

EFEKTIFITAS STRUKTUR *GROUNDSTALL* DALAM MENGURANGI GERUSAN DI DASAR SUNGAI: KAJIAN LITERATUR

Putri Shakinah Ragilia¹, Susarman²

Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia¹

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Politeknik Yayasan Pendidikan Pembangunan Belitung²

PutriShakinahRagilia1522@gmail.com

Received: (20 Desember 2020)

Accepted: (18 Januari 2021)

Published : (31 Januari 2021)

Abstract

Groundsill is a threshold building that is erected transversely in the flow of the river, so that it can serve to reduce the speed of river currents. Analysis of the impact of groundsill buildings on several rivers is very important to provide information to the public about the effectiveness of the groundsill building in addressing some of the problems around the river. Based on the results of analysis on several rivers in Indonesia, it was found that groundsill buildings can be one of the ways out that can be done to deal with the problem of snarling at the bottom of the river. The groundsill building was found to have reduced the speed of river currents and increased the rate of deposition at the upper part of its structure. In addition, the existence of groundsill structures can protect buildings around the river from snarling. This is because groundsill buildings reduce the transportation of sediment on the river so that it can control the riverbed. Groundsill can also restore the condition of the river that has been destroyed and maintain the buildings around the river.

Keywords: Erosion, *Groundsill*, Literature, Sedimentation, River

Abstrak

Groundsill merupakan bangunan ambang yang didirikan secara melintang pada alur sungai, sehingga dapat berfungsi untuk mengurangi kecepatan arus sungai. Analisis dampak keberadaan dari bangunan *groundsill* pada beberapa sungai menjadi sangat penting untuk memberikan informasi kepada masyarakat mengenai efektivitas dari bangunan *groundsill* tersebut dalam mengatasi sebagian permasalahan di sekitar sungai. Berdasarkan hasil analisis pada beberapa sungai di Indonesia, didapati bahwa bangunan *groundsill* dapat menjadi salah satu jalan keluar yang bisa dilakukan untuk menangani permasalahan gerusan di dasar sungai. Bangunan *groundsill* didapati telah mengurangi kecepatan arus sungai dan meningkatkan laju pengendapan pada bagian hulu strukturnya. Selain daripada itu, keberadaan struktur *groundsill* dapat melindungi bangunan-bangunan disekitar sungai dari gerusan. Hal ini dikarenakan bangunan *groundsill* mengurangi transportasi sedimen pada sungai sehingga dapat mengendalikan penurunan dasar sungai. *Groundsill* juga dapat mengembalikan kondisi sungai yang telah tergerus dan menjaga bangunan-bangunan yang ada di sekitar sungai.

Kata Kunci: Gerusan, *Groundsill*, Literatur, Sedimentasi, Sungai

To cite this article:

Putri Shakinah Ragilia dan Susarman (2021). Efektifitas Struktur *Groundsill* dalam Mengurangi Gerusan di Dasar Sungai. *Journal of Infrastructure in Civil Engineering (JICE)*, Vol (02), No. 01, 8-15.

PENDAHULUAN

Sungai merupakan aliran air permukaan yang berbentuk memanjang dan mengalir secara terus menerus dari hulu ke hilir [1]–[3], sementara jembatan merupakan struktur penghubung daerah yang dipisahkan oleh sungai [4]. Sebagaimana yang kita sadari, air merupakan sumber daya alam yang sangat diperlukan oleh manusia sepanjang masa dan menjadi bagian dari kebutuhan dasar manusiawi yang sangat penting [5]–[14]. Sehingga, sungai sebagai wadah air adalah penting untuk memenuhi kebutuhan

masyarakat yang tinggal di daerah sekitarnya seperti untuk kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan, pertanian, industri, pariwisata, olah raga, perikanan, pembangkit tenaga listrik, transportasi, dan kebutuhan lainnya [15]–[18].

Struktur jembatan dibangun diatas aliran sungai dengan menancapkan pondasinya kedalam sungai tersebut. Belakangan ini, masalah gerusan disekitar pondasi jembatan telah menjadi perbincangan hangat oleh para periset. Gerusan merupakan pembesaran dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Proses penggerusan akan terjadi secara alami, baik karena pengaruh morfologi sungai maupun perubahan kondisi aliran. Pendekatan yang dapat digunakan untuk mengurangi masalah gerusan di dasar sungai adalah dengan memikirkan metode pengurangan kecepatan aliran sungai sebagai pemicu terjadinya gerusan tersebut. Salah satu caranya adalah dengan perencanaan sebuah bangunan *groundsill*.

Groundsill merupakan salah satu struktur ambang melintang sungai sehingga dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk mengurangi kecepatan aliran sungai pada bagian hulu strukturnya. Selain daripada itu, *groundsill* juga mungkin dapat meningkatkan laju pengendapan sedimen di bagian hulu strukturnya dikarenakan struktur *groundsill* dapat menjadi penghalang pergerakan sedimen kebagian hilir sehingga sedimen yang terhalang dapat mengendap dibagian hulu struktur *groundsill* tersebut.

Pada umumnya, *groundsill* dibuat di bagian hilir suatu bangunan sungai yang rusak atau terancam rusak disebabkan oleh gerusan seperti pada struktur pondasi bangunan jembatan, tebing sungai runtuh dan longsor akibat erosi di alur sungai dan kombinasi peristiwa erosi dasar sungai dan tebing sungai. Keberadaan *groundsill* diharapkan dapat mengurangi masalah gerusan yang terjadi di dasar sungai sehingga dapat melindungi bangunan-bangunan yang ada pada aliran sungai. Keefektifitasan bangunan *Groundsill* dalam mengurangi masalah gerusan perlu diperiksa dan diliteraturkan. Oleh karena itu, dalam kajian ini penulis mencoba untuk menganalisa efektifitas bangunan *groundsill* yang telah dibangun di beberapa sungai di Indonesia. Kajian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai efektifitas pembangunan *groundsill* di dasar sungai.

KAJIAN LITERATUR

Konstruksi Groundsill di Sungai Batang Nareh, Padang pariaman

1.1 Kondisi Geografis dan Lingkungan di Sungai Batang Nareh, Padang Pariaman

Kabupaten Padang Pariaman merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sumatera Barat yang memiliki banyak aliran sungai yang dapat berkontribusi bagi terjadinya sejumlah bencana. Hal ini disebabkan karena topografi dari kawasan aliran sungai yang ada di perairan Kabupaten Padang Pariaman tergolong rentan terhadap erosi dan banjir [19].

Selain daripada itu, kegiatan pengambilan bahan pasir dan kerikil di daerah sungai yang berlebihan akan mengakibatkan terjadinya penurunan dasar sungai/degredasi dasar sungai dan pada saat banjir dapat membahayakan atau menyebabkan rusaknya pondasi perkuatan tebing sungai, infrastruktur pengairan yang ada di sungai seperti bendung, checkdam, pilar-pilar jembatan dan bahkan tergerusnya dasar sungai serta hancurnya tanggul-tanggul sungai dan lain sebagainya.

1.2 Effektifitas Bangunan Groundsill di Sungai Batang Nareh, Padang Pariaman

Terjadinya pengikisan pada dasar sungai Batang Nareh, Kabupaten Padang Pariaman baik secara alami maupun dikarenakan pengambilan bahan pasir di dasar sungai oleh beberapa golongan masyarakat telah memicu terjadinya gerusan di dasar sungai Batang Nareh, Padang Pariaman. Gerusan juga terjadi

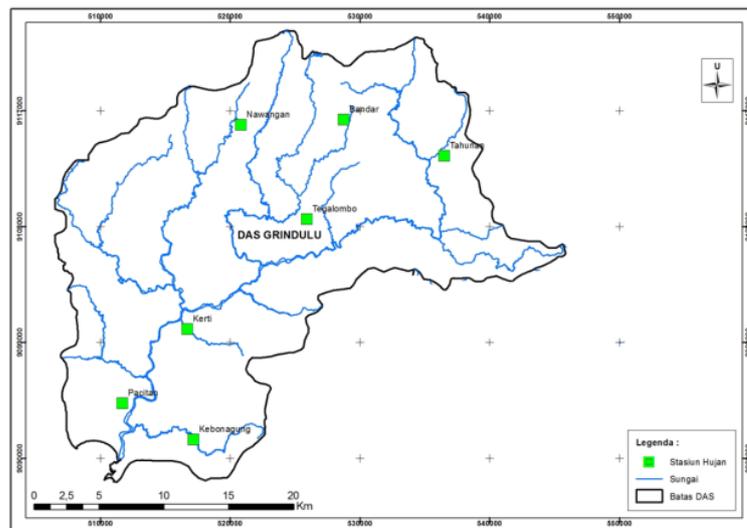
di beberapa bagian sungai terutama pada daerah sekitar pondasi jembatan disekitar sungai. Hal ini mengawali perencanaan sebuah *groundsill* dibagian hilir dari daerah gerusan di sungai tersebut [19].

Setelah dibangunnya konstruksi bangunan *groundsill*, sedimen ditemukan tertahan dibagian hulu dari konstruksi *groundsill* tersebut, sehingga gerusan yang telah terjadi di dasar sungai tepatnya di sekitar bagian hulu struktur telah pun berkurang secara perlahan-lahan. Hal ini dapat mengatasi kemungkinan kerusakan yang dikhawatirkan akan terjadi pada pondasi jembatan yang terletak di sekitar daerah gerusan dikarenakan gerusan terjadi terus-menerus. Keberadaan bangunan *groundsill* juga telah dapat menghindari terjadinya longsor akibat gerusan dipinggir sungai.

Konstruksi Groundsill di Sungai Grindulu, Kabupaten Pacitan

1.1 Kondisi Geografis dan Lingkungan di Sungai Grindulu, Kabupaten Pancitan

Sepanjang kurang lebih 63,73 km Sungai Grindulu mengalir di wilayah Kabupaten Pacitan. Sungai Grindulu bermuara pada Samudera Hindia dengan luas DASnya hingga kurang lebih 733.50 km². Sungai Grindulu merupakan bagian dari wilayah sungai (WS) Bengawan Solo. Secara astronomis, DAS Grindulu terletak di 07°57'00" LS - 08°03'00" LS dan pada BT berada pada 111°16'30" BT - 111°21'00"BT (Gambar 1). Sungai Grindulu memiliki potensi bahan galian mineral berupa pasir yang sudah lama dimanfaatkan sebagai pemasok kebutuhan material untuk pembangunan prasarana fisik.



Gambar 1. DAS Grindulu

1.2 Effektivitas Bangunan Groundsill di Sungai Grindulu, Kabupaten Pancitan

Permasalahan gerusan didasar sungai Grindulu, Kabupaten Pacitan muncul pada saat penambangan material/pasir sungai yang menyebabkan penurunan dasar sungai dan berakibat kerusakan pada infrastruktur umum seperti jembatan, jaringan pipa dan utilitas lainnya [20].

Struktur *groundsill* kemudian dibangun di sekitar daerah sungai yang mengalami gerusan tersebut. Setelah beberapa bulan dibangun, didapati bahwa bangunan *groundsill* cukup efektif dalam mengendalikan perubahan dasar sungai di sungai Grindulu, Kabupaten Pacitan karena telah terjadinya kenaikan jumlah sedimen di daerah sekitar bangunan dan gerusan [20]. Namun, pengambilan pasir di

sungai yang terus-menerus dan tidak diimbangi dengan pertimbangan keamanan telahpun membuat masalah gerusan semakin parah walaupun struktur *groundsill* telah dibangun di sungai tersebut. Dari analisis didapati bahwa bangunan *groundsill* mengurangi masalah erosi secara perlahan.

Bangunan Groundsill di Sungai Bengawan Solo, Kabupaten Bojonegoro

1.1 Kondisi Geografis dan Lingkungan di Sungai Bengawan Solo, Kabupaten Bojonegoro

DAS Bengawan solo terletak antara 6.48-8.07 LS dan 110.26-112.41 BT. DAS ini terletak pada 12 provinsi dengan 12 kabupaten yaitu Jawa Tengah dengan 8 kabupaten dan Jawa Timur dengan 8 kabupaten. DAS sungai Bengawan Solo merupakan DAS terluas pada wilayah sungai Bengawan Solo yang meliputi Sub DAS dengan luas 6.072 km² dan luas hilir sungai Bengawan Solo kurang lebih 6.273 km² [21].

1.2 Efektifitas Groundsill Setelah di bangun di sungai Bengawan Solo

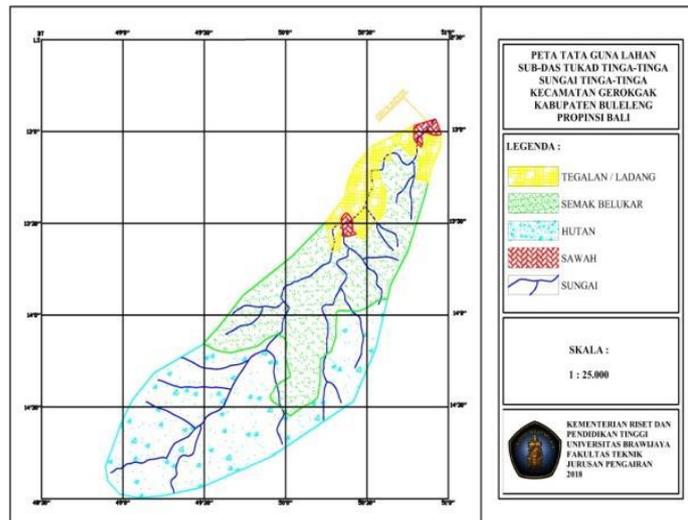
Pembangunan konstruksi *groundsill* pada salah satu lokasi di sungai Bengawan Solo telah dapat mengendalikan kondisi sungai Bengawan Solo serta dapat menjaga bangunan bendungan gerak yang ada disekitar bangunan *groundsill* tersebut. Bangunan *groundsill* dapat mengatur arus sungai, dan aman dari rembesan (piping) karena nilai *Weight Creep Ratio* hitung lebih besar dari pada *Weight Creep Ratio* untuk tanah berjenis pasir halus [21].

Berdasarkan hasil analisa, didapati bahwa bangunan *groundsill* bending aman dari bahaya geseran pada saat terjadinya banjir. Namun, kelemahan dari bangunan *groundsill* adalah bahwa struktur ini tidak aman dari daya dukung tanah jika nilai tekanan lebih besar dari pada daya dukung tanah walaupun *groundsill* aman dari bahaya gerusan [21].

Bangunan Groundsill di Sungai Tinga-Tinga, Kabupaten Buleleng Bali

1.1 Kondisi Geografis dan Lingkungan di Sungai Tinga-Tinga

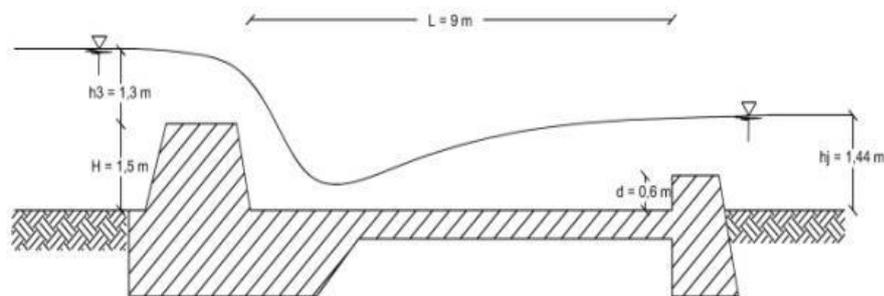
Salah satu sungai yang terletak di kabupaten Buleleng, kecamatan Gerokgak, adalah Sungai Tinga-Tinga. Sungai ini terletak pada koordinat 8°11'36"-8°15'42" LS dan 114°48'38"-114°52'11" BT (Gambar 2). Sungai Tinga-Tinga ini termasuk golongan sungai *Intermittent*, yang mengalirnya air hanya pada saat musim penghujan. Sungai Tinga-Tinga memiliki luas sub-DAS sebesar 5,7 km², panjang sungai kurang lebih 5,93 km [21]. Kondisi pada sungai Tinga-Tinga sering mengalami banjir yang cukup mengganggu sarana dan prasarana di sekitar sungai, terlebih air yang menggerus tepi sungai. Sungai Tinga-Tinga memiliki Fluktuasi debit yang besar antara kondisi kering dan basah. Dengan adanya kondisi ini bisa menjadi ancaman yang membahayakan pada daerah sekitar alur sungai dan muara [21]. Topografi sungai yang bervariasi dari topografi rendah hingga ke tinggi, dan panjang sungai yang tidak terlalu panjang, maka perpindahan kondisi angkutan sedimen juga bervariasi dari kondisi aliran sedimen massa (*Debris*) dengan aliran sedimen butiran (*Fluvial*).



Gambar 2. Sub-DAS Tinga-Tinga

1.2 Efektifitas Groundsill setelah di Bangun di Sungai Tinga-Tinga

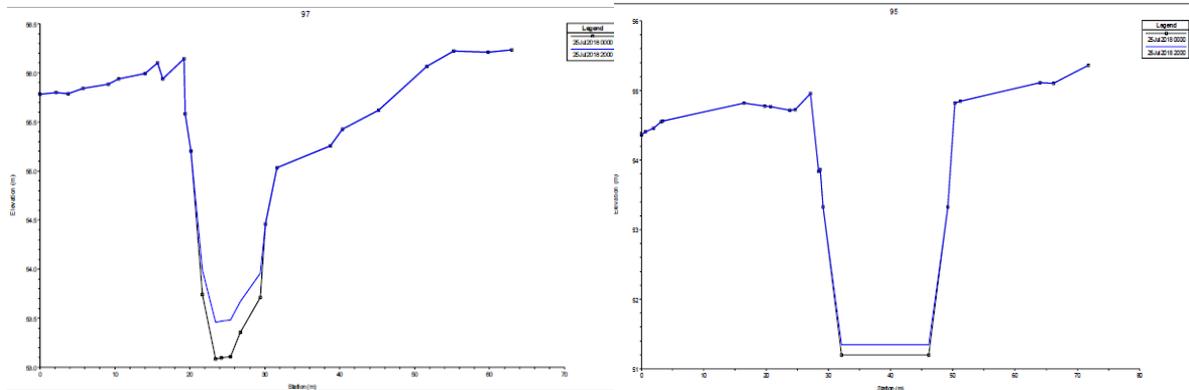
Pada sungai Tinga-Tinga di Kabupaten Buleleng Bali, dibangun sebuah struktur *groundsill* yang ingin difungsikan untuk menjaga agar kemiringan sungai dan dasar sungai tidak tergerus secara berlebihan (Tungga dkk, 2018). Dengan proses perhitungan (Tungga dkk, 2018), maka dimensi *groundsill* yang sesuai untuk kondisi di sungai Tinga-Tinga adalah tinggi *Dam* 1,50 m, tinggi jagaan *Dam* 0,60 m, tebal peluap *Dam* 1,50 m, kemiringan hulu *Dam* 0,40 m, kemiringan hilir *Dam* 0,20 m, kemiringan hulu *Sub Dam* 0,40 m, kemiringan hilir *Sub Dam* 0,20 m, panjang lantai kolam olak 9 m, dan dengan kedalaman 1,5 m (Gambar 3).



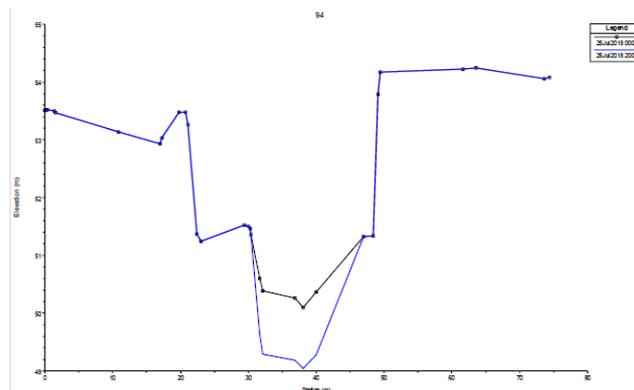
Gambar 3. Potongan Memanjang *Groundsill*

Setelah dibangunnya struktur *groundsill* tersebut, stabilitas *groundsill* kemudian diuji pada kondisi normal dan kosong untuk mengetahui daya dukung tanah yang diizinkan pada lokasi bendung dan hasil yang didapatkan yaitu sebesar $134,38\text{ t/m}^2$. Selanjutnya, perbandingan kondisi di sungai (sebelum dan sesudah dibangunnya struktur *groundsill*) dianalisa dengan menggunakan program *HEC-RAS*. Profil sungai di beberapa cross section dibagian hulu dari bangunan *groundsill* tersebut dibandingkan (sesudah dan sebelum adanya bangunan *groundsill*) dan hasil perbandingan ditunjukkan

oleh Gambar 4 [21]. Kemudian profil sediment di salah satu cross section dibagian hilir bangunan groundsill juga dibandingkan (sebelum dan sesudah adanya bangunan *groundsill*) dan hasil perbandingan ditunjukkan oleh gambar 5 [21].



Gambar 4. Profil sediment pada 2 buah *cross section* melintang di bagian hulu dari struktur *groundsill* di lokasi sungai Tinga-Tinga, Kabupaten Buleleng Bali (profil sediment sebelum adanya bangunan *groundsill* (garis warna hitam) dan profil sediment sesudah dibangunnya *groundsill* (garis warna biru))



Gambar 5. Profil sediment pada salah satu *cross section* melintang di bagian hilir dari struktur *groundsill* di lokasi sungai Tinga-Tinga, Kabupaten Buleleng Bali (profil sediment sebelum adanya bangunan *groundsill* (garis warna hitam) dan profil sediment sesudah dibangunnya *groundsill* (garis warna biru))

Berdasarkan gambar 4, dapat kita lihat perbandingan profil sediment (sebelum dan sesudah adanya bangunan *groundsill*) dibagian hulu dari bangunan *groundsill* tersebut. Garis warna hitam menunjukkan kondisi dasar sungai eksisting (sebelum dibangunnya *groundsill*) dan garis warna biru menunjukkan kondisi dasar sungai setelah adanya bangunan *groundsill*. Dari gambar, jelas diperlihatkan bahwa adanya kenaikan elevasi dasar sungai setelah adanya bangunan *groundsill*. Namun, dibagian hilir dari bangunan *groundsill* (Gambar 5), didapati bahwa adanya pengurangan elevasi dasar sungai (gerusan terjadi) sesudah dibangunnya struktur *groundsill* tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa adanya efek negative yang dapat diberikan dengan keberadaan *groundsill* di dasar sungai yaitu terjadinya gerusan dibagian hilir dari bangunan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada sub-bab “kajian literatur” dengan melihat dampak dari keberadaan *groundsill* di beberapa sungai di Indonesia, maka pembahasan yang diperloeh adalah:

- 1) Bangunan *groundsill* adalah cukup efektif dalam mengurangi masalah gerusan yang terjadi di dasar sungai sehingga dengan adanya struktur *groundsill* dapat mengendalikan penurunan dasar sungai. Sebagai contoh pada sungai Bengawan Solo, penurunan elevasi dasar (*gerusan*) sungai pada bagian hilir bendungan gerak Bojonegoro telah terjadi sebagai akibat dari penambangan pasir dan juga akibat pengaruh hidraulis, namun dengan adanya bangunan *groundsill* dapat menaikkan elevasi dasar sungai dan mengembalikan kondisi normal sungai. Kemudian, keberadaan *groundsill* juga didapati telah mengendalikan kecepatan arus sungai dan melindungi bangunan bendungan gerak yang ada di dalam sungai. Efek positif dari keberadaan *groundsill* juga diperlihatkan pada sungai Barang Nareh di Kabupaten Padang Pariaman, Sungai Tinga-Tinga di Kabupaten Buleleng Bali dan di Sungai Grindulu, kabupaten Pacitan. Di sungai-sungai tersebut didapati bahwa keberadaan bangunan *groundsill* telah efektif mengurangi masalah gerusan yang ada. Namun, masalah gerusan hanya diatasi pada bagian hulu dari bangunan *groundsill*, sementara dibagian hilir dari bangunan *groundsill* justru mengalami gerusan yang semakin buruk.
- 2) Kebiasaan masyarakat yang senantiasa mengambil pasir galian tanah di dasar sungai tanpa memperhatikan tingkat gerusan yang diakibatkan, tetap saja dapat mengurangi keberhasilan dari fungsi bangunan *groundsill* itu sendiri. Hal ini dikarenakan gerusan terjadi dalam jumlah besar dan terus-menerus dan bukan disebabkan oleh faktor alam.

SIMPULAN

Struktur *groundsill* di bangun di bagian dasar sungai yang dekat dengan lokasi yang memiliki masalah gerusan. Keberadaan struktur *groundsill* dibagian hilir dari dasar sungai yang tergerus diharapkan dapat mengembalikan sedimentasi pada daerah yang tergerus tersebut sehingga dapat mengembalikan kondisi semula sungai dan melindungi bangunan yang ada disekitar daerah gerusan seperti bangunan bendung, jembatan dll.

Dengan keberadaan *groundsill*, elevasi lapisan endapan tidak mengalami penurunan dan struktur bangunan yang berada di bagian hulu *groundsill* seperti jembatan tetap dalam keadaan aman. Berdasarkan hasil analisis pada beberapa sungai di Indonesia, maka dapat disimpulkan bahwa bangunan *Groundsill* dapat menjadi salah satu jalan keluar untuk permasalahan gerusan di sungai terutama dibagian hulu dari bangunan *groundsill* tersebut. Namun, efek negative juga ditemukan dari bangunan *groundsill* karena gerusan ditemukan semakin parah di lokasi sungai dibagian hilir dari bangunan *groundsill* tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian kajian literature ini, terutama sekali kepada Universitas Teknokrat Indonesia.

REFRENSI/DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Chen, L. Yao, and A. Fitri, “The influence mechanism research of inflow temperature in different time

- scale on the water temperature structure,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 365, no. 1, p. 12058.
- [2] L. Yao, X. Huang, and A. Fitri, “Influence scope of local loss for pipe flow in plane sudden expansions,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 365, no. 1, p. 12056.
- [3] L. Yao, J. Li, S. Shi, and A. Fitri, “Simulation of take-off angle of a ski jump energy dissipater,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 365, no. 1, p. 12057.
- [4] M. CAMBODIA and others, “Evaluasi Dampak Groundsill Dalam Mengurangi Gerusan Pada Pilar Jembatan Menggunakan Software Hec-Ras,” UNIVERSITAS LAMPUNG, 2018.
- [5] D. Pratiwi and A. Fitri, “Analisis Potensial Penjalaran Gelombang Tsunami di Pesisir Barat Lampung, Indonesia,” *J. Tek. Sipil ITP*, vol. 8, no. 1, pp. 29–37, 2021.
- [6] A. Fitri, R. Hashim, and S. Motamedi, “Estimation and validation of nearshore current at the coast of Carey Island, Malaysia,” *Pertanika J. Sci. Technol.*, vol. 25, no. 3, pp. 1009–1018, 2017.
- [7] A. Fitri, R. Hashim, S. Abolfathi, and K. N. A. Maulud, “Dynamics of sediment transport and erosion-deposition patterns in the locality of a detached low-crested breakwater on a cohesive coast,” *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 8, 2019, doi: 10.3390/w11081721.
- [8] D. Pratiwi, R. O. Sinia, and A. Fitri, “PENINGKATAN PENGETAHUAN MASYARAKAT TERHADAP DRAINASE BERPORUS YANG DIFUNGSIKAN SEBAGAI TEMPAT PERESAPAN AIR HUJAN,” *J. Soc. Sci. Technol. Community Serv.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [9] A. Fitri and L. Yao, “The impact of parameter changes of a detached breakwater on coastal morphodynamic at cohesive shore: A simulation,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 365, no. 1, p. 12054.
- [10] A. Fitri, L. Yao, and B. Sofawi, “Evaluation of mangrove rehabilitation project at Carey Island coast, Peninsular Malaysia based on long-term geochemical changes,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 365, no. 1, p. 12055.
- [11] R. Hashim *et al.*, “Estimation of Wind-Driven Coastal Waves Near a Mangrove Forest Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System,” *Water Resour. Manag.*, vol. 30, no. 7, pp. 2391–2404, 2016, doi: 10.1007/s11269-016-1267-0.
- [12] R. Hashim, A. Fitri, S. Motamedi, and A. M. Hashim, “Modeling of coastal hydrodynamic associated with coastal structures: A review,” *Malaysian J. Sci.*, vol. 32, no. 4, pp. 149–154, 2013.
- [13] A. Fitri, Z. A. Hasan, and A. A. Ghani, “Determining the Effectiveness of Harapan Lake as Flood Retention Pond in Flood Mitigation Effort,” 2011.
- [14] A. Fitri, R. Hashim, K. Il Song, and S. Motamedi, “Evaluation of Morphodynamic Changes in the Vicinity of Low-Crested Breakwater on Cohesive Shore of Carey Island, Malaysia,” *Coast. Eng. J.*, vol. 57, no. 04, p. 1550023, 2015, doi: 10.1142/S0578563415500230.
- [15] K. N. A. Maulud, A. Fitri, W. H. M. W. Mohtar, W. S. W. M. Jaafar, N. Z. Zuhairi, and M. K. A. Kamarudin, “A study of spatial and water quality index during dry and rainy seasons at Kelantan River Basin, Peninsular Malaysia,” *Arab. J. Geosci.*, vol. 14, no. 2, pp. 1–19, 2021.
- [16] A. Fitri, K. Nizam, A. Maulud, F. Rossi, F. Dewantoro, and N. Z. Zuhairi, “Spatial and Temporal Distribution of Dissolved Oxygen and Suspended Sediment in Kelantan River Basin,” in *In 4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)*, 2021, vol. 199, no. ICoSITEA 2020, pp. 51–54.
- [17] A. Fitri, K. N. Abdul Maulud, D. Pratiwi, A. Phelia, F. Rossi, and N. Z. Zuhairi, “Trend Of Water Quality Status In Kelantan River Downstream, Peninsular Malaysia,” *J. Rekayasa Sipil*, 2020, doi: 10.25077/jrs.16.3.178-184.2020.
- [18] S. H. Lai and A. Fitri, “Application of SWAT Hydrological Model to Upper Bernam River Basin (UBRB), Malaysia,” *IUP J. Environ. Sci.*, vol. 5, no. 2, 2011.
- [19] I. P. D. Annisah, F. Indra, and U. Zahrul, “PERENCANAAN ULANG GROUNDSILL BATANG NAREH DI KAB. PADANG PARIAMAN,” UNIVERSITAS BUNG HATTA, 2020.
- [20] S. Budi, V. Dermawan, and E. Yuliani, “Efektifitas groundsill terhadap penyebaran sedimen sungai grindulu Kabupaten Pacitan,” *J. Tek. Pengair. J. Water Resour. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 112–123, 2017.
- [21] A. W. Tingga, R. Asmaranto, and H. Suprijanto, “Perencanaan Groundsill Pada Sungai Tinga-Tinga Desa Tukad Tinga Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng Bali,” *J. Mhs. Jur. Tek. Pengair.*, vol. 2, no. 1, p. 21, 2018.