kelembagaan. Dalam konteks Indonesia, Christian et al. (2024) mengkaji NbS untuk mitigasi banjir pesisir dan daerah aliran sungai melalui pendekatan berbasis komunitas, sedangkan Kautsary et al. (2025) membahas pengurangan risiko bencana perubahan iklim di permukiman pesisir Sayung dengan NbS. Namun, kajian yang secara langsung mengevaluasi hubungan antara kondisi jalan, drainase, rob, penurunan tanah, dan pilihan intervensi NbS pada skala desa masih terbatas. Oleh karena itu, artikel ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menempatkan jaringan jalan dan drainase sebagai objek utama analisis, menggunakan Desa Sriwulan sebagai kasus permukiman pesisir yang mengalami kerusakan infrastruktur berulang, lalu memetakan masalah eksisting ke dalam strategi NbS yang sesuai dengan kondisi lokal. Kontribusi utama artikel ini terletak pada perluasan penggunaan NbS dari konservasi pesisir menuju ketahanan infrastruktur dasar permukiman, khususnya melalui pembacaan terpadu antara jalan, drainase, genangan rob, praktik adaptasi warga, dan rekomendasi hybrid green-grey infrastructure.

Artikel ini bertujuan mengevaluasi kondisi eksisting jaringan jalan dan drainase di Desa Sriwulan dalam menghadapi banjir rob, mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kerentanan infrastruktur tersebut, serta merumuskan strategi peningkatan ketahanan melalui pendekatan Nature-based Solutions (NbS). Fokus penelitian diarahkan pada jaringan jalan dan drainase karena keduanya merupakan infrastruktur dasar yang menentukan mobilitas harian, akses terhadap layanan, aktivitas ekonomi, dan kapasitas adaptasi masyarakat pesisir. Berbeda dari kajian NbS yang lebih banyak menempatkan ekosistem pesisir sebagai objek konservasi, artikel ini menempatkan NbS sebagai pendekatan adaptasi infrastruktur permukiman, khususnya melalui pemetaan hubungan antara genangan rob, kerusakan jalan, disfungsi drainase, praktik adaptasi masyarakat, dan peluang penerapan hybrid green-grey infrastructure.

Lokasi penelitian berada di Desa Sriwulan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah. Desa ini dipilih karena merepresentasikan permukiman pesisir yang mengalami tekanan berulang akibat banjir rob, penurunan muka tanah, dan kerusakan infrastruktur dasar. Wilayah ini berbatasan dengan Kecamatan Purwosari di bagian utara, Kota Semarang di bagian selatan, Laut Jawa di bagian barat, dan Kecamatan Sayung di bagian timur. Kondisi fisik sebagai dataran rendah pesisir membuat Desa Sriwulan rentan terhadap genangan rob, terutama pada wilayah yang berdekatan langsung dengan laut. Dalam naskah awal, jaringan jalan di desa ini masih terdiri atas kombinasi beton, paving, tanah urug, dan batu, sementara sebagian saluran drainase mengalami pendangkalan, tertutup urugan, tersumbat, atau belum tersedia pada beberapa titik. Kondisi tersebut menjadikan Sriwulan sebagai lokasi yang relevan untuk mengkaji bagaimana pendekatan NbS dapat diterapkan pada jaringan jalan dan drainase permukiman pesisir yang menghadapi banjir rob kronis.



Gambar 1 Peta Administrasi Desa Sriwulan

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif, deskriptif dengan desain studi kasus. Pendekatan ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk memahami secara mendalam fenomena kerentanan infrastruktur jalan dan drainase terhadap banjir rob di Desa Sriwulan, serta mengeksplorasi potensi penerapan Nature-based Solutions (NbS) dalam konteks lokal yang spesifik. Studi kasus memungkinkan peneliti untuk menangkap kompleksitas kondisi lapangan, termasuk interaksi antara faktor fisik, teknis, sosial, dan kelembagaan. Penelitian dilaksanakan di Desa Sriwulan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi ini dipilih secara purposif karena merupakan kawasan pesisir dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir rob, penurunan muka tanah, serta memiliki permasalahan berulang pada jaringan jalan dan drainase.

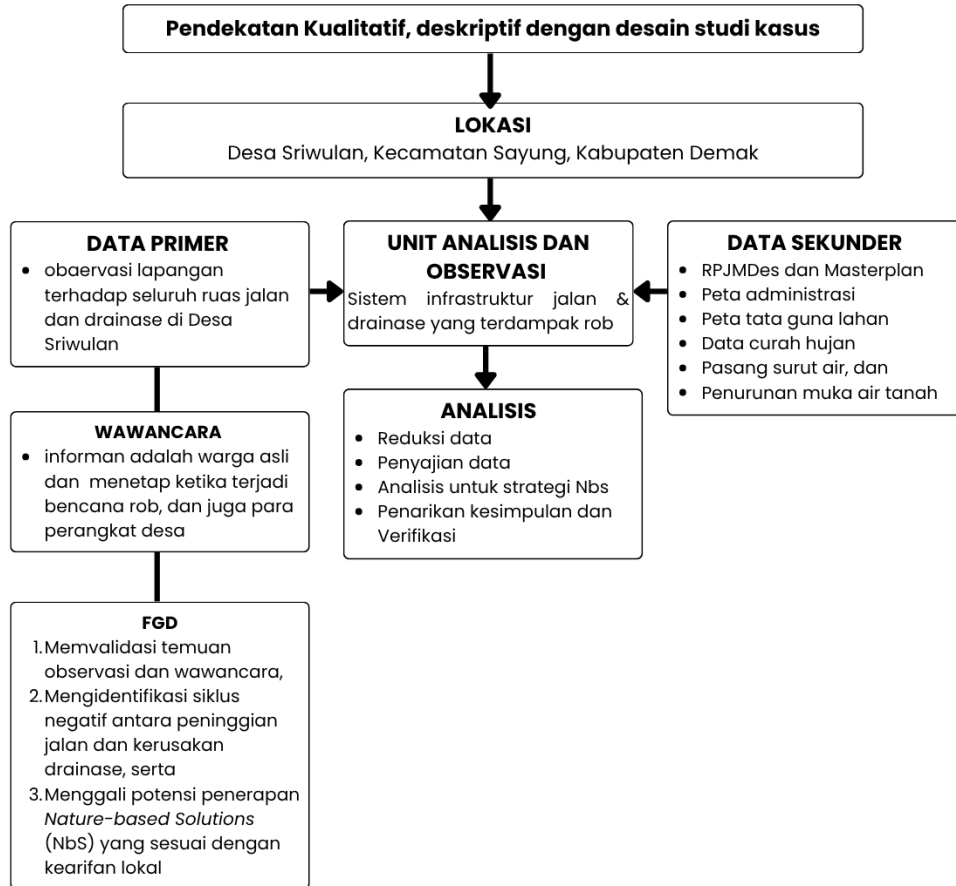
Unit analisis dalam penelitian ini adalah sistem infrastruktur jalan dan drainase di tingkat RW (Rukun Warga) yang terdampak banjir rob, serta aktor-aktor terkait yang terlibat dalam adaptasi dan pengelolaan infrastruktur. Unit observasi meliputi ruas jalan dan saluran drainase di 8 RW (RW 01–RW 08) Desa Sriwulan, rumah tangga dan pelaku usaha yang menggunakan jalan dan drainase tersebut, perangkat desa dan tokoh masyarakat yang terlibat dalam pengambilan keputusan perbaikan infrastruktur.

Data dalam penelitian ini dikumpulkan dari dua sumber utama, yaitu data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan melalui tiga teknik: observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur, dan *Focus Group Discussion* (FGD). Observasi lapangan dilaksanakan secara langsung pada seluruh ruas jalan dan saluran drainase di Desa Sriwulan. Parameter yang diamati meliputi jenis perkerasan jalan (beton, paving, tanah urug, atau batu), kondisi fisik jalan (rusak, retak, berlubang, atau tergenang), keberadaan dan kondisi drainase (bertanggung, terbuka, tertimbun, tersumbat, atau tidak ada), tinggi genangan, durasi genangan, frekuensi banjir rob, serta perbedaan elevasi antara jalan, drainase, dan permukiman. Seluruh temuan observasi didokumentasikan melalui foto, dan pencatatan sistematis menggunakan lembar ceklist. Selanjutnya, wawancara semi-terstruktur dilakukan terhadap beberapa informan yang dipilih secara *purposive sampling*. Kriteria informan meliputi perangkat desa (Kepala Desa, Sekretaris Desa, dan Kepala Dusun), ketua RW dari wilayah dengan tingkat risiko berbeda (RW 01, RW 02, RW 06, dan RW 08), yang terdiri dari laki-laki, perempuan, dan lansia. Topik wawancara mencakup pengalaman menghadapi banjir rob, dampak terhadap akses jalan, praktik adaptasi yang telah dilakukan (misalnya peninggian jalan atau pembuatan talud), persepsi terhadap solusi berbasis alam, serta kendala teknis dan sosial yang dihadapi.

Selain itu juga dilakukan *Forum Group Discussion* (FGD) yang bertujuan untuk memvalidasi temuan observasi dan wawancara, mengidentifikasi siklus negatif antara peninggian jalan dan kerusakan drainase, serta menggali potensi penerapan *Nature-based Solutions* (NbS) yang sesuai dengan kearifan lokal. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber, antara lain dokumen perencanaan desa (RPJMDes dan Masterplan), peta administrasi dan peta tata guna lahan Desa Sriwulan, data curah hujan, pasang surut air laut, serta data penurunan muka tanah yang diperoleh dari BMKG dan penelitian terdahulu. Selain itu, literatur dan dokumen kebijakan terkait NbS, khususnya *CRM-NbS toolkit* (UNDRR & UNU-EHS, 2023), juga digunakan sebagai acuan dalam analisis.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan langkah-langkah sebagai berikut: Reduksi data seluruh data mentah (catatan observasi, transkrip wawancara, notulensi FGD) dikelompokkan berdasarkan tema: kondisi jalan, kondisi drainase, faktor penyebab kerentanan, praktik adaptasi eksisting, dan potensi NbS. Data disajikan dalam bentuk matriks kondisi per RW, peta tematik, serta narasi deskriptif yang mengintegrasikan temuan kualitatif. Analisis untuk strategi NbS Analisis untuk merumuskan strategi NbS mengacu pada CRM–NbS toolkit yang diterbitkan oleh UNDRR dan UNU-EHS (2023). Kerangka ini digunakan untuk mengidentifikasi masalah spesifik pada jalan dan drainase (genangan, pendangkalan, tertutup urugan, tidak ada drainase). Memetakan tipe NbS yang relevan (*coastal vegetation buffers, constructed wetlands, bioswale, hybrid green-grey systems, dll.*). Menentukan fungsi ekologis yang diharapkan (*wave attenuation, flood reduction, sediment trapping,*

*infiltration, temporary storage*). Menyusun rekomendasi desain yang kontekstual dengan kondisi subsiden dan rob kronis di Desa Sriwulan. Penarikan kesimpulan dan verifikasi Kesimpulan ditarik secara iteratif dengan membandingkan antar sumber data (triangulasi sumber dan metode). Validasi dilakukan melalui *member checking* kepada informan kunci (perangkat desa dan ketua RW) untuk memastikan akurasi interpretasi peneliti.



Gambar 2 Metode Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Kondisi Jaringan Jalan Eksisting Desa Sriwulan

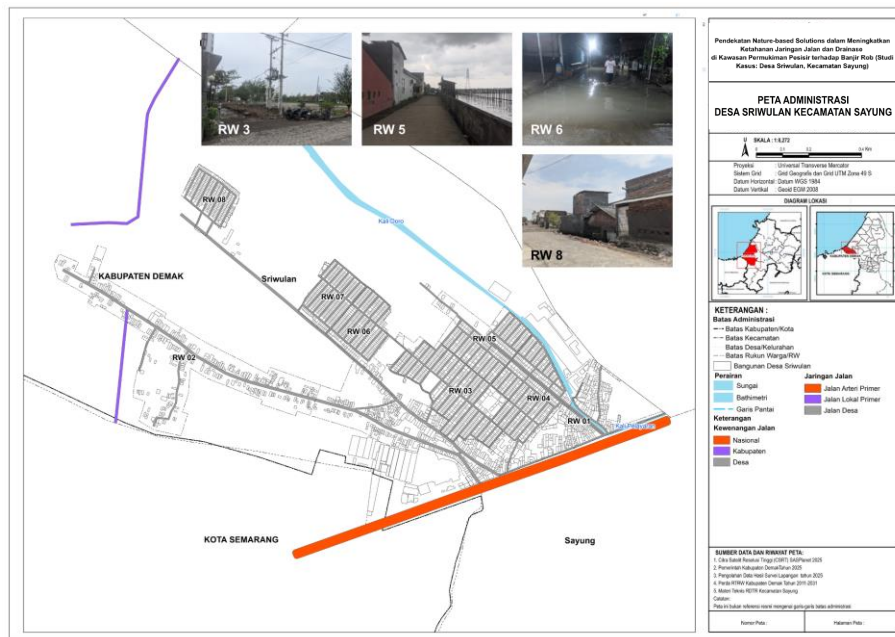
Berdasarkan observasi langsung yang dilakukan pada seluruh ruas jalan di Desa Sriwulan, ditemukan bahwa jaringan jalan didominasi oleh material perkerasan berupa kombinasi beton, paving blok, dan tanah urug. Observasi menunjukkan variasi kondisi antar RW, baik dari segi material, kondisi fisik, maupun tingkat keterpaparan terhadap banjir rob. Secara spesifik, ruas jalan di wilayah pesisir seperti RW 08, RW 06, RW 07, dan sebagian RW 02 masih rutin tergenang banjir rob setiap hari. Genangan ini mengakibatkan akses kendaraan terputus pada jam-jam tertentu dan mempercepat kerusakan struktur jalan (retak, berlubang, dan amblas).

Selain itu, observasi juga mencatat bahwa masyarakat secara swadaya maupun melalui dana aspirasi melakukan upaya perbaikan dan peninggian jalan secara berkala, rata-rata setiap 2–3 tahun sekali. Hal ini terlihat dari adanya bekas timbunan baru di beberapa ruas jalan serta perbedaan elevasi yang tidak seragam antara satu segmen dengan segmen lainnya.

**Tabel 1** Kondisi Jaringan Jalan dan Drainase Desa Sriwulan (Penulis, 2023)

RW	Kondisi Jalan	Kondisi Drainase	Masalah Utama
RW 1	Perkerasan paving, tanah urug, beton. Masih tergenang rob.	Bertanggung, namun sering terhambat. Drainase arteri utara pendangkalan & tanggul pendek.	Genangan rob pada jalan meskipun drainase ada. Pendangkalan mengurangi kapasitas drainase, memperparah genangan.
RW 2	Jalan utama beton, ujung RW tanah urug. Masih terkena rob.	Bertanggung, tapi sampah menumpuk. Tidak ada drainase di ujung RW (berbatasan laut).	Sampah menyumbat drainase. Tidak ada drainase di area rawan menyebabkan genangan tidak terkelola.
RW 3	Paving, tanah urug, beton. Sudah tidak tergenang rob.	Bertanggung dan berfungsi baik.	Kondisi relatif baik. Contoh area yang tidak terdampak parah.
RW 4	Paving, tanah urug, beton. Sudah tidak tergenang rob.	Jalan utama bertanggung & berfungsi baik. Drainase gang tertimbun urugan.	Drainase gang tertimbun akibat urugan sebelumnya sehingga mengurangi kapasitas drainase lokal.
RW 5	Paving, tanah urug, beton. Sudah tidak tergenang rob.	Sebagian besar bertanggung, beberapa penumpukan tanah.	Penumpukan tanah pada drainase mengurangi efektivitas.
RW 6	Jalan utama tanah urug, gang paving & tanah urug.	Drainase jalan utama ada yang bertanggung & tidak. Banyak drainase gang "terurug tanah".	Drainase terurug oleh tanah akibat peninggian jalan & rumah sehingga tidak berfungsi maksimal. Contoh nyata siklus negatif.
RW 7	Jalan utama beton (tidak tergenang), gang paving & tanah urug.	Jalan utama bertanggung & lancar. Drainase gang banyak tertutup urugan.	Drainase gang tertutup urugan (dari peninggian jalan/rumah) sehingga memicu genangan lokal.
RW 8	Jalan protokol urugan batu, gang tanah urug (kecuali RT.5 paving). Selalu tergenang rob, tidak layak kendaraan.	Belum ada drainase bertanggung.	Tidak ada drainase sehingga menyebabkan genangan permanen. Pembuatan drainase dianggap tidak mungkin karena tanah terus turun & jalan/rumah akan terus diurug

Tingginya frekuensi perbaikan dan peninggian jalan mencerminkan ketergantungan masyarakat yang sangat tinggi terhadap aksesibilitas jalan yang layak, sekaligus menunjukkan bahwa pendekatan adaptasi yang selama ini dilakukan bersifat reaktif dan tidak berkelanjutan. Kondisi genangan kronis pada RW 08, RW 06, RW 07, dan RW 02 diduga diperparah oleh karakteristik fisik Desa Sriwulan sebagai dataran rendah pesisir dengan topografi 0–2% dan jenis tanah aluvial hidromorf yang rentan terhadap penurunan muka tanah serta genangan. Selain itu, keberadaan jaringan drainase yang tidak merata—seringkali mengalami pendangkalan, tertutup urugan, atau bahkan tidak terbangun—memperburuk dampak rob terhadap infrastruktur jalan (Tabel 1). Dengan demikian, interpretasi awal ini menjadi dasar untuk menilai kerentanan, mengidentifikasi titik kritis, dan merumuskan strategi adaptasi yang lebih sesuai dengan konteks lokal.



Gambar 3 Peta Kondisi Jaringan Jalan Desa Sriwulan

### 3.2 Risiko Banjir Rob terhadap Jaringan Jalan dan Drainase

Seluruh wilayah Desa Sriwulan memiliki topografi relatif datar 0-2%. Kondisi topografi dataran rendah ini menyebabkan wilayah setiap tahunnya mengalami penuruanan muka tanah yaitu sebesar 1 - 10 cm per tahun. Selain itu, jenis tanah di Desa Sriwulan merupakan tanah aluvial hidromorf, yaitu tanah hasil endapan sedimen darat dan laut dengan tekstur dominan liat berwarna kelabu seperti pecahan karang dan lempeng pasir yang cenderung memiliki daya dukung rendah dan rentan terhadap genangan. Tanah yang berada di Desa Sriwulan menunjukkan Sebagian besar sudah bercampur dengan tanah urug atau tanah timbunan akibat aktivitas peninggian bangunan atau jalan. Kondisi inilah yang menyebabkan perubahan fisik Desa Sriwulan yang tidak seragam serta memperburuk kondisi drainase karena saluran air tertutup urugan dan kapasitas alirnya menurun, sehingga menjadi faktor utama yang menyebabkan banjir rob terjadi secara rutin di Desa Sriwulan. Berikut adalah kelas risiko banjir rob yang ada di Desa Sriwulan;

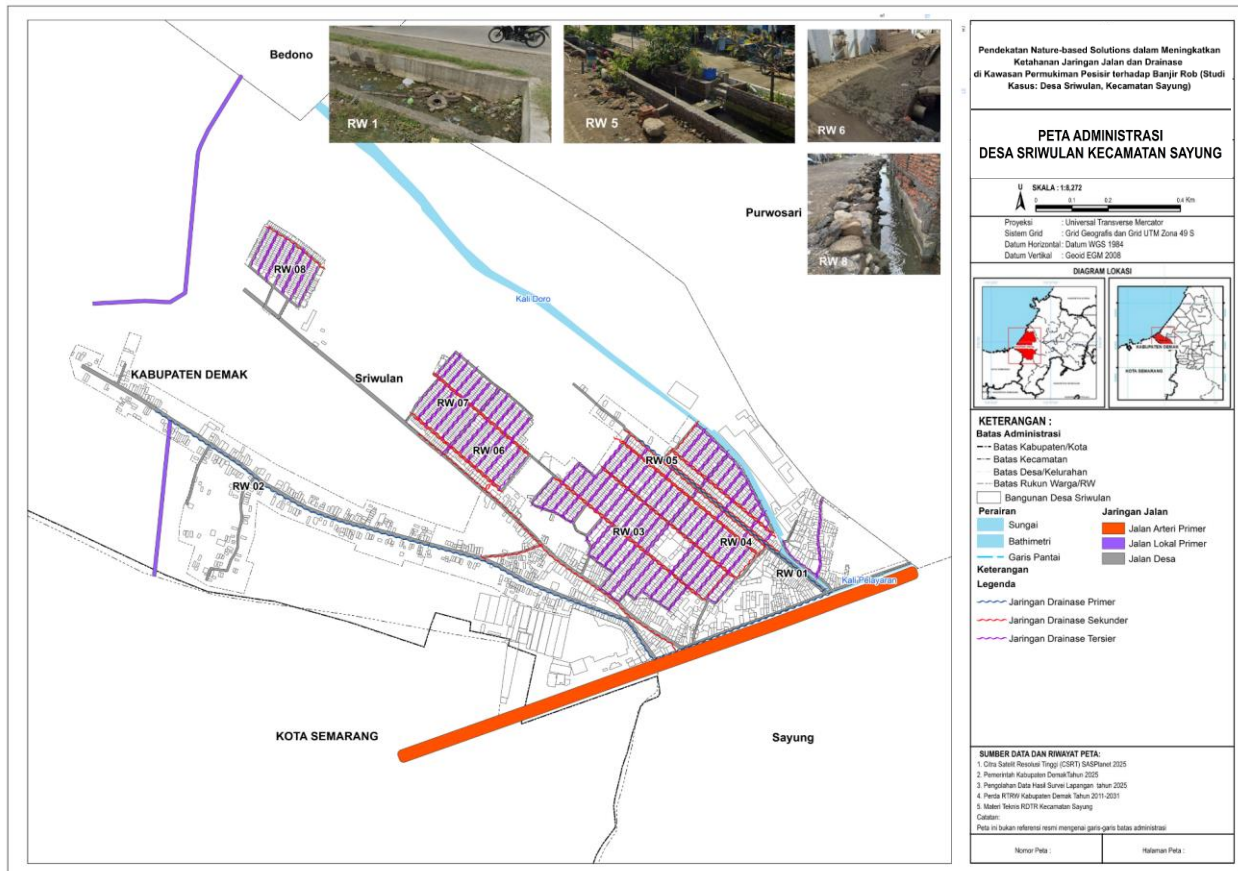
Tabel 2 Kelas Risiko Banjir Rob Desa Sriwulan (Inarisk BNPB, 2025)

Kelas	RW	Luas (Ha)
Rendah	RW 01	18,6
	RW 03	10,8
	RW 04	8
	<b>Total Risiko Rendah</b>	<b>37,4</b>
Sedang	RW 01	7,6
	RW 05	8
	RW 06	12,2
	RW 07	3,8
	<b>Total Risiko sedang</b>	<b>31,6</b>
Tinggi	RW 02	18,1
	RW 08	3,4
	<b>Total Risiko Tinggi</b>	<b>21,5</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>90,5</b>

Dasar klasifikasi (Tabel 2) disusun berdasarkan pendekatan analisis Risiko bencana yang mempertimbangkan tiga komponen utama, yaitu bahaya (hazard) : diukur berdasarkan tingkat paparan rob yang diamati melalui frekuensi genangan, kedalaman genangan dan durasi genangan. Keterpaparan (exposure) diukur dari keberadaan permukiman, jaringan jalan, dan sistem drainase yang berada pada zona terdampak rob. Kerentanan (vulnerability) : diukur dari kondisi fisik infrastruktur, seperti jenis perkerasan jalan, keberadaan drainase, kondisi saluran (tertutup, dangkal, tersumbat), serta kemampuan infrastruktur tetap berfungsi saat terjadi rob.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, wilayah Desa Sriwulan kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga kelas risiko, yaitu risiko rendah, sedang, dan tinggi seperti yang tercantum dalam tabel 2. Jaringan jalan dan drainase yang paling terdampak ada di RW 2 dan juga 8 yang mana kawasan ini berbatasan langsung dengan laut. Pada kelas risiko sedang ada pada RW 1, 5, 6, dan 7. Pada dua kelas risiko ini jalan selalu terendam oleh banjir rob setiap harinya. Akibatnya jalan selalu ditinggikan hampir setiap 2 tahun sekali dan drainase terpaksa harus ditutup dan menyebabkan aliran air terganggu.

Setiap harinya warga selalu terhambat dan terpaksa oleh waktu jika ingin keluar desa, mengingat genangan banjir rob yang dapat merusak kendaraan mereka. Jika ditempuh dengan jalan kaki sampai keluar desa cukup memakan waktu lama sehingga kurang efektif menurut warga.



**Gambar 4** Peta Kondisi Jaringan Drainase Desa Sriwulan

### 3.3 Potensi Nature-based Solutions untuk Jaringan Jalan dan Drainase Desa Sriwulan

Selama ini Desa Sriwulan selalu mendapatkan intervensi dengan grey infrastructure tanpa mempertimbangkan secara matang terkait dampak ke depannya. Peninggian jalan selalu menjadi solusi tanpa memperhatikan keberlanjutan dari sistem drainase yang ada. Berdasarkan observasi lapangan,

wawancara, dan FGD, ditemukan bahwa pendekatan ini bukanlah solusi yang tepat karena justru memperparah genangan dan kerusakan infrastruktur.

Oleh karena itu, penelitian ini melakukan identifikasi lapangan terhadap permasalahan eksisting jaringan jalan dan drainase, kemudian secara sistematis memetakan setiap permasalahan tersebut ke dalam tipe Nature-based Solutions (NbS) yang relevan dengan mengacu pada kerangka CRM–NbS toolkit (UNDRR & UNU-EHS, 2023). Hasil identifikasi dan pemetaan lapangan tersebut disajikan dalam Tabel 3. Setiap baris dalam tabel merupakan temuan langsung di lapangan, yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan fungsi ekologis NbS sesuai kerangka yang digunakan.;

**Tabel 3** Sintesis Analisis NbS Untuk Jaringan Jalan dan Drainase Desa Sriwulan (Penulis, 2025)

Dampak terhadap Infrastruktur	Tipe NbS yang Relevan (UN, 2023)	Sintesis Hasil Analisis
Kerusakan perkerasan, jalan tidak fungsional	Sabuk mangrove selain di RW 8	Mengurangi gelombang air laut yang masuk dan merusak jalan
Abrasi, pengikisan badan jalan	Pembuatan talud sederhana dari bahan bambu jalan penghubung RW 6 dan 8	Harga terjangkau dan mampu bertahan dari sifat asin air laut dan ombak
Aliran tersumbat, genangan bertahan lama	Pengintegrasian drainase dengan tanaman mangrove di RW 1 dan 3	Menahan lumpur agar tidak menyumbat saluran, serta memperlancar aliran air.
Air terperangkap, mempercepat kerusakan jalan	<i>Bioswale, vegetated swales</i> di RW 6 dan 7	Memulihkan aliran air pada sistem drainase sehingga genangan lokal pada jalan dapat berkurang
Genangan permanen	<i>Permeable corridors, rain gardens</i> di RW 8	Mengurangi genangan permanen melalui penyimpanan dan peresapan air sehingga badan jalan dapat difungsikan kembali
Air mengalir ke jalan	<i>Hybrid green–grey systems</i> seluruh RW	Mengendalikan aliran air dari permukiman ke jalan sehingga mengurangi beban genangan pada badan jalan

Berdasarkan Tabel 3, hasil identifikasi lapangan menunjukkan bahwa permasalahan genangan rob kronis pada ruas jalan di RW 1, RW 2, dan RW 8 ditemukan berdampak pada kerusakan perkerasan dan terganggunya fungsi jalan. Dari hasil pemetaan lapangan dengan kerangka CRM–NbS, permasalahan ini sesuai dengan tipe NbS coastal vegetation buffers seperti sabuk mangrove agar mengurangi gelombang air laut yang masuk dan merusak jalan .

Selanjutnya, di lapangan ditemukan bahwa segmen jalan di RW 1 dan RW 8 yang berada dekat garis pantai tidak memiliki perlindungan alami, sehingga mengalami abrasi dan pengikisan badan jalan. Berdasarkan pemetaan lapangan, permasalahan ini sesuai dengan tipe NbS dune rehabilitation dan coastal sand systems yang berfungsi untuk pengendalian erosi (erosion control).

Pada sistem drainase, identifikasi lapangan menemukan pendangkalan saluran di RW 1 dan RW 3 yang menghambat aliran air. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa kondisi ini dapat diintervensi dengan NbS Pengintegrasian drainase dengan tanaman mangrove di RW 1 dan 3. Sementara itu, di RW 6 dan RW 7 ditemukan bahwa sebagian saluran drainase tertutup urugan tanah akibat peninggian jalan dan bangunan, sehingga aliran air tidak berjalan lancar. Berdasarkan kerangka NbS, permasalahan ini dipetakan ke dalam tipe bioswale dan vegetated swales yang berfungsi memulihkan aliran air pada sistem drainase sehingga genangan lokal pada jalan dapat berkurang.

Selain itu, di RW 8 ditemukan bahwa tidak tersedia sistem drainase sama sekali, sehingga genangan rob bersifat permanen. Hasil pemetaan lapangan menunjukkan bahwa kondisi ini sesuai dengan NbS permeable corridors dan rain gardens yang berfungsi mengurangi genangan permanen melalui penyimpanan dan peresapan air sehingga badan jalan dapat difungsikan kembali. Terakhir, hampir di seluruh RW ditemukan perbedaan elevasi antara permukiman dan badan jalan, yang menyebabkan aliran

air cenderung mengarah ke jalan dan mempercepat kerusakan perkerasan. Berdasarkan identifikasi lapangan, permasalahan ini dipetakan ke dalam pendekatan hybrid green–grey systems yang berfungsi mengendalikan aliran air dari permukiman ke jalan sehingga mengurangi beban genangan pada badan jalan. Dengan demikian, Tabel 3 merupakan hasil identifikasi lapangan yang dipetakan secara sistematis menggunakan kerangka CRM–NbS toolkit, sehingga setiap rekomendasi tipe NbS memiliki dasar temuan faktual di lokasi penelitian..

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menegaskan bahwa kerentanan jaringan jalan dan drainase di Desa Sriwulan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan pesisir (rob, penurunan tanah), tetapi juga oleh kegagalan pendekatan adaptasi konvensional yang bersifat parsial dan reaktif, terutama praktik peninggian jalan yang memicu disfungsi sistem drainase.

Temuan kunci penelitian menunjukkan bahwa Nature-based Solutions (NbS) tidak sekadar alternatif, tetapi merupakan pendekatan yang lebih efektif dalam meningkatkan ketahanan infrastruktur melalui integrasi fungsi ekologis dan teknis. Praktik lokal seperti penggunaan talud bambu dan penanaman mangrove membuktikan bahwa solusi berbasis alam dapat bekerja secara kontekstual dan adaptif dalam mereduksi dampak rob.

Secara teoritis, penelitian ini memperluas aplikasi NbS dari domain konservasi ekosistem menuju sistem infrastruktur dasar, khususnya jaringan jalan dan drainase di kawasan pesisir. Secara praktis, penelitian ini menegaskan bahwa strategi peningkatan ketahanan infrastruktur perlu diarahkan pada pendekatan hybrid green-grey yang terintegrasi, berbasis kondisi lokal, serta diprioritaskan pada wilayah berisiko tinggi. Dengan demikian, NbS berpotensi menjadi kerangka utama dalam perencanaan infrastruktur pesisir yang lebih berkelanjutan dan resilien serta dengan dana yang tidak begitu besar.

#### Referensi

- Asrofi, A., Giyarsih, S. R., & Hadmoko, D. S. (2024). The impact of tidal floods on poor households in the Sayung Coast, Demak Regency, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*. <https://doi.org/10.22146/ijg.94063>
- Cansian, A. R., Guzmán, D. A., Rosa, A., & Machado, J. T. (2025). Nature-Based Solutions for Urban Drainage: A Systematic Review of Sizing and Monitoring Methods. *Water*, 17(17), 2524. <https://doi.org/10.3390/w17172524>
- Capobianco, V., Palau, R. M., Solheim, A., Gislén, K., Gilbert, G., Danielsson, P., & van der Keur, P. (2024). The potential use of nature-based solutions as natural hazard mitigation measure for linear infrastructure in the Nordic Countries. *Geoenvironmental Disasters*, 11, 27. <https://doi.org/10.1186/s40677-024-00287-4>
- Christian, Y., Afandi, A., Baskoro, H. H., Mulyana, D., & Abubakar, A. (2024). Nature-based Solution for local watershed and coastal flood mitigation in Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 92, 01018. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249201018>
- Dubois, E., Kte'pi, B., & Fletcher, C. H. (2024). Nature-based solution enhances resilience to flooding and saltwater intrusion in coastal cities. *Science of the Total Environment*, 934, 173199. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173199>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Summary for policymakers. In H. Lee & J. Romero (Eds.), *Climate Change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1–34). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- Justine, Y. E. D., Tayanç, M., & Kaymaz, Ç. K. (2025). Vegetative nature-based solutions for coastal flood risk reduction: A review. *Ocean & Coastal Management*, 259, 107501. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107501>

- Justine, Y. E. D., & Seenath, A. (2025). Vegetative nature-based solutions for coastal flood risk management: Benefits, challenges, and uncertainties. *Ocean & Coastal Management*, 261, 107520. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107520>
- Kautsary, J., Andolia, T., & Ilma, D. (2025). Climate change disaster risk reduction in coastal settlements of Sayung Demak, with Nature-Based Solutions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1543(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1543/1/012041>
- Kusumowardani, E., Wibowo, S., & Zukhruf, F. (2023). Analisis perubahan kecepatan pada Jalan Tol Semarang-Demak akibat bencana banjir rob di pesisir utara Semarang. *Jurnal Teknik Sipil*, 30(3), 491–500. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.3.17>
- Marino, M., Baptist, M. J., Alkharoubi, A. I., Sofia, N., Luca, C., Enrico, F., & Musumeci, E. (2025). Nature-based Solutions as building blocks for coastal flood risk reduction: A model-based ecosystem service assessment. *Scientific Reports*, 15, 12872. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95230-4>
- Radu, G., Chevereșan, M. I., Perju, S., & Bărbulescu, A. (2025). Integrating Nature-Based Solutions for Increased Resilience to Urban Flooding in the Climate Change Context. *Hydrology*, 12(1), 16. <https://doi.org/10.3390/hydrology12010016>
- UNU-EHS, & UNDRR. (2023). Nature-based solutions for comprehensive disaster and climate risk management. <https://www.undrr.org>
- Webber, M. K., Mei, L., & Samaras, C. (2025). Bridging the gap: riverine nature-based solutions for climate resilient transportation infrastructure in the United States. *npj Urban Sustainability*, 5, 28. <https://doi.org/10.1038/s42949-025-00215-x>