

TEGASAN RICIH DI DALAM PENGANGKUTAN ENDAPAN BETUNG RIBUT

Ramli Mat Suki¹

Perkataan Kekunci: Pengangkutan Endapan; Tegasan Ricih Genting; Halaju Genting; Rekabentuk Betung Ribut.

ABSTRAK

Pendekatan tegasan ricih genting adalah satu cara alternatif bagi rekabentuk betung ribut. Analisis dilakukan keatas pendekatan ini sebagai kriteria bagi pengangkutan endapan di dalam betung ribut dan seterusnya ia dibandingkan dengan pendekatan halaju genting. Perbandingan yang dilakukan menunjukkan tegasan ricih genting menghasilkan halaju yang tinggi jika dibandingkan dengan pendekatan halaju genting. Perbezaan dalam menilai tegasan ricih adalah punca utama pendekatan alternatif ini untuk menghasilkan halaju yang tinggi.

ABSTRACT

The critical shear stress approach is an alternative approach in storm sewer design. Analysis is conducted on this approach as a criterion in sediment transport in storm sewer and subsequently compared to the velocity approach. Comparison made showed that the critical shear stress method gives higher velocity than the velocity approach. The difference in assessing the shear stress is the main reason for this approach to produce high velocity.

PENGENALAN

Beberapa tahun terdahulu, kajian terhadap pengangkutan endapan di dalam paip telah dikuasai oleh mekanik sistem pengangkutan hidraul. Tujuan utama paip ini adalah untuk mengangkut endapan dari satu tempat ke satu tempat yang lain dengan cara yang paling berkesan. Oleh itu halaju dan kepekatan endapan yang tinggi digunakan di dalam sistem ini. Kriteria yang diambil oleh perekabentuk sistem pengangkutan hidraul didalam menentukan had endapan ialah halaju genting.

Walaupun keadaan pengangkutan endapan di dalam betung ribut berbeza dengan sistem pengangkutan hidraul, dimana halaju dan kepekatan endapan adalah jauh lebih rendah, perekabentuk betung ribut telah juga menggunakan kriteria halaju genting. Kriteria halaju genting ini telah digunakan dengan meluas di Eropah dan Amerika Syarikat. Pengalaman telah menunjukkan penggunaan kriteria halaju genting ini adalah memadai bagi memastikan supaya endapan dikeluarkan dari betung (CIRIA, 1987).

Walaupun bagaimanapun terdapat beberapa penyelidik (Lysne, 1969 dan Yao, 1974) yang menggunakan kriteria tegasan ricih genting didalam merekabentuk betung ribut. Sebenarnya pendekatan ini telah diasaskan oleh Shields dengan menggunakan konsep halaju ricih. Cara ini telah menarik perhatian ramai penyelidik dan kini telahpun diterima dengan meluas. Bagaimanapun, penggunaan cara ini didalam rekabentuk betung mestilah terlebih dahulu diteliti dengan terperinci kerana penyelidikan yang dilakukan oleh Shields adalah untuk aliran saluran terbuka dengan dasar bergerak. Ippen dan Verma (1953) telah membuktikan analisis yang dibuat oleh Shields tidak boleh digunakan apabila endapan dan bahan dasar adalah berlainan dari segi dimensi fizik dan teksturnya. Oleh itu adalah perlu mendapatkan kefahaman yang mendalam terhadap kriteria tegasan ricih genting ini bagi memastikan kesesuaiannya didalam rekabentuk betung ribut.

KAJIAN YANG LEPAS

Lysne (1969) adalah kalangan penyelidik pertama yang telah menggunakan tegasan ricih genting sebagai kriteria didalam rekabentuk betung ribut. 3.9 N/m^2 telah dicadangkan sebagai nilai yang tetap bagi tegasan ricih genting. Lysne mencadangkan nilai ini berpanduan kepada analisis untuk perakuan tegasan ricih genting bagi terusan yang telah dibuat oleh Lane (1955). Nilai 3.9 N/m^2 adalah tinggi sedikit dari nilai yang diperakukan oleh Lane kerana Lysne berpendapat bahawa kehadiran bahan organik di dalam kumbahan akan menambahkan jeleket. Disamping itu, Lysne berpendapat bahawa nilai yang didapati oleh Lane itu berkemungkinan untuk pergerakan awal endapan sedangkan untuk betung cuci-diri, pengangkutan beban dasar adalah lebih utama.

Task committee on Preparation of Sedimentation Manual (1966) telah menyatakan bahawa kecenderungan melaporkan kerja didalam keadaan genting adalah mengutamakan tegasan ricih genting dari halaju genting kerana ia adalah kuantiti yang lebih memuaskan. Diatas dasar inilah Yao (1974) telah memutuskan untuk mengambil tegasan ricih genting sebagai kriteria didalam rekabentuk betung.

Yao telah mentakrifkan tegasan ricih genting sebagai tegasan ricih sempadan minima yang diperlukan bagi pergerakan awal. Yao telah mencadangkan tegasan ricih genting antara 2.9 N/m^2 hingga

3.9 N/m^2 (0.3 kg/m^2 hingga 0.4 kg/m^2). Dengan menggunakan formula Manning sebagai asas persamaan aliran, Yao telah menghasilkan satu persamaan rekabentuk sebagai berikut,

$$Q = \frac{0.0197}{n} D^{13/6} \tau_f^{1/2} \quad (1)$$

dimana Q = kadar alir, D = garis pusat paip, τ_f = tegasan ricih dan n = pekali Manning.

PERBANDINGAN

Bagi tujuan perbandingan, Q didalam persamaan (1) boleh digantikan dengan VA .

$$V = \frac{0.0251}{n} D^{1/6} \tau_f^{1/2} \quad (2)$$

dimana V = halaju aliran dan A = keratan rentas paip.

Andaikan aliran penuh-paip di dalam sebuah paip yang mempunyai garis pusat 150 mm dan mempunyai permukaan licin di mana Manning $n = 0.010$. Bagi $\tau_f = 0.3 \text{ kg/m}^2$, persamaan (2) menjadikan halaju $V = 1.002 \text{ m/s}$.

Durand (1953), salah seorang penyelidik terawal didalam sistem pengangkutan hidraul, telah berjaya mendapatkan satu persamaan rekabentuk bagi sistem pengangkutan hidraul.

$$\frac{V}{\sqrt{[2gD(s-1)]}} = 1.36 C_v^{0.136} \quad (3)$$

dimana g = pecutan dari graviti, s = graviti tentu dan C_v = kepekatan endapan isipadu.

Didalam sistem pengangkutan hidraul, endapan diangkut secara ampuan dan halaju serta kepekatan endapan yang digunakan adalah tinggi. Oleh itu perbandingan boleh dilakukan di sini dengan mengandaikan kepekatan endapan, $C_v = 100 \text{ ppm}$ seperti mana lazimnya di dalam betung ribut. Graviti tentu s , bagi pasir dan batu adalah didalam lingkungan 2.65. Dengan menggunakan nilai-nilai ini, halaju yang didapati ialah 0.856 m/s .

Jika dibandingkan dengan halaju yang diperolehi oleh Yao, halaju yang dihasilkan oleh kriteria tegasan ricih genting adalah terlalu tinggi. Apatah lagi jika diambilkira akan formula Durand yang dihasilkan untuk halaju tinggi sahaja. Ini bermakna pendekatan kriteria tegasan ricih, malah membuatkan halaju bagi menghasilkan betung ribut yang cuci-diri menjadi lebih tinggi dari yang sepatutnya.

Ini terbukti dari pengalaman yang menunjukkan bahawa dengan penggunaan British Standard CP 2005 (1968), yang menentukan halaju 0.76 m/s bagi semua betung ribut, pasir dan batu dapat dibawa keluar dari betung ribut oleh arus.

SEBAB-SEBAB PERBEZAAN

Di dalam aliran saluran terbuka seperti sungai, endapan itu sendiri yang membentuk saluran tersebut. Oleh itu, tegasan ricih yang berlaku ke atas dasar ($\tau = \rho gRS$) adalah sama dengan tegasan ricih yang ada pada endapan. Sebaliknya, endapan di dalam betung ribut, yang membentuk satu lapisan yang berasingan di atas lantai dasar, tidak berkelakuan sedemikian rupa.

May (1982) mengemukakan dua perbezaan utama di antara pendekatan tegasan ricih genting dan pendekatan halaju genting. Pertama, zarah-zarah yang terpencil di atas lantai dasar paip tidak boleh menyebabkan sebarang kenaikan yang bererti didalam kehilangan turus. Oleh itu, tegasan ricih hanya ditentukan oleh kekasaran berkesan zarah endapan yang terdedah iaitu dasar itu sendiri. Bagi dasar endapan di dalam paip, kekasaran berkesan terbahagi kepada dasar endapan dan bahagian dinding paip yang terdedah.

Oleh itu halaju yang tinggi didalam pendekatan tegasan ricih genting adalah disebabkan oleh andaian yang dibuat bahawa tegasan ricih yang berlaku ke atas satu zarah endapan di dalam aliran saluran terbuka adalah sama dengan yang berlaku ke atas satu zarah endapan di dalam betung ribut. Wilson (1966) membuktikan ini adalah tidak tepat dengan menerbitkan satu ungkapan untuk tegasan ricih genting bagi satu zarah endapan di dalam saluran terbuka yang mempunyai dasar bergerak.

$$\tau_c = 0.047 g(s^{-1})d \quad (4)$$

dimana d ialah garis pusat zarah.

Bagi satu zarah endapan yang mempunyai garis pusat 1.0 mm dan graviti tentu $s = 2.65$, tegasan ricih genting yang didapati ialah 0.761 N/m^2 .

Novak dan Nalluri (1975), didalam kajian mereka terhadap pengangkutan endapan di dalam saluran dasar tetap yang licin merumuskan satu ungkapan untuk pergerakan awal zarah endapan dalam bentuk tegasan ricih genting.

$$\tau_c = 0.104 (s^{-1})d^{0.4} \quad (5)$$

Bagi zarah endapan yang mempunyai sifat-sifat yang sama seperti di atas, tegasan ricih genting yang dihasilkan ialah 0.172 N/m^2 .

Oleh itu, daripada contoh ini, jelas membuktikan tegasan ricih yang diperlukan bagi menggerakkan satu zarah endapan di dalam saluran terbuka dengan dasar bergerak adalah lebih tinggi dari tegasan ricih satu zarah endapan di dalam saluran dasar tetap yang licin.

KESIMPULAN

Dari kajian yang dilakukan di dalam kertas penerbitan ini beberapa kesimpulan dapat dibuat seperti berikut;

1. Penggunaan pendekatan tegasan ricih genting didalam rekabentuk betung ribut adalah suatu pembaharuan yang mesti diteliti dengan terperinci terlebih dahulu. Ini dilakukan kerana ada kajian-kajian yang telah dibuat menunjukkan konsep penggunaannya tidak berapa tepat didalam rekabentuk betung ribut.
2. Satu penilaian dilakukan ke atas pendekatan tegasan ricih di dalam rekabentuk betung ribut. Perbandingan dibuat dengan pendekatan halaju genting yang telah diterima secara meluas didalam pengangkutan endapan di dalam paip.
3. Perbandingan yang dibuat menunjukkan halaju yang didapati dengan menggunakan pendekatan tegasan ricih genting adalah terlalu tinggi dari pendekatan halaju genting. Pengalaman membuktikan pendekatan halaju genting adalah memadai untuk mengeluarkan pasir dan batu dari betung ribut. Oleh itu penggunaan pendekatan tegasan ricih genting akan mengakibatkan rekabentuk terlebih.
4. Sebab-sebab perbezaan yang ketara diantara kedua-dua pendekatan ini telah diberikan di dalam kertas penerbitan ini. Sebab yang utama ialah perbezaan tegasan ricih di dalam betung ribut dan saluran terbuka.

5. Kritik yang menyatakan pendekatan halaju genting tidak menggambarkan halaju pada lapisan zarah endapan telah dapat dilatasi dengan menggunakan taburan halaju semesta yang dihasilkan oleh Karman-Prandtl. Oleh itu pendekatan halaju genting adalah lebih tepat dan mudah digunakan didalam rekabentuk betung ribut.

RUJUKAN

- British Standard Code of Practice. 1968. *CP2005: Sewerage Part IV*.
- CIRIA (1987), *Sediment Movement In Combined Sewerage and Storm-Water Drainage Systems*, CIRIA Project Report 1.
- Durand P. 1953. *Basic Relationships of the Transportation of Solids in Pipelines - Experimental Research*, Int. Assoc. for Hydraulic Research, Fifth Congress, Minneapolis.
- Ippen A.T. dan Verma R.P. 1953. *The Motion of Discrete Particles Along the Bed of a Turbulent Stream*, Int. Assoc. for Hydraulic Research, Fifth Congress, Minneapolis.
- Lane E.W. 1955. *Design of Stable Channels*, Trans. ASCE, Vol. 120, Paper 2776, pp 1234-1260.
- Lysne D.K. 1969. *Hydraulic Design of Self-Cleansing Sewage Tunnels*, Proc. ASCE, Journal of the Sanitary Engineering Division, Vol. 95, pp 17-36.
- May R.W.P. 1982. *Sediment Transport in Sewers*, Hydraulics Research Station, Wallingford, Report No. IT 222.
- Novak P. dan Nalluri C. 1984. *Incipient Motion of Sediment Particles Over Fixed Bed*, Journal of Hydraulic Research, Vol 22, No 3, pp 181-197.
- Task Committee on Preparation of Sedimentation Manual. 1966. *Sediment Transportation Mechanics: Initiation of Motion*, Proc. of ASCE, Journal of Hydraulics Division, Vol 92, No HV2, paper 4738, pp 291-314.
- Wilson K.C. 1966. *Bed-Load Transport at High Shear Stress*, Proc. of ASCE. Journal of Hydraulics Division, Vol 92, No HY6, pp 49-59.
- Yao K.M. 1974. *Sewer Line Design Based on Critical Shear Stress*, Journal of Environmental Engineering Division, ASCE, Vol 100, EE2, pp 507-520.

1. Jabatan Kejuruteraan Awam & Struktur
Universiti Kebangsaan Malaysia.