

PENGUNAAN BRONJONG SIRIP UNTUK MENGANTISIPASI SEDIMENTASI PADA TIKUNGAN DALAM SALURAN

YOLANDA WULANDARI^{1*}, MAS MERA²

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Institut Teknologi Padang¹, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas²
Email: wulandyolanda11@gmail.com^{1*}

Abstrak: Sedimentasi sering terjadi di tikungan sungai, khususnya di sepanjang busur bagian dalam yang menyebabkan terkonsentrasinya aliran di busur bagian luar. Proses ini mengakibatkan erosi pada busur luar sehingga menyebabkan tepian sungai runtuh. Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan secara fisik pengendalian sedimentasi pada busur dalam di tikungan saluran dengan memanfaatkan bronjong sirip sehingga mencegah konsentrasi aliran pada busur luar. Penelitian ini terdiri dari lima setup eksperimental. Pada setup 1, bronjong biasa diletakkan di sepanjang 206 cm pada busur luar. Setup 2 mengatasi sedimentasi dan erosi yang diamati pada setup 1 dengan menempatkan bronjong sirip di bagian hilir tikungan. Setup 3 selanjutnya mengatasi masalah dari setup 2 dengan menempatkan bronjong sirip di tengah tikungan. Setup 4, dasar saluran diratakan ulang, dan dua bronjong sirip bagian hilir dan tengah tikungan dipasang kembali. Terakhir, Pada setup 5 dasar saluran diratakan kembali, dengan bronjong sirip hilir dan tengah ditempatkan di permukaan tanpa dibenamkan, sambil tetap diikat ke bronjong biasa. Hasil simulasi menunjukkan bahwa bronjong sirip secara efektif mengurangi sedimentasi di dekat busur dalam tikungan, mencegah konsentrasi aliran di busur luar. Untuk kinerja yang optimal, pondasi bronjong sirip harus kokoh agar tidak turun atau bergeser.

Kata Kunci: *Bronjong sirip, Erosi, Sedimentasi, Tikungan dalam, Tikungan luar*

Abstract: *Sedimentation often occurs at river bends, especially along the inner arc, causing flow to concentrate in the outer arc. This process results in erosion of the outer arc, causing the river banks to collapse. The aim of this research is to physically model the control of sedimentation in the inner arc at channel bends by utilizing fin gabions so as to prevent flow concentration in the outer arc. This research consisted of five experimental setups. In setup 1, regular gabions are placed along the 206 cm length of the outer arc. Setup 2 addresses the sedimentation and erosion observed in setup 1 by placing fin gabions downstream of the bend. Setup 3 further addresses the problem of setup 2 by placing the fin gabions in the middle of the bend. Setup 4, the channel bottom is re-levelled, and the two fin gabions at the downstream and middle corners are re-installed. Finally, in setup 5 the channel bottom is leveled again, with the downstream and middle fin gabions placed on the surface without being immersed while remaining tied to the regular gabion. Simulation results show that fin gabions effectively reduce sedimentation near the inner arc of the bend, preventing flow concentration in the outer arc. For optimal performance, the fin gabion foundation must be sturdy so that it does not sink or shift.*

Key words: *Fin Gabion, Erosion, Sedimentation, Inner Arc, Outer Arc*

A. Pendahuluan

Permasalahan yang sering timbul di tikungan sungai adalah terjadinya sedimentasi di busur dalam dan pengikisan di busur luar tikungan tersebut. Sedimentasi dan pengikisan yang terjadi di sungai dipengaruhi oleh perbedaan distribusi kecepatan aliran sungai. Pada tikungan sungai, kecepatan yang paling deras biasanya terjadi di busur luar sehingga terjadi pengikisan dan alur sungai menjadi lebih dalam. Namun, pada beberapa penelitian, curah hujan juga dapat mempengaruhi proses pengikisan. Pada kondisi curah hujan ekstrem menunjukkan pengikisan yang lebih besar dibandingkan dengan curah hujan biasa (Anderson et al. 2021; Fowler et al. 2021). Pengikisan yang paling besar cenderung terjadi di bagian awal (hulu) dan di bagian akhir (hilir) tikungan. Perkuatan tebing busur luar seperti bronjong lebih cepat rusak di kedua ujung tersebut. Jika kedua posisi itu dibandingkan, bronjong yang di bagian hilir lebih cepat

rusak dibanding di bagian hulu (Ukiman et al. 2004; Effendi 2013; Putri 2014; Darwizal et al. 2015). Karena kecepatan aliran sungai dekat busur dalam lebih lambat dari kecepatan rata-rata, maka terjadi sedimentasi di sana. Hasil ini dikonfirmasi oleh Harvien (2006). Selain itu, sedimentasi dan pengikisan yang terjadi pada tikungan sungai juga dipengaruhi oleh sudut tikungan. Semakin tajam sudut belokan semakin besar proses sedimentasi di busur dalam dan pengikisan di busur luar (Darwizal et al. 2006). Sedangkan pada daerah yang lereng, sedimentasi disebabkan oleh variabel-variabel lainnya seperti curah hujan, topografi, penggunaan lahan, dan material penyusun tanah (Battista et al. 2022; Bekin et al. 2021; Beveridge et al. 2020). Karena hal inilah, bronjong sebagai pelindung tebing sungai kerap kali mengalami kerusakan bahkan mengalami keruntuhan seluruh struktur bronjong.

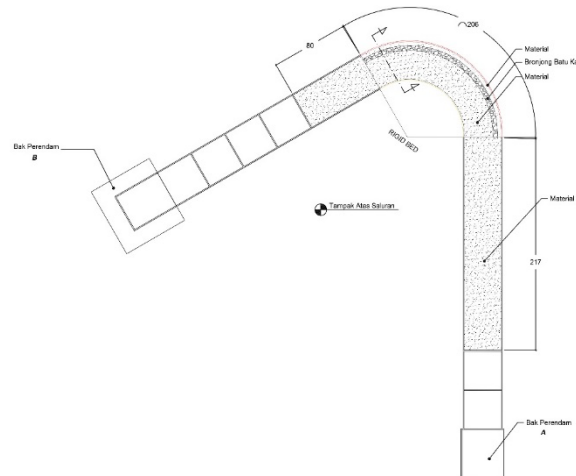
Penelitian ini adalah tentang pengendalian sedimentasi dan pengikisan pada tikungan saluran menggunakan bronjong sirip yang diikatkan pada bronjong biasa pada busur luar tikungan. Bronjong sirip ini diharapkan bisa mengubah distribusi kecepatan yang pada awalnya cenderung lebih deras pada bagian busur luar dialihkan ke bagian busur dalam tikungan. Akibatnya adalah sedimentasi dan pengikisan yang terjadi bisa berkurang. Penggunaan bronjong sirip pada penelitian ini berbeda dengan penelitian Zulfan dan Yiniarti (2018) dan Santoso (2004) yang menggunakan krib dalam mengatasi permasalahan yang terjadi. Penelitian ini dilakukan dalam bentuk model fisik untuk mensimulasikan fenomena sedimentasi di busur dalam dan penggerusan di busur luar sungai serta bagaimana cara mengatasinya.

B. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan memodelkan secara fisik pengendalian sedimentasi pada busur dalam di tikungan saluran dengan memanfaatkan bronjong sirip sehingga mencegah konsentrasi aliran pada busur luar. Penelitian dilakukan dalam jangka waktu 2 bulan di Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas.

Flume yang digunakan berukuran 40 cm lebar kotor dan 40 cm tinggi. Tebal dinding flume masing-masing adalah 1 cm, sehingga lebar bersih saluran tinggal 38 cm. Bagian flume yang diamati adalah bagian tikungan dengan jari-jari dinding luar 98 cm dan jari-jari dinding dalam 60 cm. Panjang busur luar adalah 206 cm dan busur dalam adalah 125 cm. Panjang saluran lurus yang diamati sebelum tikungan adalah 217 cm dan sesudah tikungan adalah 80 cm (Gambar 1).

Material pasir yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari pasir dasar Sungai Batang Kuranji, Padang, Provinsi Sumatera Barat. Sedangkan batu yang digunakan dalam penelitian ini sebagai material pengisi bronjong adalah batu kerikil dari Batang Kuranji juga dengan diameter sekitar 1,5 sampai 2 cm. Diameter batu ini harus lebih besar dari lobang wiremesh kawat bronjong (Lin Yang et al. 2009). Ukuran batu yang disarankan adalah 1,5D sampai 3D untuk membatasi kekosongan dan memaksimalkan produktivitasnya (Chaychuk, 2005). D adalah diameter lobang wiremesh. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan Marthe dkk (2023) yang menggunakan geo-polymer dari limbah industri seperti fly ash dan GGBS (granulated ground blast furnace slag) dan juga Jayasree (2008) yang menggunakan material lunak sebagai bahan pengisi bronjong. Hal ini juga berbeda dari penelitian Saravanapriya (2018) yang menggunakan geogrid sebagai bahan untuk dinding bronjong.



Gambar 1. Tampak atas bagian saluran yang ditinjau

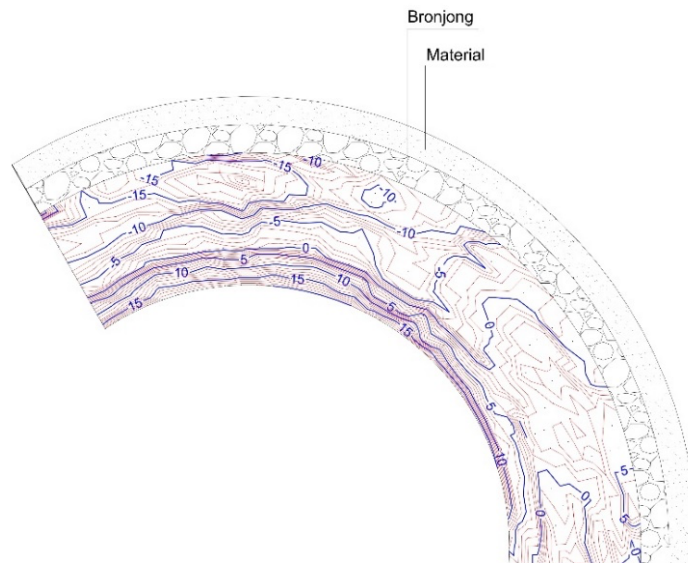
Di sepanjang busur luar, yaitu 206 cm, dipasang bronjong biasa sebagai perkuatan tebing. Ukuran bronjong adalah 10 cm panjang, 5 cm lebar dan 5 cm tinggi. Kawat bronjong menggunakan kawat baja beton yang berukuran 1,6 mm, dan ukuran lobang wiremesh adalah 1,25 cm × 1,25 cm. Bronjong yang digunakan merupakan bronjong kotak konvensional dengan sistem stack-and-pair dalam menahan gerakan lateral. Hal ini berbeda dari penelitian Ramli dkk (2013) yang menggunakan konfigurasi interlocking.

Antara bronjong dan dinding saluran ada jarak 5 cm, yang kemudian diisi pasir, sehingga lebar saluran mengecil menjadi 28 cm. Akibatnya adalah dasar saluran dekat busur luar yang bisa diamati adalah sampai jari-jari 88 cm saja. Ada 5 setup pada penelitian ini. Setup 1 adalah dasar saluran yang hanya terdiri dari pasir dengan ketebalan 10 cm yang didatarkan. Hasil running pada setup 1 adalah mengubah kontur dasar saluran yang datar menjadi kontur dengan kedalaman yang bervariasi sebagai akibat proses sedimentasi dan erosi. Kemudian dipasang bronjong sirip di bagian hilirnya dengan jarak 75 cm dari ujung hilir busur luar. Itulah Setup 2. Bronjong biasa dan bronjong sirip mempunyai ukuran dan material yang sama. Bronjong biasa dipasang di busur luar tikungan, sedangkan bronjong sirip dipasang membentuk sudut 45 derajat terhadap sumbu arah aliran. Ujung hulu bronjong sirip diikat ke bronjong biasa, sedangkan ujung hilirnya ke tengah saluran. Dasar bronjong sirip ini dibenamkan agar tidak mudah hanyut atau bergeser. Pada topografi yang terbentuk setelah running pada setup 2 ditambahkan bronjong sirip pada bagian tengah tikungan, yaitu sejauh 109 cm dari ujung hilir busur luar. Itulah setup 3. Dasar bronjong sirip ini juga dibenamkan agar tak mudah hanyut atau bergeser. Pada setup 4 dasar saluran didatarkan kembali kemudian bronjong sirip diletakkan di hilir (di posisi yang sama pada setup 2) dan di tengah tikungan (di posisi yang sama seperti setup 3). Kedua dasar bronjong sirip tersebut dibenamkan agar tak mudah hanyut atau bergeser. Setup 5 sama dengan setup 4, bedanya hanyalah dasar bronjong sirip diletakkan saja di atas permukaan pasir tanpa dibenamkan. Tujuan setup 5 adalah untuk membuktikan bahwa bronjong sirip yang diletakkan pada tikungan harus mempunyai pondasi yang kokoh.

C. Hasil

Setup 1

Penelitian yang dilakukan oleh Djunur dan Kasmawati (2021) menggunakan 4 variasi debit. Sedangkan pada penelitian ini hanya menggunakan satu debit saja, yaitu debit normal 739,6 mL/s. Running model dihentikan ketika salah satu bronjong biasa menunjukkan tanda-tanda penurunan pada setup 1. Waktu simulasi atau running ini diperoleh 15 menit 50 detik, dan kemudian waktu ini dipakai untuk waktu running pada setup-setup yang lain. Hasil running pada setup 1 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Topografi yang terbentuk di dasar saluran setelah running pada setup 1

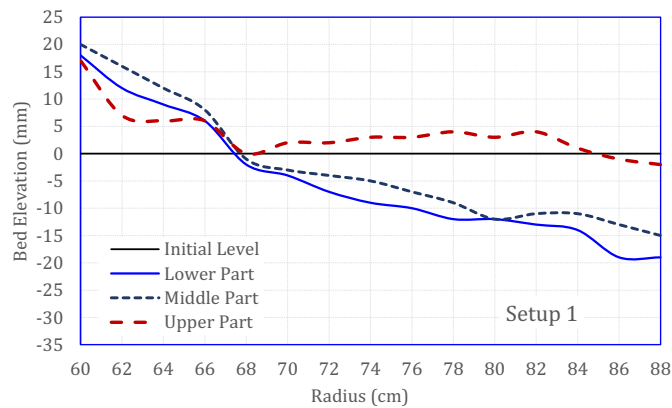
Fenomena yang terjadi pada tikungan saluran setelah pengujian pada setup 1 menunjukkan pola aliran yang mengakibatkan sedimentasi dan pengikisan yang tidak merata di sepanjang tikungan saluran.

Di bagian busur dalam, terjadi sedimentasi yang mengakibatkan permukaan pasir naik setinggi hingga 20 mm. Sedimentasi ini menyebabkan penyempitan lebar basah saluran, yaitu bagian saluran yang dialiri air secara langsung, sehingga area ini mengalami penyempitan sebagian karena sedimen yang mengendap. Penyempitan ini pada akhirnya mengubah pola aliran, di mana kecepatan aliran menjadi lebih terkonsentrasi pada daerah busur luar.

Karena lebar basah saluran mengecil di busur dalam akibat sedimentasi, aliran air terkonsentrasi di daerah busur luar. Hal ini menyebabkan peningkatan kecepatan dan intensitas aliran di dekat busur luar, yang pada akhirnya

mempercepat proses pengikisan dan menambah tekanan pada struktur bronjong serta bagian dasar saluran di area tersebut.

Pengikisan pada busur luar mencapai kedalaman 19 mm. Pengikisan di daerah ini menyebabkan turunnya bronjong yang berfungsi sebagai perkuatan tebing (ditunjukkan pada Gambar 4). Ini menunjukkan bahwa aliran air yang deras pada busur luar menimbulkan tekanan yang cukup kuat sehingga pasir dan material di sekitar bronjong terkikis, mengakibatkan penurunan posisi bronjong. Pengikisan ini adalah fenomena yang umum di tikungan saluran karena gaya sentrifugal membuat air mengalir lebih deras dan menekan sisi luar tikungan, meningkatkan risiko erosi pada bagian ini. Setup 2 perlu dilakukan untuk mengatasi pola pengikisan dan sedimentasi yang terjadi, terutama mencegah penurunan lebih lanjut pada bronjong.



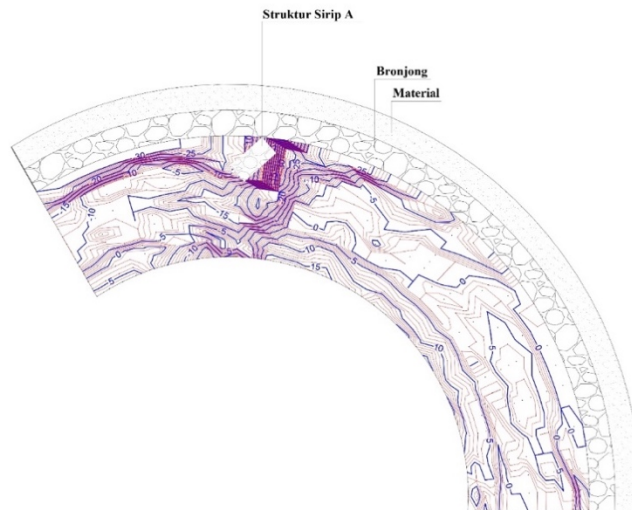
Gambar 3. Elevasi dasar saluran pada bagian hilir, tengah serta hulu tikungan setelah running pada setup 1



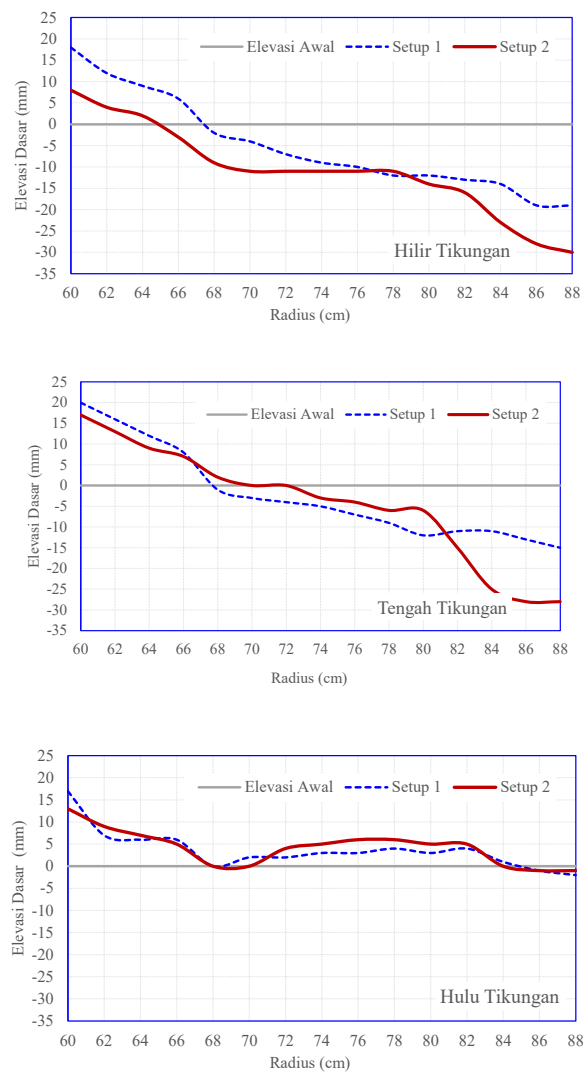
Gambar 4. Bronjong turun di bagian hilir (dilihat dari hulu dan hilir)

Setup 2

Pada topografi yang terbentuk akibat running pada setup 1, ditambahkan bronjong sirip yang diikatkan ke bronjong biasa yang berada di bagian hilir tikungan agar tidak mengalami penurunan lebih lanjut. Ini disebut sebagai setup 2. Hasil running pada setup 2 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Topografi yang terbentuk di dasar saluran setelah running pada setup 2



Gambar 6. Perbandingan topografi yang terbentuk di saluran setelah running pada setup 1 dan 2 di bagian hilir, tengah dan hulu tikungan

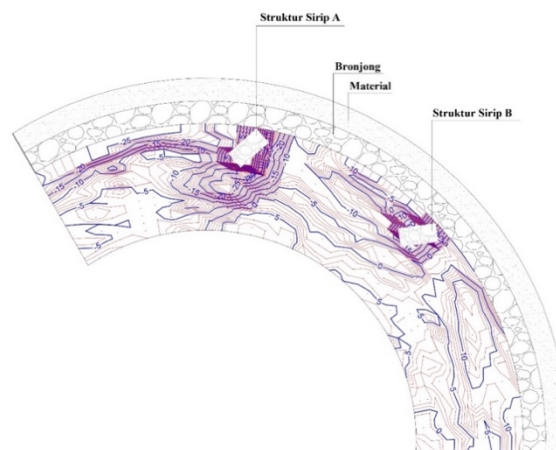
Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa pengikisan masih terjadi di bagian hilir tikungan, baik dekat busur luar maupun dekat busur dalam. Pengikisan sampai mencapai 10 cm dekat busur dalam, 4 cm di tengah, dan 11 cm dekat busur luar. Di bagian tengah tikungan, pengikisan hanya terjadi dekat busur luar saja, tapi sampai mencapai 13 cm. Sedangkan di bagian hulu tikungan, elevasi dasar saluran sudah mulai stabil. Selain itu, pada bronjong sirip A (hilir) bagian ujung juga terjadi pengikisan sedalam 15 sampai 35 mm (Gambar 7). Karena pengikisan dan sedimentasi masih terjadi di tikungan maka perlu dilanjutkan ke setup 3 untuk mengantisipasi hal itu.



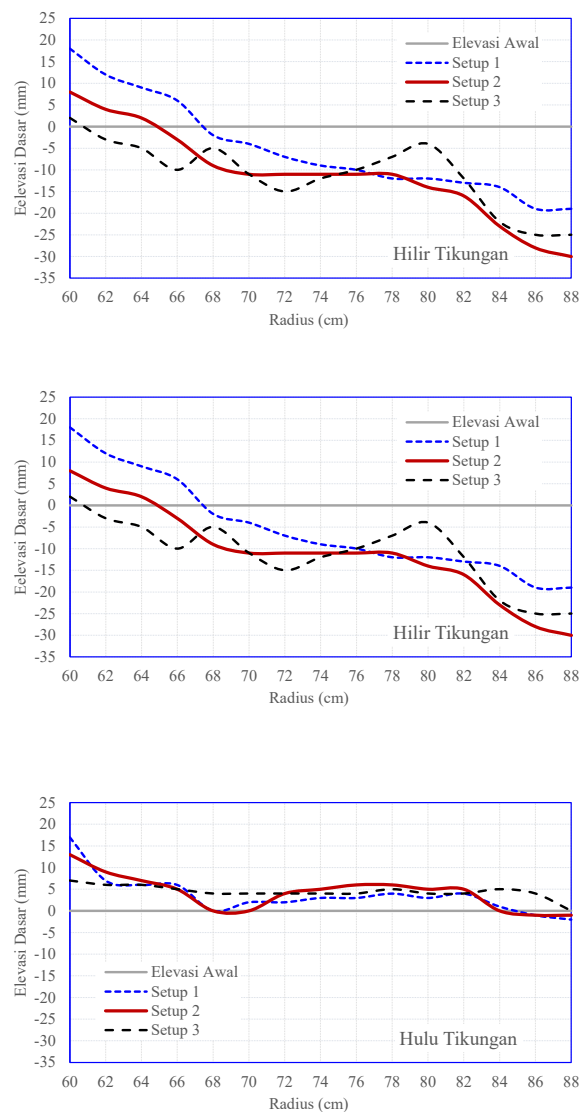
Gambar 7. Bronjong dan sirip turun di bagian hilir tikungan (dilihat dari hulu dan hilir)

Setup 3

Pada topografi yang terbentuk akibat running pada setup 2, ditambahkan bronjong sirip yang diikatkan ke bronjong biasa yang berada di bagian tengah tikungan agar tidak mengalami penurunan lebih lanjut. Ini disebut sebagai setup 3. Hasil running pada setup 3 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Topografi yang terbentuk di dasar saluran setelah running pada setup 3



Gambar 9. Perbandingan topografi yang terbentuk di dasar saluran setelah running pada setup 1, 2 dan 3 di bagian hilir, tengah dan hulu tikungan

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa pengikisan masih terjadi di dekat busur dalam dan sedimentasi masih terjadi di dekat busur luar sehingga elevasi mendekati elevasi awal. Hal ini terjadi di ketiga bagian tikungan. Ini artinya, bahwa penambahan bronjong sirip di bagian tengah tikungan dapat menyebabkan kestabilan dasar saluran. Foto hasil running pada setup 3 dapat dilihat pada Gambar 10. Meskipun ada penggerusan di hulu sirip hilir, namun di hilirnya terjadi sedimentasi.



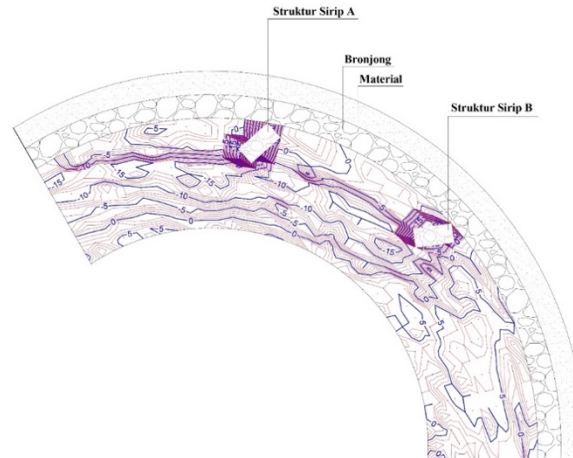
Gambar 10. Terjadi sedimentasi di hilir sirip hilir (dilihat dari hilir)

Setup 4

Pada setup 4, dilakukan pengaturan ulang terhadap semua bronjong, baik bronjong biasa maupun bronjong sirip, dan material (pasir). Tujuan dari setup ini adalah untuk menguji efektivitas bronjong sirip dalam mengurangi pengikisan dan sedimentasi di tikungan saluran. Semua bronjong, termasuk bronjong biasa dan bronjong sirip, disusun ulang. Bronjong sirip, yang dirancang khusus untuk mengarahkan aliran dan mengendalikan pengikisan pada tikungan saluran, ditempatkan secara strategis agar dapat mengelola distribusi aliran dengan lebih efektif. Pasir di dasar saluran diratakan kembali agar kondisi dasar saluran pada awal simulasi sama dengan setup 1, yaitu dalam keadaan datar (Gambar 11). Ini dilakukan untuk memudahkan evaluasi seberapa besar pengaruh bronjong terhadap pengikisan dan sedimentasi setelah simulasi. Dengan kondisi awal yang serupa dengan setup 1, hasil simulasi pada setup 4 akan menunjukkan perbandingan langsung untuk melihat apakah bronjong sirip yang disusun ulang lebih efektif dalam mencegah pengikisan dan sedimentasi. Hasil running pada setup 4 dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 11. Setup 4 sebelum dirunning (dilihat dari hilir)

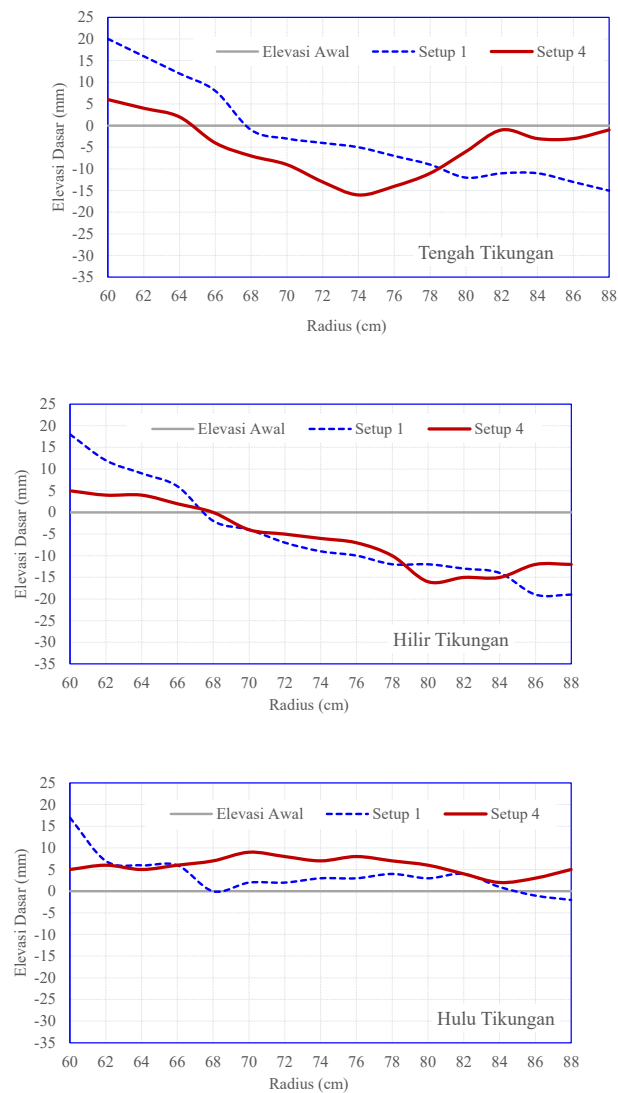


Gambar 12. Topografi yang terbentuk di dasar saluran setelah running pada setup 4

Pada Gambar 12, hasil simulasi setup 4 menunjukkan efektivitas bronjong sirip dalam mengatasi masalah sedimentasi dan pengikisan di tikungan saluran. Sedimentasi di dekat busur dalam berkurang sebanyak 37% dibandingkan dengan kondisi tanpa bronjong sirip. Penurunan sedimentasi di busur dalam menunjukkan bahwa bronjong sirip mampu mengalihkan aliran sehingga tidak terlalu banyak material yang terendapkan di area ini.

Di bagian hilir dekat busur dalam, terjadi sedimentasi, namun perubahan aliran tidak signifikan, hanya sekitar 27% dibandingkan dengan kondisi tanpa bronjong sirip. Artinya, pemasangan bronjong sirip mampu mengurangi sedimen yang menyebabkan penyempitan lebar saluran di busur dalam, sehingga aliran air tetap terkendali.

Dapat dilihat bahwa sedimentasi di bagian hilir dekat busur dalam tidak signifikan mengubah aliran, yaitu sekitar 27% dibandingkan dengan tanpa bronjong sirip. Sedangkan dekat busur luar, sedimentasi berkurang 37% dibandingkan dengan tanpa bronjong sirip. Sementara itu, di bagian tengah tikungan, pengikisan hanya terjadi di tengah-tengah penampang saluran, sedangkan di dekat busur luar dan dalam nyaris tak terjadi sedimentasi dan pengikisan. Di bagian hulu tikungan, terjadi sedimentasi yang merata sepanjang penampang melintang saluran, namun tak signifikan. Secara umum, pemasangan dua bronjong sirip, yaitu di bagian hilir dan tengah tikungan, efektif mengatasi sedimentasi di dekat busur dalam dan pengikisan di dekat busur luar. Foto hasil running pada setup 4 dapat dilihat pada Gambar 14.



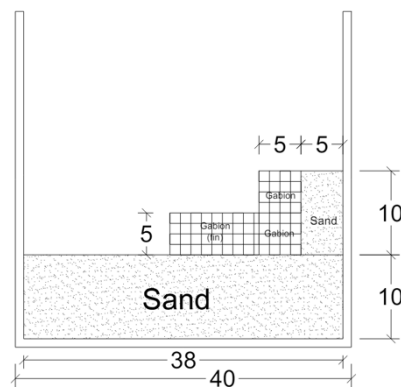
Gambar 13. Perbandingan topografi yang terbentuk di dasar saluran setelah running pada setup 1 dan 4 di bagian hilir, tengah dan hulu tikungan



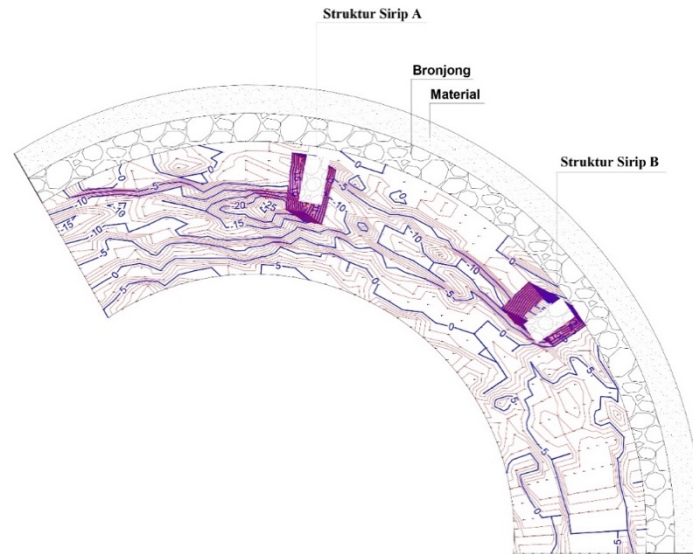
Gambar 14. Topografi yang terbentuk pada setup 4 (dilihat dari hulu dan hilir)

Setup 5

Pada setup 5, semua bronjong disusun ulang, dan pasir diratakan kembali (Gambar 16). Pada tahap ini, simulasi dilakukan untuk membuktikan bronjong sirip yang diletakkan dekat bronjong biasa harus kokoh dan tak bergeser akibat erosi. Pada setup 5 ini, bronjong sirip diletakkan begitu saja di atas material pasir, tidak dibenamkan, namun tetap diikatkan ke bronjong biasa. Hasil running pada Setup 5 dapat dilihat pada Gambar 15



Gambar 15. Setup (dilihat dari hulu)



Gambar 16. Topografi yang terbentuk di dasar saluran setelah running pada setup 5. Pada setup 5, semua bronjong disusun ulang, dan pasir diratakan kembali.

Pada tahap ini, simulasi dilakukan untuk membuktikan bronjong sirip harus kokoh dan tak bergeser akibat erosi. Pada setup 5 ini, bronjong sirip diletakkan saja di atas material pasir, tidak ditenamkan, namun tetap diikat ke bronjong biasa. Hasil running menunjukkan bahwa bronjong sirip A mengalami penurunan sampai 25 mm dan bronjong sirip B (tengah) mengalami penurunan sampai 11 mm (Gambar 17). Penurunan ini terjadi akibat pengikisan di bawah bronjong sirip terutama pada ujungnya dan sirip pun bergeser ke hilir (Gambar 17).



Gambar 17. Terjadi sedimentasi di hilir sirip hilir (dilihat dari hulu dan hilir)

D. Penutup

Hasil model fisik menunjukkan bahwa bangunan bronjong biasa sebagai perkuatan tebing pada busur luar tikungan saluran selalu mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh sedimentasi dekat busur dalam sehingga aliran terkonsentrasi dekat busur luar tikungan dengan kecepatan yang lebih besar dari rata-rata sehingga terjadi pengikisan dekat busur luar. Untuk mengatasi kedua masalah ini dapat dilakukan dengan pemasangan bronjong sirip yang diikatkan ke bronjong biasa di bagian hilir dan tengah tikungan. Sedimentasi di dekat busur dalam dan erosi dekat busur luar berkurang secara signifikan. Namun bronjong sirip harus mempunyai pondasi yang kuat agar tak turun dan bergeser.

Daftar Pustaka

- Anderson, R.L., Kate, M.R and Jacobus, J. L.R. (2021). "An interrogation of research on the influence of rainfall on gully erosion." *Catena*, 206 (2), 105482.
- Battista, G., Fritz, S., Paolo, B and Peter, M. (2022). "Sediment Supply Effects in Hydrology–Sediment Modeling of an Alpine Basin." *Water Resour. Res.*, 58 (7), 1–20.
- Bekin, N., Yaakov, P., Jonathan, B. L., Roey, E. (2021). "The fuzzy effect of soil conservation practices on runoff and sediment yield from agricultural lands at the catchment scale." *Catena*, 207, 105710.
- Beveridge, C., Erkan, I., Christina, B and Allison M. P. (2020). "A Channel Network Model for Sediment Dynamics Over Watershed Management Time Scales." *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 12(6), 1–29.
- Chaychuk, D. (2005). "The Use of Gabions and Reno Mattresses in River and Stream Rehabilitation." Conference, Stormwater Industry Association, Port Macquarie, NSW, 1–19.
- Chikute, G. C and Ishwar, P. S. (2019). "Techno–Economical Analysis of Gabion Retaining Wall Against Conventional Retaining Walls." *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 6 (8), 1161–1167.
- Craswell, T and Shatirah, A. (2020). "Reducing Bridge Pier Scour Using Gabion Mattresses Filled with Recycled and Alternative Materials." *Advances in Engineering*, 1 (2), 188–210.
- Darwizal, D., Sunaryo, S., Bambang, I and Wahyu, P. U. (2015). "Kinerja Perkuatan Tebing Saluran Dengan Bronjong di Belokan 1200 akibat Banjir Bandang (Uji Eksperimental Di Laboratorium)." *Jurnal Rekaya Sipil*, 11 (1), 11–21.
- Darwizal, D., Hadie, M. N. H and Junaidi., 2006. Pengaruh Variasi Geometri Tikungan Terhadap Karakteristik Penyebaran Sedimen dan Pembentukan Lapisan Armouring Di Dasar Saluran. Laporan Hasil Penelitian Fundamental, Dikti, Dep. Diknas
- Djunur, L. H., Kasmawati. (2021). "Studi Perubahan Dasar Sungai Pada Tikungan 60° Akibat Perubahan Parameter Aliran." *Jurnal Teknik Hidro*, 14 (1), 31–42.
- Efendi, N. (2013). "Studi Eksperimental Pola Gerusan Akibat Variasi Struktur Bronjong pada Tikungan 120°." Thesis, Andalas Univ., Padang, West Sumatera.
- Harvien (2006). "Studi Eksperimental Pola Pembentukan Profil Dasar Saluran Pada Belokan 60° dan 90°." Thesis, Andalas Univ., Padang, West Sumatera.
- Jayasree P. K and Beena, K. S., (2008). "Performance of Gabion Faced Reinforced Earth Retaining Walls." Thesis, Cochin University of Science and Technology, India.
- Lin Yang, G., Zhe–Zhe, L., G. Lin Xu., X. Jing Huang., (2009). "Protection Technology and Applications of Gabion." *Proc., of Int. Symp. on Geoenvironmental Eng, Hangzhou, China*, 8–10.
- Marathe, S., S. Akhila., I.R. Mithanthaya and N. Bhavani, S. R., dkk. 2023. "Geo–polymer sea sand cubes filled gabions." *Materials Today Proc.*, NMAM Institute of Technology, India, 14–18.
- Putri, A. T. (2014). "Studi Eksperimental Stabilitas Struktur Bronjong Batu Kali pada Tikungan 120°." Thesis, Andalas Univ., Padang, West Sumatera.
- Ramli, M., Karasu, T.J.R and Dawood, E.T., 2013. "The Stability of Gabion Walls for Earth Retaining Structures." *Alexandria Engineering Journal*, 52 (4), 705–710.

- Santoso. (2004). "Pengaruh Konfigurasi Bangunan Krib Pada Belokan Sungai Dengan Sudut Belokan 90°." Magister Thesis, Dipenogoro Univ., Semarang.
- Saravanapriya, S. (2018). "Experimental Investigation on Improvement in Strength Characteristics of Gabion Wall." *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9 (9), 628–641.
- Ukiman, R.Y. Kodoati., Sriyana. (2006). "Studi Konfigurasi Dasar Saluran Di Tikungan 90°." *Pilar*, 15 (1), 1–13.
- Zulfan, J and Yiniarti, E.K. (2018). "Efektivitas Krib Untuk Mengurangi Gerusan Di Tikungan Luar Sungai Bengawan Solo." *Jurnal Teknik Hidraulik*, 9 (2), 115–126.