Vol. 11 No. 01 April (2025) Halaman Artikel (014-019)

JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN

Website: https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun

ANALISIS SPESIFIKASI DAN ANGGARAN STRUKTUR BERONJONG PADA PROYEK NORMALISASI SUNGAI

ANALYSIS OF SPECIFICATIONS AND COST ESTIMATE FOR GABION STRUCTURE IN RIVER NORMALIZATION PROJECT

Mariati Indah Lestari[1*] dan Hendriawan Makalag[2]

Program Studi Teknik Sipil Institut Kesehatan dan Teknologi Graha Medika

Abstrak

Sungai Mokoantor di Kecamatan Poigar, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara, menghadapi tantangan serius terkait erosi longsoran lereng akibat curah hujan musiman dan pasang surut air laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan struktur perkuatan tebing berupa beronjong kawat pabrikasi yang diisi batu kali dalam meningkatkan stabilitas lereng tebing sungai. Metode yang digunakan adalah studi kasus, dengan pengumpulan data melalui observasi lapangan, dokumentasi visual, dan analisis gambar kerja serta Rencana Anggaran Biaya (RAB). Hasil penelitian menunjukkan bahwa beronjong dapat mengurangi laju sedimentasi dan meningkatkan stabilitas lereng, asalkan desain dan konstruksinya mempertimbangkan faktor-faktor seperti kemiringan lereng dan jenis tanah. Penelitian ini juga menekankan pentingnya manajemen proyek dan penyusunan RAB yang efisien untuk memastikan pelaksanaan proyek yang ekonomis. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perencanaan struktur perkuatan yang efektif dan aplikatif di daerah dengan karakteristik geografi serupa.

Kata Kunci *: Erosi, Longsoran, Perkuatan Tebing, Beronjong, Stabilitas Lereng, Normalisasi Sungai, Manajemen Proyek, Rencana Anggaran Biaya (RAB)*

Abstract

The Mokoantor River in Poigar District, Bolaang Mongondow, North Sulawesi, faces significant challenges related to erosion and slope failures due to seasonal rainfall and tidal influences. This study aims to evaluate the effectiveness of using gabion structures filled with river stones to enhance the stability of riverbanks. A case study methodology was employed, involving data collection through field observations, visual documentation, and analysis of technical specifications and cost estimates. The findings indicate that gabions can reduce sedimentation rates and improve slope stability, provided that design and construction consider factors such as slope gradient and soil type. This research underscores the importance of efficient project management and budgeting to ensure cost-effective implementation, contributing valuable insights for effective reinforcement planning in similar geographical contexts.

Keywords: *Erosion, Landslides, Slope Renforcement, Gabion, Slope Stability, River Normalizarion, Project Management, Cost Estimate (RAB)*

PENDAHULUAN

Sungai Mokoantor yang terletak di Kecamatan Poigar, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara, merupakan salah satu sungai dengan karakteristik aliran yang dipengaruhi oleh curah hujan musiman dan pasang surut air laut. Kondisi ini menjadikan daerah bantaran sungai rentan terhadap erosi dan gerakan tanah, khususnya longsoran lereng pada tebing sungai. Fenomena ini tidak hanya mengancam ekosistem sungai, tetapi juga membahayakan keberlanjutan infrastruktur serta keselamatan permukiman di sekitarnya.

Peningkatan kadar air tanah akibat hujan atau limpasan sungai dapat menyebabkan kenaikan tekanan air pori, yang berujung pada penurunan kekuatan geser tanah dan memicu kelongsoran (Rahardjo et al., 2007; Wahyudi & Muntohar, 2016). Masalah kelongsoran dan bajir di Poigar sring terjadi disebabkan oleh kondisi geografi, karena Kecamatan Poigar memiliki curha hujan yang cukup tinggi, hal ini menyebabkan limpasan air yang besar dan terjadilh erosi alur-alur banjir. Banjir yang terjadi merusakan sebagian prasarana umum seperti jalan, saluran drainase, lahan perkebunan, serta rumah penduduk dan menggangu kegiatan perekonomian di Kecamatan Poigar.

Air memiliki peran signifikan dalam proses kelongsoran, terutama melalui peningkatan tekanan air pori yang menyebabkan penurunan kekuatan geser tanah (Rahardjo et al., 2007).

Erosi tebing maupun dasar sungai terjadi ketika tegangan geser hidraulik melebihi tahanan geser material dasar, sedangkan pengendapan (deposisi) berlangsung saat kecepatan aliran turun di

(*)Corresponding author
Telp :
E-mail : indahlestarimariati@gmail.com
http://doi.org/ 10.33506/rb.v11i01.4396
Received 26 April 2025; Accepted 29 April 2025; Available online 30 April 2025
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

bawah kecepatan pengangkut sedimen kritis. Diagram Hjulström mengilustrasikan hubungan antara kecepatan aliran dan ukuran butir sedimen dalam menentukan apakah material akan tererosi, tertransportasi, atau diendapkan (Hjulström, 1935).

Perkuatan Lereng dengan Menggunakan Beronjong

Perkuatan lereng dengan menggunakan beronjong (gabion) merupakan metode yang banyak digunakan untuk mengendalikan erosi dan menjaga kestabilan lereng, khususnya di daerah aliran sungai. Beronjong adalah struktur penahan yang terbuat dari kawat baja berlapis galvanis yang dibentuk seperti keranjang dan diisi dengan batu-batu besar. Struktur ini dipasang pada tebing atau lereng sungai untuk menyerap energi air dan menahan tekanan tanah serta arus air yang dapat menyebabkan gerusan.

Keunggulan beronjong dibandingkan struktur penahan lainnya terletak pada fleksibilitas dan kemampuannya untuk beradaptasi terhadap deformasi tanah, serta memiliki sifat permeabel yang memungkinkan air mengalir melalui struktur tanpa menimbulkan tekanan hidrostatik berlebih. Oleh karena itu, beronjong cocok digunakan pada wilayah dengan risiko longsor dan aliran air permukaan yang tinggi, seperti lereng sungai, saluran irigasi, dan badan jalan di tepi sungai (Soewarno, 2005).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (2017), penggunaan beronjong dapat meningkatkan stabilitas lereng dan mengurangi laju sedimentasi pada alur sungai, selama desain dan konstruksinya mempertimbangkan kemiringan lereng, debit air, serta jenis tanah di lokasi tersebut. Efektivitas sistem beronjong juga sangat bergantung pada kualitas pemasangan, ketebalan batu isi, dan ketahanan kawat penyangga terhadap korosi serta gaya tarik.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode studi kasus. Studi kasus ini fokus pada normalisasi sungai dan perkuatan tebing menggunakan bronjong di Sungai Mokoantor, Kecamatan Poigar. Data dikumpulkan melalui pengamatan langsung di lapangan, dokumentasi visual, dan pengujian gambar kerja, spesifikasi teknis, dan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi bagaimana spesifikasi ukuran bronjong yang digunakan sesuai dengan kondisi lapangan dan anggaran yang tersedia.

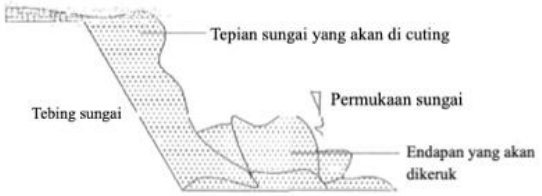
Data sekunder berasal dari dokumen perencanaan, literatur teknis (SNI, Permen, jurnal ilmiah), dan referensi relevan lainnya. Dimensi sungai, kondisi tebing, jenis material yang digunakan, dan teknik yang digunakan untuk melakukan pekerjaan di lapangan adalah semua bagian dari data primer.

Untuk mempermudah pekerjaan perkuatan tebing sungai maka pada awal sebelum pemasangan bronjong dilakukan pekerjaan normalisasi pada sungai dengan tujuan untuk menormalkan kembali sungai agar supaya mempermudah pekerjaan pemasangan bronjong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mempermudah pekerjaan perkuatan tebing sungai maka pada awal sebelum pemasangan bronjong dilakukan pekerjaan normalisasi pada sungai dengan tujuan untuk menormalkan kembali sungai agar supaya mempermudah pekerjaan pemasangan bronjong.

Langkah kerja pekerjaan normalisasi adalah pengukuran dan pemasangan patok pada tepi sungai, pemasangan patok untuk pengukuran dapat di pasang 50 m disesuaikan dengan lokasi pekerjaan, dilanjutkan dengan pemotongan (cutting) tepi sungai sesuai dengan tanda batas yang telah ditentukan terlebih dahulu, dan kemudian mengeruk endapan dan membersihkan sungai dari benda-benda (batang pohon, sampah-sampah dan benda-benda lainnya) yang menghambat aliran air sungai.



Gambar 1. Bagian Sungai

Pekerjaan Galian Tanah Pada Dasar Sungai Setelah normalisasi, digali lobang koporan sedalam 1 m dan lebar 1,5 m di dasar sungai. Tujuan dari lobang ini adalah untuk menjadi tempat koporan atau pondasi pasangan bronjong. Pekerjaan ini dilakukan dengan langkah demi langkah.

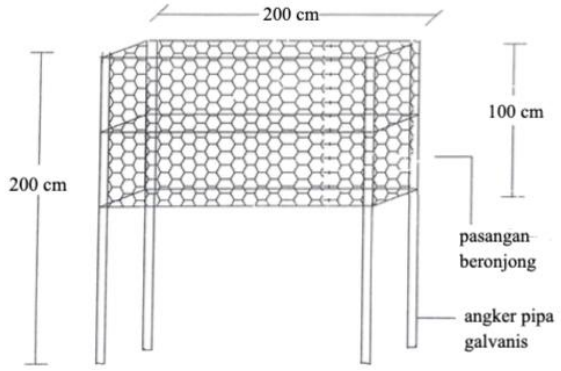
Pekerjaan galian dasar sungai dilakukan dalam tiga tahap: Bouplank dipasang sebagai referensi untuk penggalian. Dilanjutkan dengan menggali dasar sungai sesuai dengan ukuran yang ditetapkan sebelumnya. Selanjutnya, persiapkan tugas pasangan koporan bronjong.

Setelah proses normalisasi sungai selesai, yaitu membersihkan alur sungai dari material endapan dan hambatan lainnya, tahap berikutnya adalah melakukan penggalian lobang koporan pada dasar sungai. Koporan merupakan pondasi atau dasar tempat pemasangan bronjong, yang sangat penting dalam menjamin kestabilan struktur terhadap gaya

aliran air dan gerusan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012).

Umumnya, penggalian dilakukan sedalam 1 meter dan selebar 1,5 meter, meskipun ukuran tersebut dapat disesuaikan dengan kondisi hidrologi lokal serta stabilitas tanah di lokasi proyek. Tujuan utama dari penggalian ini adalah menyediakan pondasi yang kuat dan stabil untuk bronjong agar tidak mudah tergerus aliran air., memberikan daya cengkeram yang cukup terhadap struktur dasar sungai, mencegah pergeseran atau penurunan struktur akibat beban dan tekanan air (SNI 03-3975-2000).

Langkah teknis penggalian meliputi pemasangan bouwplank sebagai acuan penggalian agar dimensi sesuai rencana, penggalian dilakukan secara manual atau dengan alat berat tergantung medan pekerjaan, proses penggalian dilanjutkan dengan pembersihan dasar sungai dari lumpur atau batuan lepas. Area koporan disiapkan untuk pemasangan bronjong, termasuk perataan dasar dan penguatan menggunakan bahan tambahan seperti geotekstil jika dibutuhkan (Ervianto, 2005). Penggalian dilakukan secara bertahap apabila terjadi perbedaan elevasi sungai. Selain itu, perlu disiapkan saluran drainase sementara untuk menghindari genangan air selama proses penggalian berlangsung (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012).

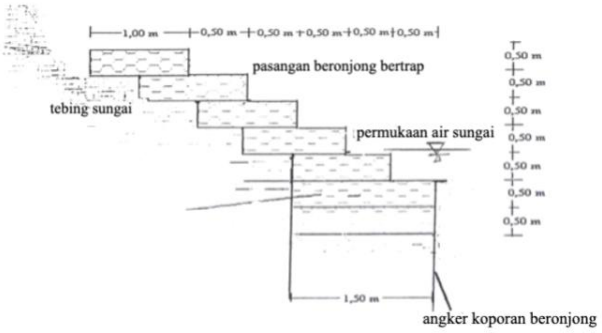


Gambar 2. Pemasangan angker pipa galvanis pada Koporan

Pekerjaan pasangan bronjong bertrap atau berundak (anak tangga) dilakukan setelah pondasi bronjong atau koporan selesai dipasang. Bronjong yang digunakan biasanya memiliki ukuran standar, seperti 2 m × 1 m × 0,5 m. Bronjong-bronjong ini disusun dengan metode trap atau undakan (mirip anak tangga) dengan jarak antar undakan sekitar 50 cm, menyesuaikan dengan kemiringan lereng dan stabilitas struktur yang direncanakan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012). Metode bertrap sangat efektif untuk kondisi medan miring atau lereng sungai yang memiliki perbedaan elevasi yang signifikan. Dengan sistem bertingkat, aliran air akan melambat di setiap anak tangga, sehingga mengurangi energi gerusan serta memberikan efek redaman terhadap kecepatan aliran air (Ervianto, 2005).

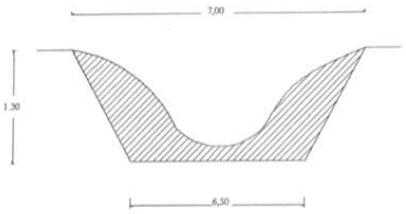
Tahapan pemasangan bronjong bertrap meliputi pengukuran dan pemasangan kawat bronjong sesuai ukuran di atas bouwplank atau patok acuan yang telah dipasang sebelumnya, pengisian bronjong dengan batu kali berdiameter lebih dari 20 cm yang dipadatkan, untuk meningkatkan massa jenis dan mengurangi rongga udara, setelah penuh, kawat bronjong ditutup dan dikunci dengan tali kawat atau pengikat besi agar tidak terbuka akibat tekanan air atau beban lainnya. Salah satu keunggulan metode ini adalah pengerjaannya yang dapat berlangsung meski kondisi air tidak sepenuhnya surut, sehingga tidak memerlukan proses pengeringan total. Namun, apabila elevasi air terlalu tinggi atau aliran sangat deras, maka pasangan bronjong dapat dialihkan sementara, dan dilanjutkan kembali ketika kondisi memungkinkan (Kementerian PUPR, 2012).

Menurut Wulfram I. Ervianto (2005), keberhasilan pekerjaan pasangan bronjong tidak hanya bergantung pada teknik pemasangan, tetapi juga sangat ditentukan oleh material pengisi, kekuatan sambungan kawat, dan pengendalian pelaksanaan di lapangan.



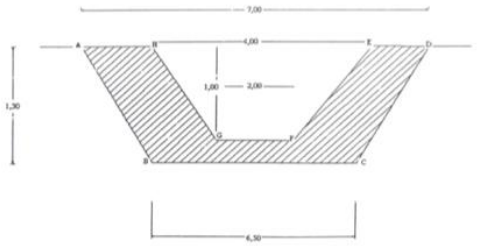
Gambar 3. Pasangan bronjong pada tebing sungai

Perhitungan Profil Galian Tanah



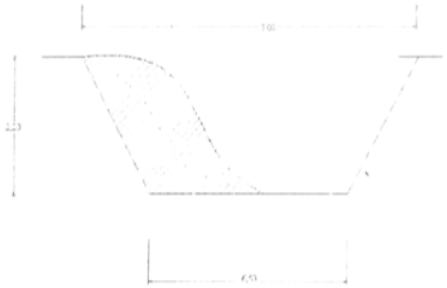
Gambar 4. Profil tanah 1 Sebelum di normalisasi

Diambil pendekatan persamaan 2 trapesium yaitu trapeSium ABCD dan trapesium EFGH dengan luas cuttingan= luas trapesium ABCD – luas trapesium EFGH



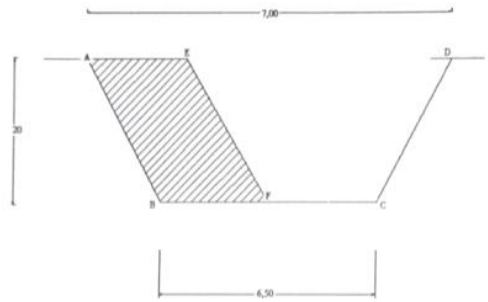
Gambar 5. Profil Galian Tanah 1 Sesudah di Normalisasi

Perhitungan Profil Galian Tanah 1
Perhitungan Luas dan Volume Galian Tanah
Luas Trapesium = (HEGF = (4 + 2) × 1) / 2 = 6 / 2 = 3 m²
Luas Trapesium ABCD = ((6.50 m + 7.00 m) × 1.30 m) / 2
= (17.55) / 2 = 8.775 m²
Luas Cuttingan = Luas ABCD - Luas HEGF
= 8.775 m² - 3 m² = 5.775 m²
Panjang galian tanah dengan gambar profil l
= 100 m
V_1 = 5.775 m² × 100 m = 577.5 m³



Gambar 6. Profil Galian Tanah 2

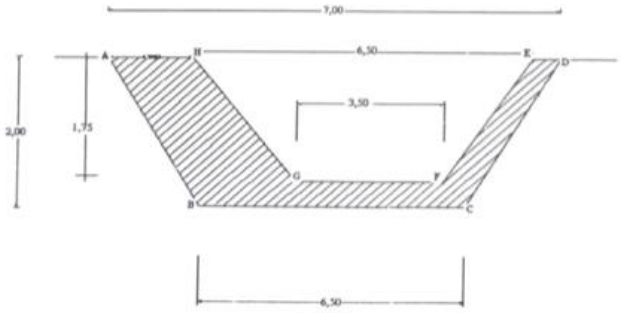
Diambil pendekatan dengan persamaan jajar genjang ABEF



Gambar 7. Profil Galian Tanah 2

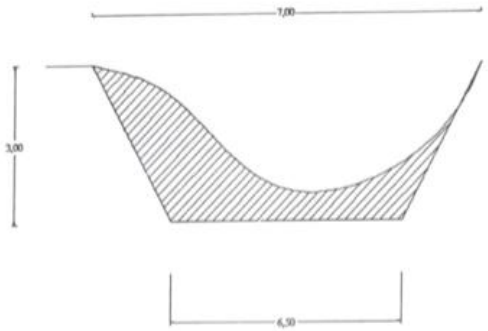
Perhitungan Profil Galian Tanah 2
L = a x t
3,25 m × 2,20 m = 7,15 m²

Panjang galian tanah dengan profil galian tanah 2 = 77 m
= 7,15 m² × 77 m
= 550,55 m³

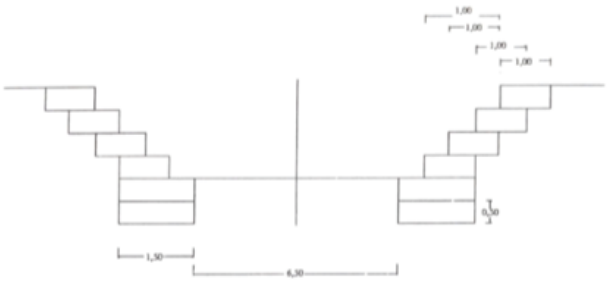


Gambar 8. Profil Tanah Sesudah Dinormalisasi

Diambil pendekatan dengan 2 Trapesium yaitu Trapesium ABC dan AFGH



Gambar 9. Profil Galian Tanah Sebelum Dinormalisasi



Gambar 10. Perhitungan Volume Beronjong

Koperan = 0,50 × 1,50 = 0,75 m²
0,75 m² × 2 bh koperan = 1,5 m²
Pasangan Bronjong Bertrap = 1,00 m × 0,50 m
= 0,5 m²
0,5 m² × 4 bh pasangan bronjong bertrap
= 2 m²
Luas keseluruhan pasangan bronjong
= 1,5 m² + 2m²
= 3,5 m²
Panjang keseluruhan pasangan bronjong

= 508 m

Jadi volume pasangan bronjong keseluruhan

= 508m ×3,5m²

= 1.778 m³

Perhitungan Pemasangan Angker Pipa Galvanis

Angker Pipa Galvanis

$n = x/_a + 1$

Keterangan:

n = Jumlah Pipa yang tidak diketahui

x = Panjang Bronjong

a = Jarak antara pipa

Panjang keseluruhan pasangan bronjong adalah 508 m

n = 508 m ÷ 2 + 1 = 255

Jadi jumlah total pipa galvanis sebanyak 255 ujung.

KESIMPULAN

Dalam upaya mengatasi bencana banjir dan longsor, terutama di daerah tangkapan air dan sepanjang badan sungai, kita memerlukan strategi teknis yang tidak hanya efektif tetapi juga efisien. Salah satu metode yang telah terbukti memberikan perlindungan terhadap erosi tebing sungai adalah pembangunan struktur perkuatan tebing menggunakan sistem bronjong. Bronjong adalah konstruksi yang relatif sederhana, namun sangat efektif dalam meredam energi aliran air dan memperkuat kestabilan lereng sungai. Penting untuk merancang metode pelaksanaan dan spesifikasi teknis dalam pembangunan bronjong dengan cermat. Ini mencakup pedoman mengenai material, metode kerja, serta pengujian kualitas agar hasil yang diperoleh sesuai dengan standar teknis yang berlaku. Penggunaan bronjong pabrikan menjadi salah satu solusi modern, karena material yang digunakan telah melewati proses kontrol kualitas yang ketat dari pabrik, baik dari segi dimensi kawat, lapisan galvanis, hingga ketahanan tarik.

Bronjong sebagai struktur perkuatan terdiri dari dua komponen utama: bahan pengisi, seperti batu kali atau batu belah, yang dipilih berdasarkan ukuran tertentu agar sesuai dengan celah jaring bronjong. Pemilihan batu yang tepat sangat mempengaruhi kepadatan dan stabilitas struktur bronjong. Selain itu, kawat bronjong, yang terbuat dari baja berlapis galvanis dan dirangkai membentuk kotak, berfungsi sebagai wadah untuk menahan batu pengisi. Kawat ini diproduksi sesuai dengan spesifikasi teknis, termasuk diameter kawat, ukuran mata jaring, dan jenis lapisan pelindung. Konstruksi bronjong memiliki peran yang sangat penting dalam sistem perlindungan tebing sungai. Kemampuannya untuk menahan erosi dan mencegah longsor akibat aliran air permukaan maupun bawah permukaan menjadikannya pilihan yang tepat. Bronjong adalah struktur fleksibel yang dapat beradaptasi dengan perubahan bentuk dasar tanah, sehingga sangat cocok diterapkan di daerah yang rawan gerakan tanah dan aliran air yang tinggi.

Namun, keberhasilan fungsi bronjong sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik material penyusunnya, terutama kawat baja yang digunakan sebagai kerangka. Sayangnya, tipe bronjong ini rentan terhadap kerusakan mekanis akibat aktivitas manusia, seperti pencurian kawat, pengambilan batu isi, atau penggunaan lokasi sekitar untuk keperluan lain yang tidak sesuai dengan fungsi perlindungan. Oleh karena itu, partisipasi masyarakat dalam menjaga kelestarian infrastruktur ini menjadi kunci untuk memastikan keberlanjutan fungsinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan tulus, penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Kesehatan dan Teknologi Graha Medika atas segala bentuk dukungan, arahan, dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis berharap, hasil dari penelitian ini tidak hanya memperkaya khazanah ilmu pengetahuan, tetapi juga dapat menjadi manfaat nyata bagi perkembangan keilmuan dan kebutuhan masyarakat di masa depan.

REFERENSI

Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air. Bogor: IPB Press.

Asdak, C. (2007). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-3975-2000: Tata Cara Perencanaan dan Pelaksanaan Pekerjaan Galian untuk Konstruksi Bangunan Sipil.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2002). The Nature and Properties of Soils (13th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Chow, V. T. (1959). Open-Channel Hydraulics. New York, NY: McGraw-Hill.

Departemen Pekerjaan Umum. (2008). Standar Nasional Indonesia (SNI) 7394:2008 – Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan. Jakarta: BSN.

Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2017). Bangunan Pengaturan Sungai. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Ervianto, Wulfram I. (2005). Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta: Andi Offset.

Henderson, F. M. (1966). Open Channel Flow (1st ed.). New York, NY: Macmillan.

Hjulström, F. (1935). Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris. Bulletin of the Geological Institution of the University of Uppsala, 25.

Hutchinson, J. N. (1988). Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. In A. K. Turner & R. L. Schuster (Eds.), Landslides: Investigation and Mitigation (pp. 3–35). Transportation Research Board, National Research Council.

Islami, A., Saputra, A., Puspa Rini, R., Ahmad Januar Jafaruddin, & Rokhman. (2024). ANALISIS STABILITAS LERENG DI JALAN AHMAD YANI NO. 49, KOTA SORONG MENGGUNAKAN SOFTWARE ROCSLIDE. JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN, 10(2), 124–128. http://doi.org/xxxWebsite:https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun

Julien, P. Y. (2002). River Mechanics. Cambridge: Cambridge University Press.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2012). Pedoman Perencanaan Teknik Bronjong untuk Pengendalian Banjir dan Erosi. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2012). Pedoman Perencanaan Teknik Bronjong untuk Pengendalian Banjir dan Erosi. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.

Kementerian PUPR. (2015). Petunjuk Teknis Pekerjaan Konstruksi Sungai dan Pantai.

Kerzner, H. (2017). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (12th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Khoeri, H., & Isvara, W. (2024). ANALISIS RESIKO GETARAN TANAH AKIBAT PENGEBORAN RENCANA PONDASI JEMBATAN YANG BERSIMPANGAN DENGAN JALUR PIPA GAS. JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN, 10(2). http://doi.org/xxxWebsite:https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun

Knighton, D. (1998). Fluvial Forms and Processes. London: Arnold.

Larson, E. W., & Gray, C. F. (2017). Project Management: The Managerial Process (7th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.

Montgomery, D. R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(33), 13268–13272.

Morgan, R. P. C. (2005). Soil Erosion and Conservation (3rd ed.). Oxford: Blackwell Publishing.

PMI. (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6th ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Rahardjo, H., Ong, T. H., Rezaur, R. B., & Leong, E. C. (2007). Factors controlling instability of homogeneous soil slopes under rainfall. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 133(12), 1532–1543.

Rosalina, E. (2019). Analisis Faktor Penyebab Erosi Tebing Sungai dan Upaya Penanggulangannya. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 4(2), 55–63.

Sidle, R. C. (1991). Rainfall-induced shallow landslides as river basins scale. In B. F. Agnew & C. D. Kinner (Eds.), Geotechnical Engineering in Cold Regions (pp. 55–64). American Society of Civil Engineers.

Sukandar, A. (2011). Teknik Pengendalian Erosi dan Sedimentasi. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.

Sukmana, S. (1987). Erosi dan Konservasi Tanah di Indonesia. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Tamin, R. Z. (2015). Manajemen Proyek Konstruksi. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.

Tengku Habibi. (2015). Tipe-tipe Struktur Pelindung Tebing Sungai. Academia.edu.

Varnes, D. J. (1978). Landslide types and processes (Engineering Geology, Report No. 176). U.S. Geological Survey.

Wahyudi, J., & Muntohar, A. S. (2016). Pengaruh Intensitas Hujan terhadap Stabilitas Lereng Tanah Lempung. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan, 18(2), 89–96.