



Pendekatan Eksperimen Pada Pola Gerusan Di Bahu Jalan Yang Tidak Diperkeras

Sanidhya Nika Purnomo¹, Purwanto Bakti Santoso¹, Wahyu Widiyanto^{1,2}, Lutfi Aulian¹, Sri Gunawan¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jenderal Soedirman

²Department of Hydraulic and Ocean Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan

Kata Kunci/ Keywords :

experimental modelling, the road shoulder, inorganic clay soil, sandy soil, silt inorganic soil

uji eksperimen, bahu jalan, tanah lempung anorganik, tanah pasir, tanah lanau anorganik.

Abstract/ Abstrak:

Scour at the unpaved shoulder of the road is an interesting phenomenon that needs to be furtherlyinvestigated. This paper presents the scour pattern on the unpaved shoulder of the road for 5 samples with 3 variations of soil type. Each sample was tested using models of the body and the shoulder of the road in accordance with conditions on the field, which is simulated using a variation of the transverse slope of the road, the longitudinal slope, and rainfall intensity. The experimental results showed that the sandy soil provides smaller damage than the inorganic clay and silt inorganic.

Gerusan di bahu jalan yang tidak diperkeras merupakan fenomena menarik yang perlu diteliti lebih lanjut. Pada makalah ini, disajikan mengenai pola gerusan di bahu jalan yang tidak diperkeras untuk 5 sampel bahu jalan dengan 3 variasi jenis tanah. Masing-masing sampel diuji dengan membuat model badan dan bahu jalan sesuai dengan kondisi di lapangan, yang disimulasikan menggunakan variasi kemiringan melintang jalan, kemiringan memanjang jalan, dan intensitas hujan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tanah pasir memberikan kerusakan yang lebih kecil dibandingkan dengan tanah lempung anorganik dan lanau anorganik.

Sitasi:

Purnomo, Sanidhya Nika. (2017) Pendekatan Eksperimen Pada Pola Gerusan di Bahu Jalan Yang Tidak Diperkeras. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 19(1), 25 – 30.

© 2017 Universitas Negeri Semarang

✉ Sanidhya Nika Purnomo :
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Jenderal Soedirman
Email: sanidhyanika.purnomo@unsoed.ac.id

p-ISSN 1411-1772
e-ISSN 2503-1899

PENDAHULUAN

Gerusan di bahu jalan yang tidak diperkeras merupakan fenomena menarik yang masih perlu diteliti lebih lanjut karena belum banyak penelitian mengenai hal tersebut. Umumnya, bahu jalan tidak diperkeras, yang terbuat dari tanah dan butiran kerikil digunakan untuk lalu lintas yang volumenya rendah (Butt, 1997, dalam White, Jahren, Suleiman, & Mekkawy, 2007), namun pada kenyataannya, di Indonesia, jalan nasional maupun jalan provinsi yang memiliki lalu lintas cukup padat, banyak yang masih memiliki bahu jalan yang tidak diperkeras.

Bahu jalan yang tidak diperkeras rentan mengalami gerusan sehingga akan menyebabkan banyak kerugian, diantaranya adalah perbedaan elevasi yang cukup besar antara badan jalan dengan bahu jalan. Perbedaan elevasi tersebut dapat mengakibatkan kendaraan yang menepi pada bahu jalan mengalami kecelakaan. Seiring dengan berjalannya waktu, gerusan pada bahu jalan yang terjadi akan semakin lebar, panjang, dan dalam. Jika dibiarkan berlarut-larut, gerusan yang terjadi akan mencapai lapisan fondasi di bawah badan jalan. Apabila hal ini terjadi, maka beban dari kendaraan yang melintas diatas badan jalan tidak akan mampu ditahan oleh lapisan fondasi di bawahnya. Akibatnya, badan jalan mengalami kerusakan.

Melihat rentannya kerusakan bahu jalan yang tidak diperkeras, beberapa badan yang terkait dengan jalan raya telah memberikan metode penanganan dan pemeliharaan erosi di badan jalan dan bahu jalan yang tidak diperkeras (Kementerian Pekerjaan Umum, 2011), (Johnson, Moffat, & Slattery, 2003), (Smith, 2006). Namun sayangnya, pada desain jalan raya dan bahu jalan yang telah ada, ahli transportasi hanya menitikberatkan pada geometri badan dan bahu jalan, perkerasan badan jalan, dan kekuatan badan jalannya saja (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013), (Department of Transportation New York State, 2004), (Department of Transportation New York State, 2012), padahal kekuatan badan jalan sangat didukung oleh bahu jalan. Sementara pada penelitian mengenai gerusan, ahli hidraulika lebih banyak mengamati gerusan local yang terjadi pada pilar dan abutmen jembatan, bangunan air dan saluran. Untuk itu, publikasi ini menyajikan pola gerusan di bahu jalan yang tidak diperkeras menggunakan pendekatan eksperimen.

METODE

Variabel yang berpengaruh terhadap gerusan di bahu jalan yang tidak diperkeras didekati dengan variabel yang berpengaruh pada transport sedimen dan gerusan lokal. Awal gerak sedimen dipandang mampu membantu memberikan dasar untuk mengembangkan variabel yang berpengaruh terhadap gerusan di bahu jalan yang tidak diperkeras.

Beberapa ahli sedimen menunjukkan bahwa awal gerak sedimen sangat dipengaruhi oleh tegangan gesek kritik (τ_c). Teori yang umum digunakan dalam menentukan awal gerak butiran dan tegangan gesek kritik adalah teori yang dikembangkan oleh Shields pada tahun 1936 (United States of Soil Conservation Service, 1983), (Wilcock, 1988), (Dey, 1999), (Paphitis, 2001). Pada teori Shields, yang didukung eksperimen, menghasilkan grafik yang menghubungkan $\frac{\tau_c}{\gamma(\frac{\gamma_s}{\gamma}-1)d_s}$ pada sumbu

y, dan $\frac{U_* d_s}{\nu}$ pada sumbu x. Ekspresi pertama adalah fungsi *entrainment*, sedangkan yang kedua adalah angka Reynold untuk sedimen, yang mengindikasikan intensitas dari aliran turbulen di sekitar partikel (United States of Soil Conservation Service, 1983).

Berdasarkan teori Shields, maka (Purnomo & Widiyanto, 2014), memberikan fungsi variabel yang berpengaruh pada gerusan di bahu jalan yang tidak diperkeras, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$y_s = f(I, t, \rho, \rho_s, d_{50}, \nu, U, y_0, g) \quad (1)$$

dengan I = intensitas hujan, t = durasi hujan, ρ = rapat massa air, ρ_s = rapat massa sedimen / tanah, ν = kekentalan kinematik air, U = kecepatan aliran rata-rata, y_0 = kedalaman *run-off*, d_{50} = diameter butiran sedimen.

Berdasarkan fungsi variabel pada Persamaan 1 tersebut, selanjutnya (Purnomo et al., 2015), memberikan variabel yang berpengaruh pada kedalaman gerusan di bahu jalan tidak diperkeras yang dianalisis berdasarkan 26 set data lapangan sehingga menghasilkan Persamaan 2.

$$y_s = 1817,56S_l + 1039,87S_p + 275,02D_{50} \quad (2)$$

dengan S_l adalah kemiringan melintang jalan (%), S_p adalah kemiringan memanjang jalan (%).

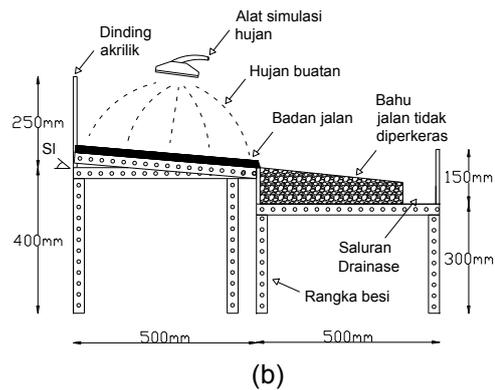
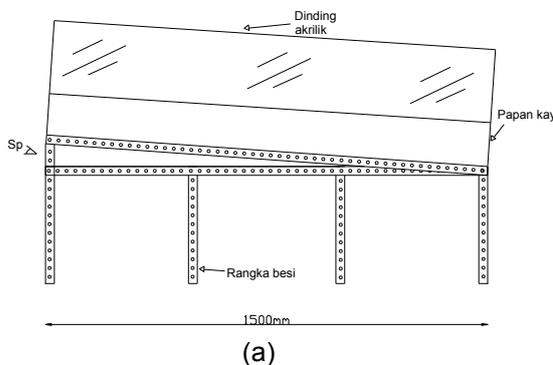
Melihat Persamaan 1 dan Persamaan 2, tampak bahwa kedalaman gerusan di bahu

jalan selain dipengaruhi oleh intensitas hujan, durasi hujan, rapat massa air, rapat massa sedimen, kekentalan kinematik air, kecepatan aliran rata-rata, kedalaman *run-off*, dan diameter butiran, juga dipengaruhi oleh kemiringan melintang dan memanjang jalan. Untuk itu diusulkan sebuah fungsi baru, seperti yang tampak pada Persamaan 3 yang mendasari pendekatan eksperimen mengenai pola gerusan di bahu jalan tidak diperkeras.

$$y_s = f(I, t, \rho, \rho_s, d_{50}, \nu, U, y_0, g, S_l, S_p) \quad (3)$$

PELAKSANAAN EKSPERIMEN

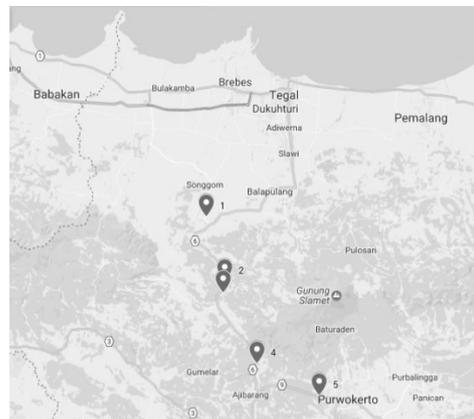
Peralatan yang digunakan untuk pelaksanaan eksperimen pola gerusan di bahu jalan yang tidak diperkeras terdiri dari rangka besi yang disusun sedemikian rupa, sehingga membentuk badan dan bahu jalan. Model badan dan bahu jalan memiliki panjang 1500 mm, dan lebar 1000 mm. Lebar model dibagi menjadi 2, dimana 500 mm digunakan sebagai model badan jalan, dan sisanya digunakan sebagai model bahu jalan beserta saluran drainasenya. Model untuk masing-masing sampel disimulasikan dengan variasi kemiringan melintang jalan sesuai kondisi di lapangan, 3 variasi kemiringan memanjang jalan untuk jalan datar (< 3%), perbukitan (3% - 25%), dan pegunungan (>25%) (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997), serta 3 variasi intensitas hujan untuk intensitas hujan ringan (<10 mm/jam), normal (10 mm/jam – 20 mm/jam), dan lebat (>20 mm/jam) (Triatmodjo, 2008), dengan menggunakan alat simulasi hujan yang diatur sedemikian rupa sehingga menghujani model dengan durasi yang berbeda-beda. Potongan memanjang dan melintang model badan dan bahu jalan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampak memanjang model (a), dan tampak melintang model (b)

Pada model, badan jalan terbuat dari campuran aspal, pasir, dan kerikil, sedangkan bahu jalan terbuat dari sampel tanah yang diambil di 5 titik lokasi sepanjang jalan nasional Purwokerto – Bumiayu – Pejagan. Titik-titik pengambilan sampel bahu jalan yang diuji di laboratorium tertera pada Gambar 2.

Sampel 1 sampai 5 masing-masing memiliki jenis tanah dan berat jenis berturut-turut adalah lempung anorganik (BJ = 2,75), pasir (BJ = 2,65), pasir (BJ = 2,67), pasir (BJ = 2,652), dan lanau anorganik (BJ = 2,635).



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel bahu jalan

HASIL DAN PEMBAHASAN

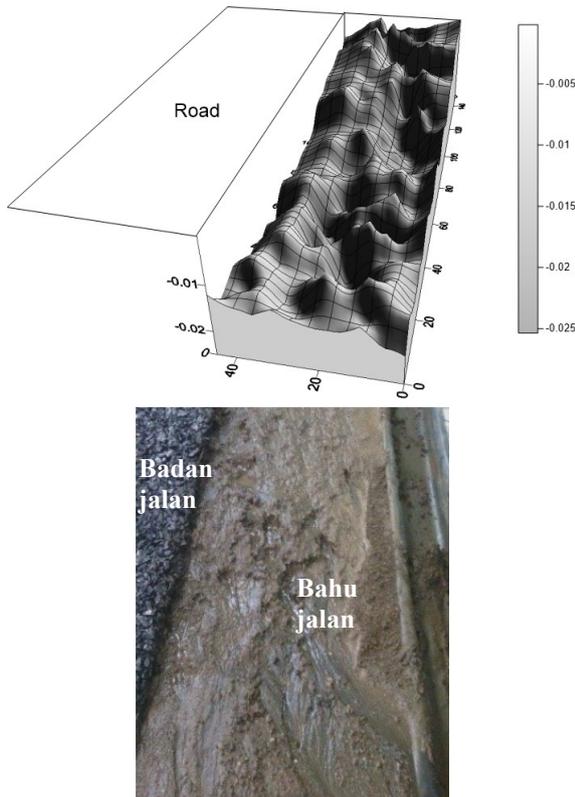
Setelah dilaksanakan eksperimen, pola gerusan yang terjadi untuk masing-masing jenis material tanah yang digunakan untuk bahu jalan ternyata memiliki kecenderungan yang berbeda-beda. Hal ini didukung oleh teori Shields yang secara garis besar menyatakan bahwa tegangan awal gerak butiran tergantung kepada ukuran butiran dan berat jenis sedimen yang merupakan penentu klasifikasi jenis tanah.

Tanah lempung anorganik

Pada jenis tanah lempung anorganik (sampel 1), pola gerusan yang terjadi untuk berbagai variasi intensitas hujan dan kemiringan memanjang jalan terlihat membentuk pola yang sama, yaitu membentuk alur-alur di sepanjang bahu jalan, dimana alur tersebut mengarah ke bagian hilir jalan, dan menuju ke saluran drainase yang berada di tepi bahu jalan.

Berdasarkan simulasi yang dilakukan di laboratorium untuk bahu jalan yang menggunakan material tanah lempung organik, tampak bahwa semakin besar kemiringan memanjang jalan dan intensitas hujannya, maka kerusakan pada alur akan semakin parah dan terjadi pengikisan di banyak tempat. seperti tampak pada Gambar 3.

Hasil pengukuran dari simulasi untuk tanah lempung anorganik dengan berbagai variasi kemiringan memanjang dan intensitas hujan menghasilkan kedalaman gerusan terdalam sebesar 47 mm, lebar gerusan terlebar sebesar 55 mm, dan panjang gerusan terpanjang sepanjang 1.400 mm.

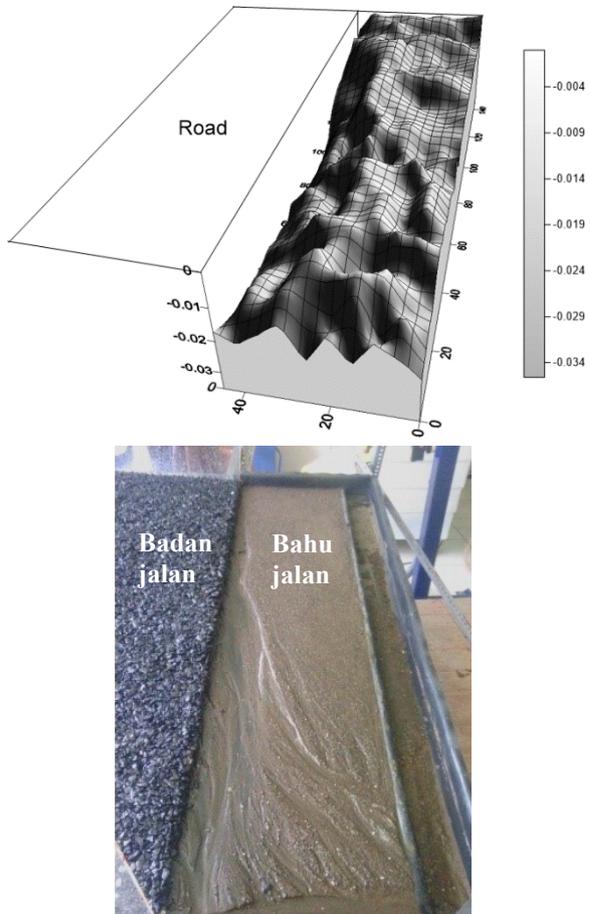


Gambar 3. Pola gerusan yang terjadi pada tanah lempung anorganik (variasi kemiringan jalan 26% dan intensitas hujan 15 mm/jam)

Tanah Pasir

Pada jenis tanah pasir (sampel 2, 3, dan 4), pola gerusan yang dihasilkan pada eksperimen menghasilkan pola bentuk alur yang dalam dan memanjang tepat di perbatasan antara badan jalan dan bahu jalan. Meskipun demikian, terlihat pula beberapa alur yang mengarah ke saluran drainase, namun alur-alur tersebut hanya berupa alur-alur dangkal. Hasil simulasi eksperimen untuk jenis bahu jalan yang terbuat dari tanah pasir ditunjukkan pada Gambar 4.

Hasil pengukuran kedalaman, lebar, dan panjang gerusan untuk sampel 2 berturut-turut adalah 42 mm, 98 mm, 1530 mm, untuk sampel 3 berturut-turut adalah 40 mm, 98 mm, 1.620, dan untuk sampel 4 adalah 37 mm, 117 mm, dan 1.420 mm.



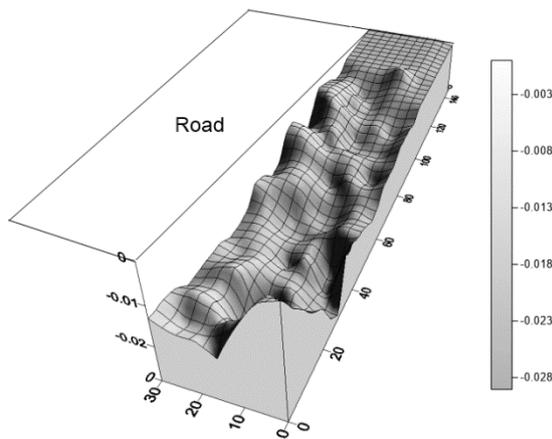
Gambar 4. Pola gerusan yang terjadi pada tanah pasir (variasi kemiringan jalan 26% dan intensitas hujan 15 mm/jam)

Tanah lanau anorganik

Ekperimen yang dilakukan pada sampel 5 yang memiliki jenis tanah lanau anorganik menunjukkan bahwa alur terdalam dari gerusan

justu berada di daerah yang berbatasan dengan saluran drainase. Kerusakan pada bahu jalan berawal dari alur-alur halus yang berhulu di perbatasan badan jalan dengan bahu jalan dan membesar ke arah hilir menuju saluran drainase.

Hasil pengukuran kedalaman, lebar, dan panjang gerusan terbesar untuk jenis bahu jalan yang terbuat dari tanah lanau anorganik berturut-turut sebesar 32 mm, 117 mm, dan 1.300 mm, yang terjadi pada kemiringan memanjang dan intensitas hujan paling besar.



Gambar 5. Pola gerusan yang terjadi pada tanah lanau anorganik (variasi kemiringan jalan 26% dan intensitas hujan 15 mm/jam)

KESIMPULAN

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan untuk 5 sampel bahu jalan dengan 3 jenis material yang berbeda menunjukkan bahwa kerusakan bahu jalan yang paling kecil terjadi untuk bahu jalan yang terbuat dari tanah pasir, sedangkan kerusakan terparah terjadi pada bahu jalan yang terbuat dari tanah lempung

anorganik. Melihat variasi kerusakan yang terjadi, dapat dilakukan eksperimen lebih lanjut untuk bahu jalan dengan material tanah yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

Department of Transportation New York State. (2004). HIGHWAY DESIGN MANUAL CHAPTER 3 - TYPICAL SECTIONS (Limited Revisions). In *Highway Design Manual*. New York State: Department of Transportation New York State.

Department of Transportation New York State. (2012). Chapter 10 - Roadside Design , Guide Rail , and Appurtenances. In *Highway Design Manual*. New York State: Department of Transportation New York State.

Dey, S. (1999). Sediment threshold. *Applied Mathematical Modelling*, 23(5), 399–417. [https://doi.org/10.1016/S0307-904X\(98\)10081-1](https://doi.org/10.1016/S0307-904X(98)10081-1)

Direktorat Jenderal Bina Marga. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997). Indonesia.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2013). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. (Direktorat Jenderal Bina Marga, Ed.). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

Johnson, A., Moffat, A., & Slattery, E. (2003). *Erosion Control Handbook*. (Federal Highway of Transportation, Ed.). Minnesota: Minnesota Local Road Research Board, U.S. Department of Transportation.

Kementerian Pekerjaan Umum. Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 13/PRT/M/2011 (2011). Jakarta, Indonesia: Kementerian Pekerjaan Umum.

Paphitis, D. (2001). Sediment movement under unidirectional flows: An assessment of empirical threshold curves. *Coastal Engineering*, 43(3-4), 227–245. [https://doi.org/10.1016/S0378-3839\(01\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3839(01)00015-1)

Purnomo, S. N., & Widiyanto, W. (2014). Perencanaan Model Fisik Peristiwa Gerusan di Bahu Jalan Raya. In *Peran Rekayasa Sipil dalam Pembangunan Infrastruktur Perkotaan Berkelanjutan untuk Mendukung Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia* (pp. 163–171). Bandung: Institut Teknologi Nasional.

Purnomo, S. N., Widiyanto, W., Santosa, P. B., Wahyu, E., Tri, T., Yuni, K., ... Soedirman, U. J. (2015). Analisis variabel yang berpengaruh terhadap kedalaman gerusan di bahu jalan. In *Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan*

- Kearifan Lokal Berkelanjutan V (in Bahasa Indonesia)* (pp. 199 – 209). Purwokerto: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UNSOED.
- Smith, D. E. (2006). *Local Roads Maintenance Workers' Manual*. (Center for Transportation Research and Education (CTRE) Iowa Highway Research Board Project, Ed.). Iowa: Iowa State University. Retrieved from http://www.ctre.iastate.edu/pubs/maint_worker/local_rds_maint_work_manual.pdf
- Triatmodjo, B. (2008). Hujan. In *Hidrologi Terapan* (1st ed., p. 20). Yogyakarta: Beta Offset.
- United States of Soil Conservation Service. (1983). Sedimentation. In *National Engineering Handbook*. Washington D. C.: U. S. Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service.
- White, D. J., Jahren, C. T., Suleiman, M., & Mekkawy, M. (2007). Effective Shoulder Design and Maintenance, (June), 1–255.
- Wilcock, P. R. (1988). Methods for estimating the critical shear stress of individual fractions in mixed size sediment. *Water Resources Research*, 24(7), 1127–1135.