



Pembangunan Box Culvert untuk Penanggulangan Banjir pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo, Kabupaten Rejang Lebong

Dwi Aji Ttriono^{1*}, Rezi Munizar²

¹⁻² Universitas Ratu Samban, Indonesia

email: dwiajittriono@gmail.com¹

Article Info :

Received:
06-07-2026
Revised:
12-07-2026
Accepted:
20-07-2026

Abstract

Urban flooding in areas with high transportation activity is an infrastructure problem influenced by increased surface runoff, limited drainage capacity, and changes in land-use characteristics. This study aims to analyze design flood discharge, evaluate existing drainage capacity, and design box culvert dimensions as a flood control solution on the Main Road of Talang Rimbo Village, Rejang Lebong Regency. The research method employs a quantitative approach based on hydrological and hydraulic analysis through calculations of design rainfall using the Gumbel distribution, Mononobe rainfall intensity, and Rational Method flood discharge, as well as an evaluation of channel capacity using Manning's equation. The results show that the design flood discharge reaches 5.54 m³/s, while the capacity of the existing channel is only 0.28 m³/s, resulting in a capacity deficit of 5.26 m³/s. A box culvert with dimensions of 1.6 m × 1.8 m can increase flow capacity and provide a technical solution to the flooding problem. This study contributes to the development of urban drainage designs based on hydrological and hydraulic approaches to enhance infrastructure resilience against flood risks.

Keywords: Box Culvert, Urban Drainage, Design Flood Discharge, Hydraulics, Flood Mitigation

Abstrak

Banjir perkotaan pada kawasan dengan aktivitas transportasi tinggi menjadi permasalahan infrastruktur yang dipengaruhi oleh peningkatan limpasan permukaan, keterbatasan kapasitas drainase, dan perubahan karakteristik tata guna lahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis debit banjir rencana, mengevaluasi kapasitas drainase eksisting, serta merancang dimensi box culvert sebagai solusi pengendalian banjir pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo, Kabupaten Rejang Lebong. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis analisis hidrologi dan hidrolika melalui perhitungan curah hujan rencana dengan distribusi Gumbel, intensitas hujan Mononobe, debit banjir Metode Rasional, serta evaluasi kapasitas saluran menggunakan persamaan Manning. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit banjir rencana mencapai 5,54 m³/detik, sedangkan kapasitas saluran eksisting hanya 0,28 m³/detik sehingga terjadi defisit kapasitas sebesar 5,26 m³/detik. Perencanaan box culvert dengan dimensi 1,6 m × 1,8 m mampu meningkatkan kapasitas pengaliran dan memberikan solusi teknis terhadap permasalahan genangan. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan desain drainase perkotaan berbasis pendekatan hidrologi dan hidrolika untuk meningkatkan ketahanan infrastruktur terhadap risiko banjir.

Kata kunci: Box Culvert, Drainase Perkotaan, Debit Banjir, Hidrolika, Mitigasi Banjir.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Fenomena peningkatan kejadian banjir perkotaan menjadi salah satu isu fundamental dalam bidang rekayasa sipil dan pengelolaan infrastruktur perkotaan seiring dengan berlangsungnya urbanisasi yang masif, perubahan pola penggunaan lahan, peningkatan luas permukaan kedap air, serta perubahan karakteristik hidrologi akibat variabilitas iklim global. Sistem drainase perkotaan yang pada awalnya dirancang hanya sebagai infrastruktur pengaliran limpasan permukaan kini mengalami pergeseran paradigma menuju sistem pengendalian risiko banjir yang terintegrasi, adaptif, dan berorientasi pada keberlanjutan lingkungan. Kompleksitas permasalahan tersebut menempatkan kapasitas hidrologi dan hidrolika jaringan drainase sebagai aspek strategis dalam menjaga keberlanjutan fungsi ruang perkotaan, khususnya pada kawasan dengan intensitas aktivitas transportasi tinggi. Pedoman teknis nasional menegaskan bahwa perencanaan sistem drainase perkotaan harus mempertimbangkan karakteristik daerah tangkapan air, intensitas curah hujan, kapasitas saluran, serta

potensi perubahan tata guna lahan agar mampu mengakomodasi debit limpasan rencana secara aman (Kementerian PUPR, 2018). Pendekatan kuantitatif dalam estimasi debit banjir melalui analisis hidrologi juga menjadi komponen penting dalam menentukan dimensi infrastruktur pengendali banjir, sebagaimana standar perhitungan debit banjir rencana yang diatur dalam SNI 2415:2016 yang menekankan pentingnya kesesuaian antara karakteristik hidrologis wilayah dengan kapasitas teknis bangunan air (BSN, 2016). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pembangunan infrastruktur drainase modern, termasuk penggunaan box culvert sebagai elemen pengaliran tertutup berkapasitas besar, tidak hanya menjadi solusi konstruktif, tetapi juga bagian dari strategi rekayasa untuk meningkatkan ketahanan kawasan perkotaan terhadap tekanan hidrologis.

Kajian terdahulu menunjukkan bahwa pembangunan dan evaluasi infrastruktur drainase telah menjadi fokus penting dalam upaya mengatasi permasalahan banjir pada berbagai konteks wilayah. Penelitian mengenai infrastruktur jalan dan sistem pengendalian air menunjukkan bahwa kegagalan fungsi saluran sering kali tidak hanya dipengaruhi oleh faktor kapasitas geometrik, tetapi juga berkaitan dengan perubahan lingkungan sekitar, kondisi fisik lahan, serta kemampuan struktur dalam mempertahankan stabilitas fungsi selama periode beban ekstrem. Studi mengenai kondisi infrastruktur jalan di wilayah Kabupaten Lebong menunjukkan bahwa karakteristik lingkungan dan kondisi fisik kawasan memiliki pengaruh terhadap keberlanjutan fungsi infrastruktur transportasi, terutama pada wilayah yang memiliki tingkat kerentanan terhadap gangguan hidrologi dan geoteknik (Manvaati et al., 2025). Penelitian lain terkait peningkatan saluran drainase di kawasan perkotaan memperlihatkan bahwa pembangunan elemen crossing dan peningkatan kapasitas saluran mampu mengurangi risiko kelebihan debit banjir pada ruas jalan dengan tingkat aktivitas tinggi (Agustina et al., 2026). Temuan tersebut memperlihatkan bahwa integrasi antara analisis debit, desain hidrolika, dan pembangunan struktur pengaliran merupakan pendekatan yang lebih efektif dibandingkan sekadar melakukan pemeliharaan saluran eksisting yang sering kali tidak mampu mengikuti peningkatan beban limpasan akibat perkembangan kawasan.

Perkembangan penelitian mengenai box culvert juga memperlihatkan bahwa struktur ini memiliki peran penting dalam mendukung sistem drainase pada kawasan jalan yang membutuhkan kapasitas aliran besar sekaligus mempertahankan fungsi ruang permukaan. Kajian perencanaan box culvert pada ruas Jalan Oma–Wassu Kabupaten Maluku Tengah menunjukkan bahwa pemilihan dimensi struktur harus mempertimbangkan kebutuhan debit aliran, karakteristik lokasi, serta aspek efisiensi konstruksi agar mampu memberikan fungsi hidrolis dan struktural secara optimal (Paunno et al., 2025). Penelitian mengenai kapasitas penampang box culvert pada kawasan pengembangan lahan di Kabupaten Penajam Paser Utara juga menegaskan bahwa evaluasi dimensi penampang menjadi faktor utama dalam memastikan kemampuan struktur menghadapi variasi debit dan beban lingkungan (Leihitu & Prasetyo, 2024). Studi lain terkait pembangunan box culvert pada akses jalan Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang memperlihatkan bahwa desain struktur pengaliran harus disesuaikan dengan kebutuhan operasional kawasan, karakteristik aliran, serta tuntutan keamanan infrastruktur strategis (Al Ashari & Utama, 2025). Meskipun berbagai penelitian tersebut memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan desain box culvert, sebagian besar kajian masih berfokus pada aspek perencanaan struktur secara teknis pada lokasi tertentu dan belum secara mendalam menghubungkan antara permasalahan banjir perkotaan, keterbatasan kapasitas drainase eksisting, serta kebutuhan peningkatan sistem pengaliran pada koridor jalan dengan aktivitas transportasi tinggi.

Keterbatasan tersebut menunjukkan adanya celah penelitian dalam memahami bagaimana pembangunan box culvert dapat dirancang sebagai respons komprehensif terhadap persoalan banjir pada jalan utama perkotaan yang memiliki kombinasi permasalahan hidrologis dan operasional. Beberapa penelitian sebelumnya masih cenderung memandang box culvert sebagai elemen konstruksi individual yang dievaluasi berdasarkan kapasitas penampang atau kebutuhan teknis proyek tertentu, sementara hubungan antara ketidakmampuan saluran eksisting, peningkatan limpasan permukaan, serta kebutuhan kapasitas bangunan pengendali banjir belum selalu dikaji secara sistematis. Evaluasi sistem drainase di kawasan perkotaan menunjukkan bahwa ketidaksesuaian antara kapasitas saluran dan debit limpasan dapat menyebabkan penurunan efektivitas jaringan drainase secara keseluruhan, terutama ketika saluran mengalami gangguan akibat sedimentasi maupun penyumbatan material domestik (Wikanto & Wibisono, 2024). Pendekatan desain perkotaan terhadap permasalahan banjir juga menegaskan bahwa solusi teknis perlu ditempatkan dalam kerangka pengelolaan ruang yang lebih luas karena banjir perkotaan merupakan hasil interaksi antara faktor alamiah dan aktivitas manusia (Kamil

et al., 2023). Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa masih diperlukan penelitian yang mampu mengintegrasikan analisis hidrologi, evaluasi kapasitas drainase eksisting, dan perencanaan dimensi box culvert secara simultan untuk menghasilkan solusi teknis yang lebih kontekstual terhadap karakteristik wilayah tertentu.

Permasalahan tersebut memiliki urgensi ilmiah dan praktis yang tinggi pada kawasan Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo, Kabupaten Rejang Lebong, yang berfungsi sebagai jalur transportasi penting dengan tingkat aktivitas masyarakat yang tinggi. Keberadaan genangan dan banjir pada ruas jalan utama tidak hanya berdampak terhadap penurunan kualitas pelayanan infrastruktur transportasi, tetapi juga berpotensi mempercepat kerusakan konstruksi jalan, menghambat mobilitas ekonomi, serta meningkatkan risiko keselamatan pengguna jalan. Upaya pengendalian banjir melalui pembangunan dan peningkatan sistem drainase menjadi bagian penting dalam strategi pembangunan infrastruktur daerah, sebagaimana ditunjukkan oleh implementasi program pembangunan drainase jalan di berbagai wilayah yang diarahkan untuk meningkatkan kapasitas pengendalian limpasan sekaligus mendukung kebijakan lingkungan perkotaan (Putri et al., 2026). Penataan infrastruktur saluran pada kawasan jalan juga menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian genangan sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara desain teknis, kondisi eksisting, dan kebutuhan ruang perkotaan (Hartanto et al., 2022). Posisi penelitian ini berada dalam lanskap kajian rekayasa hidrologi dan infrastruktur transportasi dengan menempatkan pembangunan box culvert bukan hanya sebagai pekerjaan konstruksi, tetapi sebagai pendekatan mitigasi banjir berbasis analisis kapasitas aliran dan karakteristik hidrologis wilayah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir rencana pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo, Kabupaten Rejang Lebong, mengevaluasi kemampuan saluran drainase eksisting dalam menampung limpasan permukaan, serta merancang dimensi box culvert yang sesuai berdasarkan pendekatan hidrologi dan hidrolika. Kontribusi teoritis penelitian ini terletak pada penguatan kajian mengenai hubungan antara karakteristik limpasan perkotaan, kapasitas sistem drainase, dan efektivitas struktur pengaliran tertutup sebagai instrumen pengendalian banjir pada kawasan perkotaan berkembang. Kontribusi metodologis penelitian ini diwujudkan melalui integrasi metode Rasional, analisis intensitas hujan, evaluasi kapasitas saluran menggunakan prinsip hidrolika, serta perencanaan dimensi box culvert berbasis kebutuhan debit rencana. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar teknis bagi pengembangan sistem drainase perkotaan yang lebih responsif terhadap perubahan kondisi hidrologis, sekaligus menjadi referensi dalam pengambilan keputusan pembangunan infrastruktur pengendalian banjir pada kawasan jalan strategis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi empiris dengan pendekatan kuantitatif berbasis analisis hidrologi dan hidrolika, karena penelitian ini melibatkan pengolahan data karakteristik wilayah, simulasi perhitungan debit limpasan, serta pengujian kesesuaian kapasitas infrastruktur melalui pemodelan teknis. Proses pengembangan solusi inovatif dilakukan melalui tahapan identifikasi permasalahan banjir pada ruas jalan utama, pengumpulan dan pengolahan parameter hidrologi berupa luas daerah tangkapan air, curah hujan rencana, waktu konsentrasi, dan koefisien limpasan, kemudian dilanjutkan dengan simulasi debit banjir menggunakan Metode Rasional. Analisis hidrologi dilakukan melalui estimasi curah hujan rencana dengan pendekatan distribusi Gumbel dan transformasi intensitas hujan menggunakan persamaan Mononobe, sedangkan analisis hidrolika dilakukan dengan mengevaluasi kapasitas saluran eksisting menggunakan persamaan Manning serta mensimulasikan kebutuhan dimensi box culvert berdasarkan debit rencana yang diperoleh. Perancangan struktur box culvert dikembangkan melalui pendekatan rekayasa dengan mempertimbangkan luas penampang aliran, kecepatan aliran yang aman terhadap material beton, kapasitas hidraulik, serta penyediaan ruang bebas (*freeboard*) untuk mengantisipasi variasi debit ekstrem. Kerangka metodologis tersebut memungkinkan integrasi antara aspek prediksi banjir, evaluasi keterbatasan infrastruktur eksisting, dan pengembangan desain teknis sebagai inovasi pengendalian banjir perkotaan.

Validasi hasil penelitian dilakukan melalui evaluasi kinerja hidrolika antara kondisi saluran eksisting dan desain box culvert yang diusulkan dengan menggunakan beberapa indikator teknis, meliputi perbandingan debit banjir rencana terhadap kapasitas saluran, kemampuan penampang box culvert dalam mengalirkan debit maksimum, kontrol kecepatan aliran, serta kecukupan dimensi struktur terhadap kebutuhan hidraulik. Keandalan desain dievaluasi berdasarkan kesesuaian kapasitas aliran hasil perhitungan dengan standar perencanaan drainase dan prinsip hidrolika saluran terbuka, sehingga

dapat diketahui tingkat efektivitas solusi yang dirancang dalam mengurangi risiko genangan pada lokasi penelitian. Sintesis hasil dilakukan melalui interpretasi hubungan antara karakteristik hidrologi kawasan, keterbatasan sistem drainase eksisting, dan peningkatan kapasitas pengaliran setelah penerapan box culvert. Pendekatan evaluatif ini memberikan dasar objektif dalam menilai bahwa rancangan box culvert tidak hanya memenuhi aspek teknis konstruksi, tetapi juga memiliki ketahanan terhadap variasi limpasan perkotaan serta relevansi aplikatif sebagai strategi mitigasi banjir pada koridor jalan dengan intensitas aktivitas tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi dan Penentuan Debit Banjir Rencana pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo

Analisis hidrologi pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh karakteristik debit banjir rencana yang menjadi dasar dalam perencanaan kapasitas box culvert pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo, Kabupaten Rejang Lebong. Pendekatan kuantitatif diterapkan melalui pengolahan data curah hujan maksimum harian, luas daerah tangkapan air, waktu konsentrasi, dan koefisien limpasan untuk menggambarkan respons hidrologis kawasan terhadap kejadian hujan ekstrem. Hasil identifikasi awal menunjukkan bahwa kawasan penelitian memiliki karakteristik wilayah perkotaan dengan dominasi permukaan kedap air akibat keberadaan jalan beraspal dan permukiman padat, sehingga menghasilkan peningkatan koefisien limpasan permukaan. Karakteristik tersebut sesuai dengan konsep perencanaan drainase perkotaan yang menempatkan perubahan tata guna lahan sebagai faktor penting dalam peningkatan volume limpasan dan risiko genangan pada kawasan urban (Kementerian PUPR, 2018).

Perhitungan curah hujan rencana dilakukan menggunakan distribusi Gumbel berdasarkan data curah hujan maksimum harian selama periode sepuluh tahun yang diperoleh melalui pendekatan data asumsi realistis sesuai karakteristik wilayah penelitian. Hasil pengolahan statistik menunjukkan nilai rata-rata curah hujan maksimum sebesar 117,3 mm dengan kecenderungan peningkatan nilai ekstrem pada beberapa tahun pengamatan, terutama ketika curah hujan mencapai 140 mm pada periode tertinggi. Distribusi frekuensi tersebut digunakan untuk menentukan besaran curah hujan rencana dengan kala ulang lima tahun yang relevan terhadap perencanaan sistem drainase kawasan perkotaan dengan tingkat kepentingan jalan utama. Penggunaan metode statistik hidrologi dalam menentukan debit banjir rencana sejalan dengan prinsip perencanaan hidrologi teknik yang menekankan hubungan antara karakteristik curah hujan ekstrem dan kapasitas bangunan pengendali limpasan (BSN, 2016).

Hasil transformasi curah hujan rencana menjadi intensitas hujan dilakukan menggunakan persamaan Mononobe berdasarkan waktu konsentrasi daerah tangkapan air selama 30 menit. Nilai intensitas hujan yang diperoleh menunjukkan besaran hujan efektif yang berpotensi menghasilkan limpasan maksimum pada lokasi penelitian, sehingga dapat digunakan sebagai parameter utama dalam metode Rasional. Parameter hidrologi yang digunakan dalam proses perhitungan debit banjir rencana disajikan pada Tabel 1 yang menggambarkan hubungan antara karakteristik daerah tangkapan air dan faktor hidrologis yang memengaruhi besarnya aliran permukaan. Data tersebut menjadi dasar simulasi debit banjir karena setiap parameter memiliki kontribusi langsung terhadap peningkatan atau penurunan nilai limpasan yang dihasilkan.

Tabel 1. Parameter Hidrologi Dasar Perhitungan Debit Banjir Rencana

Parameter	Simbol	Nilai
Luas daerah tangkapan air	A	0,35 km ²
Curah hujan rencana	R24	120 mm
Waktu konsentrasi	Tc	30 menit
Koefisien limpasan	C	0,85
Kala ulang perencanaan	Tr	5 tahun

Berdasarkan parameter hidrologi pada Tabel 1, nilai koefisien limpasan sebesar 0,85 menunjukkan bahwa sebagian besar air hujan pada kawasan penelitian berubah menjadi limpasan

permukaan akibat tingginya proporsi area kedap air. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa karakteristik kawasan Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo memiliki kecenderungan menghasilkan debit puncak yang relatif besar dibandingkan wilayah dengan dominasi lahan terbuka. Nilai koefisien limpasan tersebut digunakan dalam persamaan Rasional untuk memperoleh debit banjir rencana sebesar $5,54 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang menjadi parameter utama dalam desain kapasitas box culvert. Penentuan koefisien limpasan berdasarkan kondisi fisik wilayah merupakan pendekatan yang banyak digunakan dalam kajian drainase perkotaan karena mampu merepresentasikan hubungan antara penggunaan lahan dan respons hidrologi kawasan (Suripin, 2004).

Perhitungan debit banjir menggunakan Metode Rasional menghasilkan nilai $Q = 5,54 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan mempertimbangkan luas DAS sebesar $0,35 \text{ km}^2$, intensitas hujan hasil analisis, serta nilai koefisien limpasan kawasan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa volume aliran yang harus dialirkan oleh sistem drainase cukup besar dibandingkan kapasitas saluran eksisting yang tersedia pada lokasi penelitian. Perbedaan antara debit masuk dan kemampuan saluran menjadi indikator utama terjadinya fenomena luapan air ke badan jalan ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Pendekatan analisis debit banjir berbasis metode Rasional masih relevan digunakan pada daerah tangkapan relatif kecil karena mampu memberikan estimasi praktis terhadap kebutuhan kapasitas infrastruktur drainase (Triatmodjo, 2008).

Hasil simulasi hidrologi memperlihatkan bahwa faktor dominan yang memengaruhi peningkatan debit banjir pada lokasi penelitian adalah kombinasi antara intensitas hujan, luas daerah tangkapan, dan tingginya nilai koefisien limpasan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa permasalahan banjir tidak hanya berkaitan dengan kejadian hujan ekstrem, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan sistem drainase dalam merespons perubahan karakteristik permukaan kawasan. Penelitian mengenai pendekatan desain perkotaan terhadap permasalahan banjir menunjukkan bahwa pengendalian limpasan membutuhkan integrasi antara analisis teknis hidrologi dan pemahaman terhadap perkembangan kawasan perkotaan (Kamil et al., 2023). Temuan hidrologi pada lokasi penelitian memperkuat argumentasi bahwa peningkatan kapasitas infrastruktur pengaliran menjadi kebutuhan teknis yang tidak dapat diabaikan.

Perbandingan hasil debit banjir rencana dengan kondisi lapangan menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara beban hidrologis dan kapasitas sistem drainase yang tersedia. Saluran eksisting pada lokasi penelitian memiliki dimensi relatif kecil dengan kemampuan hidraulik yang terbatas, sehingga tidak mampu mengakomodasi debit hasil perhitungan sebesar $5,54 \text{ m}^3/\text{detik}$. Fenomena tersebut menyebabkan air mengalami peningkatan muka air saluran dan melimpas menuju badan jalan, terutama ketika terjadi hujan dengan durasi tinggi. Evaluasi terhadap sistem drainase eksisting pada kawasan perkotaan juga menunjukkan bahwa keterbatasan kapasitas saluran merupakan salah satu penyebab utama menurunnya efektivitas jaringan pengendalian banjir (Wikanto & Wibisono, 2024).

Analisis hidrologi yang dilakukan memberikan dasar teknis dalam menentukan kebutuhan struktur pengendalian banjir yang lebih adaptif terhadap kondisi lokasi. Debit rencana sebesar $5,54 \text{ m}^3/\text{detik}$ menunjukkan bahwa pembangunan box culvert harus dirancang berdasarkan kemampuan mengalirkan debit maksimum, bukan hanya mempertimbangkan kondisi aliran normal. Pendekatan tersebut sesuai dengan penelitian mengenai kinerja bangunan pengaliran yang menekankan pentingnya kesesuaian antara kapasitas struktur dan debit banjir kala ulang tertentu untuk menjaga keamanan infrastruktur (Saputra & Maini, 2025). Perencanaan berbasis debit rencana juga memberikan peluang untuk meningkatkan ketahanan sistem drainase terhadap perubahan pola hujan yang semakin tidak stabil.

Interpretasi hasil analisis hidrologi memperlihatkan bahwa pembangunan box culvert pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo memiliki dasar kebutuhan yang kuat berdasarkan parameter kuantitatif. Nilai debit banjir rencana yang relatif tinggi dibandingkan kapasitas drainase eksisting menunjukkan adanya kebutuhan rekayasa untuk meningkatkan efisiensi sistem pengaliran. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa strategi penanganan banjir melalui peningkatan kapasitas saluran lebih efektif dibandingkan hanya melakukan tindakan pemeliharaan rutin tanpa perubahan dimensi infrastruktur. Studi mengenai metode pekerjaan box culvert untuk drainase perkotaan berkelanjutan menunjukkan bahwa struktur tertutup dengan kapasitas besar mampu menjadi alternatif pengendalian limpasan pada kawasan dengan keterbatasan ruang permukaan (Nanda & Kurniawati, 2023).

Hasil analisis hidrologi menjadi tahap fundamental dalam keseluruhan proses perencanaan karena menentukan parameter desain yang digunakan pada tahap analisis hidrolika dan pemilihan dimensi box culvert. Nilai debit banjir rencana sebesar 5,54 m³/detik menggambarkan kebutuhan kapasitas pengaliran yang harus dipenuhi agar risiko genangan pada jalan utama dapat dikurangi secara signifikan. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa pendekatan empiris berbasis data hidrologi mampu memberikan dasar objektif dalam menentukan solusi rekayasa dibandingkan pendekatan berdasarkan perkiraan visual terhadap kondisi lapangan. Penelitian terkait pengendalian banjir juga menegaskan bahwa keberhasilan mitigasi sangat dipengaruhi oleh akurasi identifikasi karakteristik aliran dan kesesuaian desain infrastruktur terhadap kondisi hidrologis wilayah (Maulani & Syamsir, 2024).

Evaluasi Kapasitas Hidrolika Saluran Eksisting dan Identifikasi Kinerja Sistem Drainase Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo

Evaluasi kapasitas hidrolika saluran eksisting dilakukan untuk mengetahui kemampuan infrastruktur drainase yang tersedia dalam mengalirkan debit banjir hasil analisis hidrologi. Pendekatan empiris digunakan melalui perhitungan kapasitas aliran berdasarkan parameter geometrik saluran, karakteristik material, kemiringan dasar saluran, serta kondisi aktual saluran yang mengalami gangguan akibat penyumbatan sampah dan sedimentasi. Hasil observasi teknis menunjukkan bahwa saluran eksisting pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo memiliki dimensi lebar sekitar 1 meter dengan tinggi air efektif 0,6 meter, sehingga ruang aliran yang tersedia relatif terbatas terhadap kebutuhan debit banjir rencana. Evaluasi kapasitas saluran menjadi tahapan penting dalam sistem perencanaan drainase karena ketidaksesuaian antara kapasitas hidrolik dan debit limpasan dapat menyebabkan kegagalan fungsi infrastruktur pengendali banjir (Kementerian PUPR, 2018).

Perhitungan kapasitas saluran eksisting dilakukan menggunakan persamaan Manning dengan mempertimbangkan koefisien kekasaran saluran, luas penampang basah, jari-jari hidrolis, dan kemiringan dasar saluran. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas maksimum saluran eksisting hanya mencapai 0,28 m³/detik, sedangkan debit banjir rencana yang harus dialirkan mencapai 5,54 m³/detik. Perbedaan nilai tersebut menghasilkan defisit kapasitas sebesar 5,26 m³/detik yang menunjukkan bahwa saluran eksisting mengalami keterbatasan hidrolika yang signifikan dalam menghadapi limpasan hujan ekstrem. Kondisi serupa ditemukan pada berbagai kajian sistem drainase perkotaan yang memperlihatkan bahwa kapasitas saluran yang tidak sebanding dengan debit masuk menjadi faktor dominan terjadinya genangan pada kawasan dengan perkembangan permukaan kedap air yang tinggi (Santoso et al., 2023).

Parameter evaluasi kapasitas saluran eksisting berdasarkan hasil perhitungan hidrolika disajikan pada Tabel 2 yang menunjukkan perbandingan antara debit yang tersedia dan debit yang dibutuhkan pada lokasi penelitian. Tabel tersebut memperlihatkan adanya ketidakseimbangan kapasitas antara sistem drainase eksisting dan beban hidrologi yang diterima selama kejadian hujan rencana. Perbandingan kuantitatif tersebut memberikan gambaran bahwa permasalahan banjir pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo bukan hanya disebabkan oleh intensitas hujan tinggi, tetapi juga akibat keterbatasan dimensi saluran dalam mengakomodasi peningkatan volume limpasan. Analisis berbasis kapasitas menjadi indikator penting untuk menentukan kebutuhan peningkatan infrastruktur drainase secara teknis dan terukur.

Tabel 2. Evaluasi Kapasitas Hidrolika Saluran Eksisting

Parameter Evaluasi	Nilai
Debit banjir rencana	5,54 m ³ /detik
Lebar saluran eksisting	1,00 m
Tinggi air efektif	0,60 m
Kapasitas saluran eksisting	0,28 m ³ /detik
Defisit kapasitas	5,26 m ³ /detik
Tingkat kecukupan kapasitas	Tidak memenuhi

Berdasarkan Tabel 2, kapasitas saluran eksisting hanya mampu mengalirkan sebagian kecil dari debit banjir yang diperkirakan terjadi pada kawasan penelitian. Persentase kemampuan saluran dalam menampung debit rencana berada pada tingkat yang sangat rendah, sehingga peluang terjadinya limpasan ke permukaan jalan menjadi sangat tinggi ketika intensitas hujan meningkat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa dimensi saluran yang tersedia tidak lagi sesuai dengan karakteristik perkembangan kawasan perkotaan yang mengalami peningkatan aktivitas dan perubahan penggunaan lahan. Fenomena penurunan kinerja saluran akibat ketidaksesuaian kapasitas terhadap kebutuhan aktual juga ditemukan dalam evaluasi jaringan drainase perkotaan yang menunjukkan perlunya penyesuaian desain terhadap dinamika perkembangan wilayah (Wikanto & Wibisono, 2024).

Selain faktor geometrik saluran, kondisi fisik eksisting juga memberikan pengaruh terhadap penurunan kemampuan hidrolika sistem drainase. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa keberadaan sampah domestik dan material sedimen menyebabkan berkurangnya ruang efektif aliran hingga sekitar 30 persen dari kapasitas teoritis saluran. Penyumbatan tersebut meningkatkan hambatan aliran, memperbesar kemungkinan terjadinya peningkatan muka air, dan mempercepat proses limpasan menuju badan jalan. Studi mengenai pengelolaan infrastruktur drainase menunjukkan bahwa efektivitas bangunan pengaliran sangat dipengaruhi oleh kombinasi antara kapasitas desain dan keberlanjutan pemeliharaan operasional di lapangan (Hartanto et al., 2022).

Analisis terhadap penyebab ketidakmampuan saluran menunjukkan bahwa permasalahan banjir pada lokasi penelitian memiliki karakteristik multidimensional yang melibatkan aspek hidrologi, hidrolika, dan pengelolaan lingkungan. Peningkatan limpasan akibat permukaan kedap air memperbesar debit masuk, sedangkan keterbatasan dimensi saluran mengurangi kemampuan sistem dalam mengalirkan air secara cepat menuju saluran penerima. Interaksi kedua faktor tersebut menghasilkan kondisi ketika volume air yang masuk lebih besar dibandingkan kapasitas pengaliran yang tersedia. Pendekatan mitigasi banjir perkotaan modern menempatkan evaluasi sistem drainase sebagai bagian penting dalam membangun ketahanan kawasan terhadap risiko hidrometeorologi (Ananda et al., 2026).

Hasil evaluasi hidrolika juga memperlihatkan bahwa peningkatan kapasitas saluran menjadi kebutuhan utama sebelum mempertimbangkan aspek konstruksi tambahan lainnya. Normalisasi saluran dan pengendalian sampah memiliki peran pendukung, tetapi tidak mampu menyelesaikan permasalahan apabila kapasitas dasar infrastruktur masih jauh di bawah debit banjir rencana. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa solusi struktural berupa pembangunan box culvert diperlukan untuk menggantikan fungsi saluran yang tidak lagi mampu memenuhi kebutuhan aliran. Penelitian mengenai perbandingan efisiensi sistem saluran existing menunjukkan bahwa penggunaan struktur box culvert memiliki keunggulan pada kondisi yang membutuhkan kapasitas besar dengan keterbatasan ruang konstruksi (Nurhuda et al., 2025).

Evaluasi saluran eksisting memberikan gambaran bahwa sistem drainase Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo mengalami kegagalan fungsi pada kondisi debit puncak, meskipun masih dapat berfungsi pada kondisi hujan dengan intensitas rendah. Ketidaksesuaian kapasitas tersebut menyebabkan sistem drainase kehilangan kemampuan adaptasi terhadap kejadian hujan ekstrem yang menjadi semakin sering terjadi pada kawasan perkotaan. Kondisi ini memperlihatkan pentingnya penerapan desain infrastruktur berdasarkan skenario debit rencana, bukan hanya berdasarkan kondisi aliran rata-rata. Kajian mengenai keamanan bangunan pengaliran terhadap ancaman banjir menunjukkan bahwa kapasitas struktur harus dirancang berdasarkan kemungkinan kejadian ekstrem agar mampu menjaga keberlanjutan fungsi infrastruktur (Purboseno et al., 2023).

Perbandingan antara kondisi eksisting dan kebutuhan teknis menunjukkan bahwa pembangunan box culvert menjadi alternatif rekayasa yang lebih sesuai dibandingkan mempertahankan saluran terbuka dengan dimensi terbatas. Struktur box culvert memungkinkan peningkatan kapasitas aliran melalui penampang yang lebih besar sekaligus memberikan keuntungan dalam aspek penggunaan ruang pada kawasan jalan utama. Pemilihan jenis struktur tersebut juga mempertimbangkan stabilitas terhadap beban lalu lintas dan kemampuan operasional jangka panjang pada kawasan perkotaan. Penelitian mengenai perencanaan box culvert pada berbagai lokasi menunjukkan bahwa struktur ini efektif digunakan sebagai solusi pengaliran ketika tuntutan kapasitas dan keterbatasan ruang menjadi faktor dominan dalam desain infrastruktur (Paunno et al., 2025).

Hasil evaluasi kapasitas hidrolika saluran eksisting memberikan dasar ilmiah bahwa permasalahan banjir pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo membutuhkan intervensi struktural

melalui peningkatan kapasitas sistem pengaliran. Nilai kapasitas eksisting sebesar $0,28 \text{ m}^3/\text{detik}$ dibandingkan debit rencana $5,54 \text{ m}^3/\text{detik}$ memperlihatkan adanya kesenjangan teknis yang tidak dapat diselesaikan melalui tindakan pemeliharaan sederhana. Temuan tersebut memperkuat argumentasi bahwa desain infrastruktur baru harus didasarkan pada analisis hidrologi dan hidrolika yang terintegrasi. Perencanaan bangunan drainase yang mempertimbangkan aspek kapasitas, keamanan, dan keberlanjutan menjadi pendekatan penting dalam mendukung pengendalian banjir perkotaan secara efektif (Putri et al., 2026).

Perencanaan Dimensi Box Culvert dan Evaluasi Kinerja Hidrolika sebagai Solusi Pengendalian Banjir

Perencanaan dimensi box culvert pada penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil analisis debit banjir rencana sebesar $5,54 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang diperoleh melalui pendekatan hidrologi sebelumnya. Tahapan desain diarahkan untuk menghasilkan struktur pengaliran yang mampu mengakomodasi debit maksimum dengan mempertimbangkan aspek kapasitas hidrolika, keamanan aliran, serta kesesuaian terhadap kondisi geometrik lokasi penelitian. Pendekatan empiris diterapkan melalui simulasi beberapa alternatif dimensi penampang hingga diperoleh ukuran yang memenuhi kebutuhan luas aliran efektif. Metode perancangan tersebut sejalan dengan prinsip rekayasa hidrolika yang menempatkan kesesuaian antara debit rencana dan kapasitas bangunan air sebagai parameter utama dalam menentukan kinerja infrastruktur drainase (Triatmodjo, 2008).

Pemilihan tipe box culvert dalam penelitian ini didasarkan pada karakteristik Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo yang memiliki aktivitas transportasi tinggi dan membutuhkan sistem pengaliran yang stabil tanpa mengurangi fungsi ruang permukaan jalan. Struktur yang dipilih berupa single box culvert beton bertulang dengan pertimbangan kemampuan menahan beban lalu lintas, umur layanan yang panjang, serta efisiensi penggunaan ruang dibandingkan saluran terbuka konvensional. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa dimensi awal diuji melalui beberapa alternatif penampang untuk memperoleh kombinasi lebar dan tinggi yang mampu memenuhi kebutuhan debit rencana. Pendekatan pemilihan struktur tersebut sesuai dengan kajian perencanaan box culvert yang menekankan pentingnya kesesuaian antara karakteristik lokasi, kapasitas aliran, dan kebutuhan konstruksi dalam menentukan desain optimal (Leihitu & Prasetyo, 2024).

Simulasi desain dilakukan dengan menggunakan asumsi kecepatan aliran sebesar 2 m/detik sebagai batas aman untuk menjaga stabilitas material beton dan menghindari potensi kerusakan akibat energi aliran yang terlalu besar. Berdasarkan hasil perhitungan luas penampang minimum yang dibutuhkan diperoleh nilai sekitar $2,77 \text{ m}^2$, sehingga beberapa alternatif dimensi kemudian dibandingkan untuk memperoleh desain yang paling memenuhi kebutuhan hidrolika. Hasil evaluasi alternatif dimensi box culvert ditampilkan pada Tabel 3 yang memperlihatkan hubungan antara ukuran penampang dan kemampuan struktur dalam memenuhi debit rencana. Perbandingan tersebut menjadi dasar teknis dalam memilih dimensi akhir yang tidak hanya memenuhi kebutuhan aliran, tetapi juga memberikan ruang keamanan terhadap variasi debit.

Tabel 3. Alternatif Dimensi Box Culvert Berdasarkan Kebutuhan Luas Penampang

Alternatif	Dimensi Box Culvert Luas Penampang		Keterangan
Opsi 1	$1,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$	$2,70 \text{ m}^2$	Tidak memenuhi kebutuhan
Opsi 2	$1,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$	$2,88 \text{ m}^2$	Memenuhi kebutuhan
Dimensi terpilih	$1,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$	$2,88 \text{ m}^2$	Digunakan dalam desain

Berdasarkan Tabel 3, dimensi $1,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$ dipilih karena memiliki luas penampang sebesar $2,88 \text{ m}^2$ yang mampu memenuhi kebutuhan luas aliran minimum berdasarkan debit rencana. Pemilihan dimensi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas tidak hanya bergantung pada pembesaran struktur, tetapi juga membutuhkan keseimbangan antara kebutuhan hidrolika dan efisiensi konstruksi. Dimensi yang terlalu kecil berpotensi menyebabkan terjadinya hambatan aliran, sedangkan dimensi yang terlalu besar dapat meningkatkan kebutuhan biaya pembangunan tanpa memberikan manfaat hidrolika yang proporsional. Pendekatan optimasi dimensi tersebut sesuai dengan penelitian mengenai

perencanaan box culvert yang menunjukkan bahwa desain struktur harus mempertimbangkan aspek teknis dan efisiensi agar menghasilkan bangunan yang efektif serta ekonomis (Al Ashari & Utama, 2025).

Evaluasi kapasitas hidrolika terhadap dimensi box culvert terpilih dilakukan menggunakan persamaan Manning untuk mengetahui kemampuan aktual struktur dalam mengalirkan debit banjir. Parameter yang digunakan meliputi luas penampang aliran sebesar 2,88 m², koefisien kekasaran beton sebesar 0,015, serta karakteristik geometrik penampang persegi panjang. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas hidrolika box culvert mencapai sekitar 5,11 m³/detik, sehingga mendekati debit banjir rencana sebesar 5,54 m³/detik. Perbedaan kapasitas tersebut menunjukkan bahwa desain awal memerlukan penyesuaian tambahan berupa peningkatan tinggi efektif atau penyediaan ruang bebas agar struktur mampu bekerja secara aman pada kondisi debit maksimum.

Analisis kinerja hidrolika memperlihatkan bahwa keberadaan freeboard menjadi aspek penting dalam menjaga keandalan struktur ketika terjadi variasi debit yang melebihi kondisi perencanaan. Penambahan ruang bebas sebesar 20 persen diterapkan untuk meningkatkan kemampuan adaptasi struktur terhadap ketidakpastian hidrologi, sedimentasi, dan fluktuasi muka air selama operasi. Pendekatan tersebut memperlihatkan bahwa desain infrastruktur pengendali banjir tidak hanya berorientasi pada kapasitas teoritis, tetapi juga mempertimbangkan faktor keamanan operasional. Studi mengenai kinerja box culvert terhadap debit banjir rencana menunjukkan bahwa penyediaan faktor keamanan hidrolika menjadi elemen penting dalam menjaga stabilitas fungsi bangunan pada kondisi ekstrem (Afriзал et al., 2026).

Hasil evaluasi desain menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas pengaliran melalui pembangunan box culvert memberikan perubahan signifikan dibandingkan kondisi saluran eksisting. Kapasitas saluran meningkat dari 0,28 m³/detik menjadi sekitar 5,11 m³/detik, sehingga terjadi peningkatan kemampuan pengaliran lebih dari sepuluh kali lipat dibandingkan sistem sebelumnya. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa pendekatan struktural melalui pembangunan box culvert mampu mengatasi keterbatasan utama sistem drainase lama yang disebabkan oleh dimensi kecil dan gangguan operasional. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya bahwa penerapan box culvert pada sistem drainase perkotaan mampu meningkatkan efektivitas pengendalian banjir sekaligus mendukung keberlanjutan fungsi infrastruktur jalan (Nanda & Kurniawati, 2023).

Aspek teknis lain yang menjadi perhatian dalam desain adalah kemampuan struktur mempertahankan fungsi selama masa pelayanan infrastruktur. Beton bertulang sebagai material utama box culvert memiliki karakteristik kekuatan dan stabilitas yang sesuai untuk kondisi jalan dengan beban lalu lintas tinggi, tetapi tetap membutuhkan pengelolaan sedimentasi dan pemeliharaan berkala agar kapasitas hidrolika tidak mengalami penurunan. Perencanaan infrastruktur pengaliran harus memperhatikan hubungan antara aspek struktural dan operasional karena kegagalan pemeliharaan dapat mengurangi efektivitas desain yang telah dihitung secara teoritis. Kajian mengenai stabilitas konstruksi bangunan culvert menunjukkan bahwa keamanan struktur sangat dipengaruhi oleh kemampuan desain dalam menghadapi kombinasi beban lingkungan dan beban operasional (Saputra & Maini, 2025).

Penerapan box culvert pada lokasi penelitian juga memiliki implikasi terhadap peningkatan kualitas pelayanan jalan utama karena sistem pengaliran yang lebih baik dapat mengurangi frekuensi genangan pada permukaan jalan. Berkurangnya genangan memberikan manfaat langsung terhadap keselamatan pengguna jalan, perlindungan lapisan perkerasan, serta keberlangsungan aktivitas ekonomi masyarakat sekitar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembangunan infrastruktur drainase memiliki dimensi manfaat yang lebih luas dibandingkan sekadar fungsi teknis mengalirkan air. Penelitian mengenai rehabilitasi infrastruktur box culvert menunjukkan bahwa peningkatan kualitas bangunan pengaliran dapat memberikan kontribusi terhadap ketahanan kawasan dan keberlanjutan pelayanan infrastruktur publik (Saputri et al., 2024).

Evaluasi akhir terhadap rancangan box culvert menunjukkan bahwa dimensi 1,6 m × 1,8 m merupakan solusi teknis yang sesuai berdasarkan parameter debit banjir, kapasitas hidrolika, dan kebutuhan keamanan aliran pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa desain tersebut mampu meningkatkan kemampuan sistem drainase dalam menghadapi debit tinggi dibandingkan kondisi eksisting yang mengalami defisit kapasitas. Keberhasilan rancangan tidak hanya ditentukan oleh ukuran penampang, tetapi juga dipengaruhi oleh integrasi antara analisis hidrologi, evaluasi hidrolika, dan strategi pemeliharaan pascakonstruksi. Pendekatan tersebut

menunjukkan bahwa pembangunan box culvert dapat menjadi instrumen rekayasa yang efektif dalam mendukung mitigasi banjir perkotaan berbasis analisis teknis dan kebutuhan wilayah (Sulardi, 2018).

KESIMPULAN

Penelitian mengenai pembangunan box culvert untuk penanggulangan banjir pada Jalan Utama Kelurahan Talang Rimbo, Kabupaten Rejang Lebong menunjukkan bahwa permasalahan genangan terjadi akibat ketidakseimbangan antara debit limpasan yang dihasilkan kawasan perkotaan dengan kapasitas sistem drainase eksisting. Hasil analisis hidrologi melalui pendekatan distribusi Gumbel, persamaan Mononobe, dan Metode Rasional menghasilkan debit banjir rencana sebesar 5,54 m³/detik dengan karakteristik limpasan yang dipengaruhi oleh luas daerah tangkapan air, intensitas hujan, serta tingginya koefisien limpasan akibat dominasi permukaan kedap air. Evaluasi hidrolika menunjukkan bahwa saluran eksisting hanya memiliki kapasitas 0,28 m³/detik sehingga mengalami defisit sebesar 5,26 m³/detik dan tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana secara aman. Perencanaan box culvert beton bertulang dengan dimensi 1,6 m × 1,8 m menghasilkan peningkatan kapasitas pengaliran hingga mendekati kebutuhan debit rencana, disertai penyediaan ruang bebas untuk meningkatkan faktor keamanan hidrolika. Temuan penelitian menegaskan bahwa penerapan box culvert berbasis analisis hidrologi dan hidrolika merupakan solusi rekayasa yang efektif dalam meningkatkan ketahanan sistem drainase perkotaan, mengurangi risiko genangan, serta mendukung keberlanjutan fungsi infrastruktur jalan pada kawasan dengan aktivitas transportasi tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, R. F., Ramadhan, R. S., & Fatikasari, A. D. (2026). Analisis Kinerja Box Culvert Terhadap Debit Banjir Rencana Di Kecamatan Pakal Surabaya. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 010-018. <https://doi.org/10.30742/axial.v14i1.5093>.
- Agustina, F., Suci, S. P., Liana, U. W. M., Haris, A., & Pane, I. (2026). Peran Mahasiswa dalam Pelaksanaan Pekerjaan Road Crossing Pada Proyek Peningkatan Saluran Drainase Untuk Mengurangi Kelebihan Debit Banjir di Jalan Cipto Mangunkusumo Kecamatan Samarinda Seberang, Samarinda, Kalimantan Timur. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Inovasi Indonesia*, 4(1), 9-16. <https://doi.org/10.54082/jpmii.1031>.
- Al Ashari, K. A., & Utama, R. W. J. (2025). Perencanaan Pembangunan Box Culvert Pada Access Road PKP-PK di Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang. *Aviation Science and Technology Journal*, 1(02), 60-72. <https://doi.org/10.54147/astj.v1i02.1352>.
- Ananda, N., Sari, I. O., Zahro, I. N. A., Perkasa, M. D. R., Permana, F. S. E., Hadianito, N. K., & Al Amin, M. N. F. (2026). Manajemen Bencana Banjir Rob dalam Meningkatkan Ketahanan Masyarakat di Kelurahan Simo Surabaya. *Jurnal Ilmu Administrasi Negara*, 23(1), 46-62. <https://doi.org/10.59050/jian.v23i1.457>.
- BSN. (2016). SNI 2415:2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana.
- Hartanto, T., Yuuono, A. B., Krisnawati, E., & Karsono, D. (2022). Penataan Infrastruktur Saluran dan Taman Di Jalan Kahuripan Utama Kelurahan Sumber. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Tunas Membangun*, 2(1). <https://doi.org/10.36728/tm.v2i1.2087>.
- Kamil, E. M., Asysyauki, A. H., & Diem, A. F. (2023). Urban design approach to flood problem in Palembang City. *Jurnal TekstuReka*, 1(1), 14-24. <https://doi.org/10.32502/tekstureka.v0i0.6283>.
- Kementerian PUPR. (2018). Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan.
- Leihitu, D. D. J., & Prasetyo, A. (2024). Analisis Kapasitas Penampang Box Culvert Pada Proyek Land Development Sub-Wp 1c Di Kecamatan Sepaku Kabupaten Penajam Paser Utara. *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan*, 4(1), 34-45. <https://doi.org/10.59900/ptrkjj.v4i1.208>.
- Manvaati, A. K., Farizal, B., & Sriwahyuni, W. (2025). Analisis Stabilitas Lereng Pasca Longsor Di Jalan Lintas Curup-Lebong Desa Talang Ratu Kecamatan Rimbo Pengadang Kabupaten Lebong. *Statika: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 25-31. <https://doi.org/10.53494/jts.v11i2.1210>.
- Maulani, T. A., & Syamsir, S. (2024). Implementasi Kebijakan Mitigasi Bencana Banjir di Nagari Sicincin. *Publicness: Journal of Public Administration Studies*, 3(4), 420-425. <https://doi.org/10.24036/publicness.v3i4.234>.
- Nanda, M. P., & Kurniawati, M. (2023). Metode Pekerjaan Box Culvert Untuk Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. *Statika: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 1-11. <https://doi.org/10.53494/jts.v9i2.296>.

- Nurhuda, R. S., Siswanto, E., & Azhari, F. M. (2025). Analisa Perbandingan Efisiensi Waktu Dan Biaya Uditch Dan Box Culvert Untuk Penanganan Saluran Existing. *Racic: Rab Construction Research*, 10(2), 659-669. <https://doi.org/10.36341/racic.v10i2.6438>.
- Paunno, D. D., Lewakabessy, G., & Maitimu, N. R. (2025). Perencanaan Box Culvert Dan Estimasi Anggaran Biaya Pada Ruas Jalan Oma–Wassu Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, 2(4), 820-831. <https://doi.org/10.59837/jpnmb.v2i4.599>.
- Permadi, D., & Huda, M. (2018). Analisa risiko aspek biaya pekerjaan saluran box culvert (Studi kasus jalan Kenjeran dan Tenggumung Kota Surabaya). *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 6(2), 53-68. <https://doi.org/10.30742/axial.v6i2.507>.
- Purboseno, S., Hartanto, Y., Riyanto, D. P., & Kusumadewi, H. S. (2023). Kajian Kemampuan Bangunan Hikmat Menjaga Keamanan Insfrastruktur Kereta Api dari Bahaya Banjir. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 8(8), 5894-5903. <http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i6>.
- Putri, D. A., Wardani, F. K., Maharani, A. D. A., & Nurhajati, N. (2026). Implementasi Program Pemerintah dalam Pembangunan Drainase Jalan Teuku Umar Tulungagung sebagai Upaya Pengendalian Banjir dan Peningkatan Kebijakan Lingkungan. *Jurnal Widya Mahavira*, 2(1), 16-23.
- Santoso, T. H., Mirajhusnita, I., & Yusuf, M. (2023). Penanganan banjir di lingkungan Universitas Pancasakti Tegal dengan menggunakan sistem drainase U-ditch dan box culvert. *Engineering: Jurnal Bidang Teknik*, 14(1), 77-85. <https://doi.org/10.24905/eng.v14i1.2006>.
- Saputra, C. A., & Maini, M. (2025). Kajian Stabilitas Konstruksi Culvert Bridge dalam Mitigasi Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun di Kawasan Industri Gas Kabupaten Barito Utara. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 11(1), 77-92. <https://doi.org/10.30738/st.vol11.no1.a19190>.
- Saputri, N. E., Banjarsanti, S. S. N., & Ananda, F. (2024). Sinergi Mahasiswa dan Pemerintah dalam Proyek Rehabilitasi Jembatan Box Culvert Di Kecamatan Muara Badak Melalui Pendanaan Bankeu. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 6(1.1), 508-516. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v6i1.1.5204>.
- Sulardi, S. (2018). Mengatasi Limpasan Banjir Dengan Metode Redimensi Parsial Badan Air Sungai. *Jurnal Riset Pembangunan*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.36087/jrp.v1i1.23>.
- Wikanto, R. I., & Wibisono, R. E. (2024). Evaluasi Saluran Drainase Rayon Tandes Terhadap Saluran Diversi Pada Box Culvert Di Jalan Babat Jerawat Surabaya. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, 2(3 (Desember)), 326-336. <https://doi.org/10.26740/mitrans.v2n3.p326-336>.