

Pengembangan Model Erosi Bantaran Sungai Untuk Memodelkan Genangan Banjir Dengan Menggunakan Metode Numerik 2 Dimensi

Peneliti : Januar Fery Irawan¹, Syamsul Arifin²

Mahasiswa Terlibat : Ivan dan Bobby

Sumber Dana : DIPA UNEJ

Kontak email : januar_ir@yahoo.com

Diseminasi : belum ada

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember

² Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember

ABSTRAK

Bencana banjir yang terjadi sejak tahun 2000 sampai sekarang di beberapa daerah aliran sungai di kepulauan Indonesia masih membawa ancaman yang serius karena adanya korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar. Guna mengantisipasi kerugian yang sama di masa mendatang diperlukan peningkatan kemampuan manajemen sungai melalui pembuatan model pengendalian debit di bangunan-bangunan infrastruktur pengendali banjir.

Tujuan penelitian ini adalah (1) menghasilkan model untuk meningkatkan kemampuan bangunan pengendali banjir melalui strategi pengendalian debit banjir yang mungkin terjadi meningkatnya curah hujan, (2) Menguji perilaku kedalaman dan kecepatan aliran sesuai model yang ditentukan untuk mengetahui genangan banjir yang sesuai dengan kondisi banjir di lapangan. Penelitian dilakukan di laboratorium menggunakan talang saluran untuk mengevaluasi model aliran 2 dimensi dan membuat simulasi yang mendekati dengan hasil di laboratorium.

Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa ketinggian air pada eksperimen pada run 1 terjadi pada saluran di bagian dalam dengan kedalaman 2 cm. Sedangkan, genangan banjir pada eksperimen pada run 2 terjadi pada floodplain channel dengan kedalaman 0,2 cm. Hasil eksperimen menunjukkan kesesuaian dengan hasil numerik.

Kata kunci : model, numerik, 2 dimensi, genangan banjir, saluran

Pengembangan Model Erosi Bantaran Sungai Untuk Memodelkan Genangan Banjir Dengan Menggunakan Metode Numerik 2 Dimensi

Peneliti : Januar Fery Irawan, Syamsul Arifin
Mahasiswa Terlibat : Ivan dan Bobby
Sumber Dana : DIPA UNEJ
Kontak email : januar_ir@yahoo.com
Diseminasi : belum ada

LATAR BELAKANG DAN TUJUAN PENELITIAN

Beberapa banjir besar yang menimbulkan korban jiwa dan kerugian material sangat besar bagi pemerintah daerah maupun pusat telah terjadi sejak tahun 2005. Dengan melihat fakta bahwa kerusakan dan kerugian yang diakibatkan oleh bencana banjir dari tahun ke tahun yang cukup besar, maka dipandang perlu untuk melakukan pengendalian dan peringatan dini bencana banjir. Dalam konsep pengendalian banjir dan peringatan dini, peramalan banjir melalui penelusuran banjir merupakan teknik yang paling penting untuk mendapatkan penyelesaian lengkap masalah tersebut. Agar dapat memenuhi keperluan tersebut, maka pemodelan banjir dipandang sebagai prosedur yang dibutuhkan di dalam penelusuran banjir dalam menentukan hidrograf suatu titik di hilir dari hidrograf yang diketahui dari suatu titik di hulu. Salah satu cara yang dapat menyelesaikan masalah banjir adalah dengan menggunakan metode hidrolika. Metode hidrolika numerik memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode hidrologi karena dapat mengetahui gerakan gelombang banjir yang terjadi apabila ada perubahan hidrolika aliran. (E.V. Nensi R and Ven Te Chow, 1997).

Pengendalian banjir melalui pengelolaan sungai yang baik dalam menghadapi gelombang banjir, dapat dilakukan melalui: (1) Penelitian terhadap model aliran dan perubahan dasar sungai, sehingga dapat memodelkan pergerakan aliran dan genangan banjir di bagian hilir sungai. (2) Penelitian terhadap pola kedalaman dan vektor kecepatan, seperti pola pada profil memanjang dan melintang sungai. (3) Penelitian terhadap pengendalian banjir melalui perilaku debit di hulu sungai, yaitu meninjau hubungan pengaturan debit terhadap profil memanjang dan melintang sungai yang

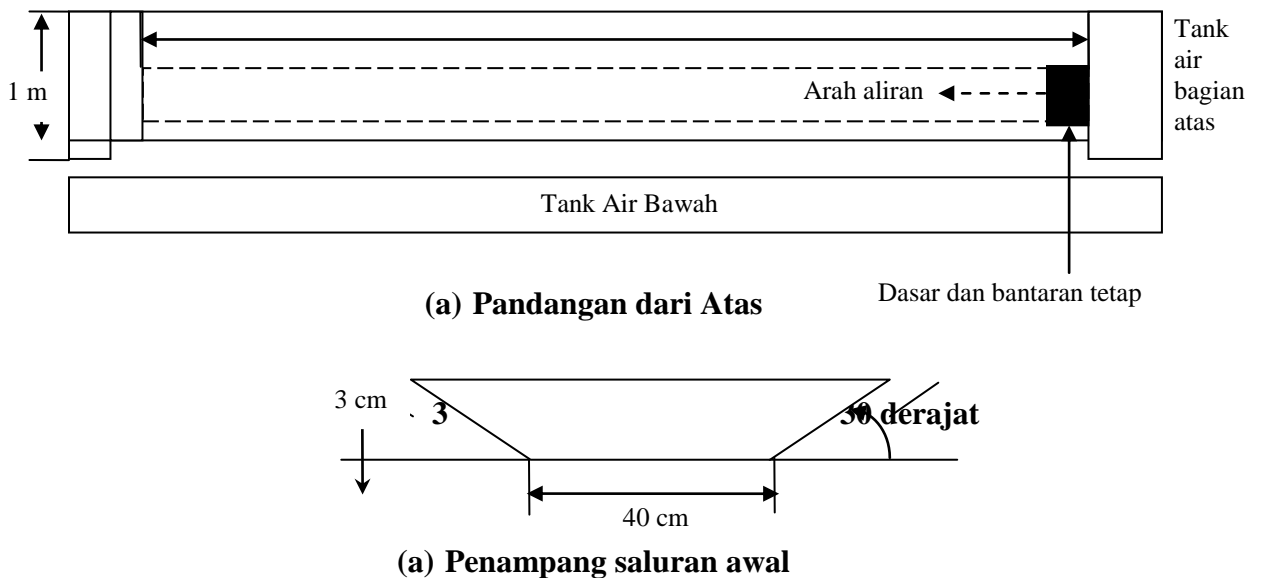
menjadi pengaruh terjadinya banjir. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan aliran dengan menggunakan metode numerik 2 dimensi melalui perubahan perilaku debit aliran yang menyebabkan perubahan kedalaman air dan kecepatan di talang saluran. Selain itu, model ini dapat digunakan untuk mengetahui kedalaman dan genangan banjir dengan model yang ditentukan.

Model numerik aliran dan dasar saluran pada awalnya digunakan untuk meneliti efek turbulensi aliran pada struktur jembatan dengan menggunakan sistem koordinat kurva dengan batas yang bisa bergerak (Sanjay, 2002). Setelah itu Model numerik aliran dan pengangkutan sedimen telah dikembangkan dalam saluran meandering digunakan untuk menghitung kecepatan kedalaman rata-rata yang diturunkan dari persamaan kontinuitas dan persamaan momentum (Stephen H.S., and Yafei J., 2003). Model tersebut menunjukkan bahwa metode numerik bisa digunakan untuk memodelkan morfologi sungai dengan menggabungkan kecepatan rata-rata kedalaman dan topografi dasar aliran (Duan J.G and Pierre Y. Yulien, 2005).

Komputasi aliran turbulen dan evolusi dasar aliran di sungai juga diteliti di saluran buatan di laboratorium. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengoreksi adanya aliran turbulen pada ruas saluran yang berbentuk sinus. Model turbulen dengan 2 skala panjang digunakan pada simulasi pada saluran sungai dangkal tetapi, k-e model bisa menyelesaikan secara sempurna dalam simulasi karena resolusi grid yang cukup kecil (Surajate, 2005). Pengembangan model numeris dua dimensi untuk membuat simulasi proses evolusi sungai dari saluran lurus dengan erosi bantaran dan deformasi saluran yang tersusun oleh material non kohesif telah dimodelkan dengan mendekati kondisi sebenarnya (Jang C.and Shimizu Y, 2005). Teknik numeris memiliki peranan penting juga untuk memperoleh hasil akurat dalam simulasi kecepatan dengan menggunakan persamaan kontinuitas dan momentum. Oleh karena itu, Fase interpolasi *cubic* pada fase gerakan aliran memiliki teknik yang akurat untuk mereduksi difusi dalam simulasi kecepatan (Yabe, 1997).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Jember dengan menggunakan flume atau talang saluran yang berukuran panjang 10 m dan lebar 1 meter dengan dinding menggunakan bahan dari kayu. Talang saluran diisi dengan pasir yang seragam berdiameter 1.25 mm. Geometri Saluran menggunakan bentuk trapesoidal dengan lebar dasar saluran 40 cm dan tinggi 3 cm dan slope bantaran 30 derajat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Sketsa Uji Laboratorium : (a) Pandangan Atas (b) Penampang awal

Pemasangan dasar dan bantaran yang tetap untuk Saluran di laboratorium dipergunakan untuk mengurangi gerusan setempat pada masuknya aliran. Menurut kondisi awal, debit aliran dikontrol dengan menggunakan debit 1,0 dan 3,5 l/s. Perbandingan lebar dan kedalaman talang saluran akan dihitung setelah diukur kedalaman air pada saat dialiri dengan kedua besaran debit yang ditentukan

Sedimen dimasukkan dengan tangan secara teratur di bagian ujung hulu saluran untuk menjaga bentuk saluran agar tidak terjadi gangguan setempat selama eksperimen. Dasar saluran dibentuk agar sesuai dengan slope saluran yang ditentukan dan saluran mula-mula dipotong dengan kayu yang dipasang dibagian bawah ujung alat penghalus.



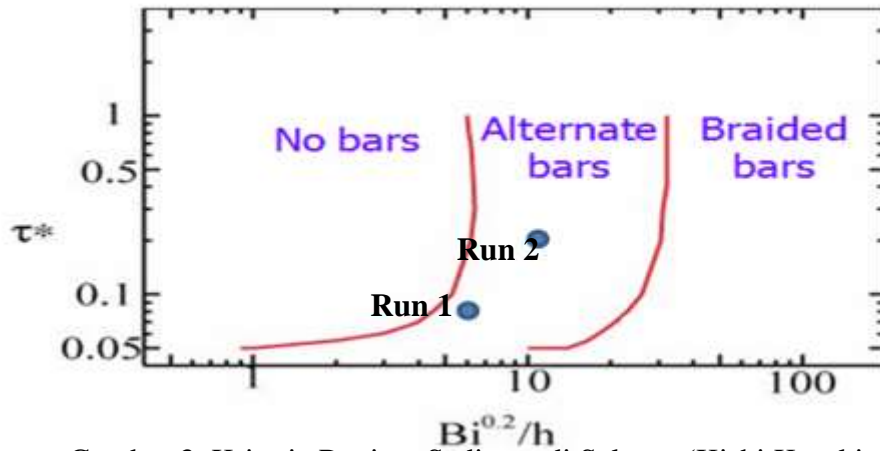
Gambar 2. Talang Saluran Laboratorium

Selanjutnya debit sedimen dikumpulkan dengan menggunakan penangkap pasir agar pasir tidak ikut dalam aliran pada saat aliran disirkulasikan ke tank bagian atas. Kasa Plastik dipasang dibagian inlet saluran agar menjaga aliran yang masuk ke saluran dapat mendekati aliran kondisi yang tunak. Sedangkan, kedalaman diatur dengan pintu sluice untuk meminimalkan pengaruh outlet di bagian bawah saluran. Pengukuran kedalaman dan pengaruh genangan akan diukur dengan menggunakan alat manual seperti pada gambar 2.

Tabel 1. Data Eksperimen Run 1 dan 2.

RUN	Dm (mm)	Slope (%)	Qw (l/s)	H (cm)	Width /Depth	H /Dm	t*
1	1.25	1.0	1.0	2	17	1.21	0.096
2	1.25	1.0	3.5	0.6	56.78	0.36	0.029

Eksperimen dilakukan dengan kondisi sebagaimana dilihat pada tabel 1. Selanjutnya berdasarkan grafik kondisi sedimen yang terjadi akan diestimasi dengan menggunakan grafik Kishi Kuroki seperti gambar 3.



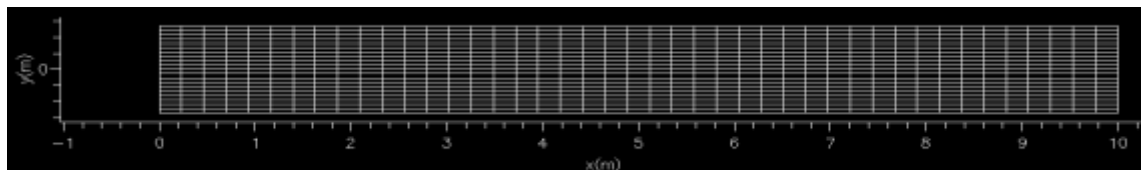
Gambar 3. Kriteria Regime Sedimen di Saluran (Kishi Kuroki, 1973)

Dalam model bantaran sungai grid yang dikomputasi akan dirubah menjadi data kedalaman dan data kedalaman akan dibaca sebagai data genangan banjir. Komputasi model 2 D genangan banjir yang digunakan mengikuti urutan sebagai berikut :

1. Komputasi aliran, Kecepatan dan Kedalaman aliran
2. Komputasi Laju Angkutan Sedimen
3. Komputasi perubahan elevasi dasar sungai
4. Menentukan sistem koordinat baru
5. Menentukan genangan banjir dan mengupdate waktu

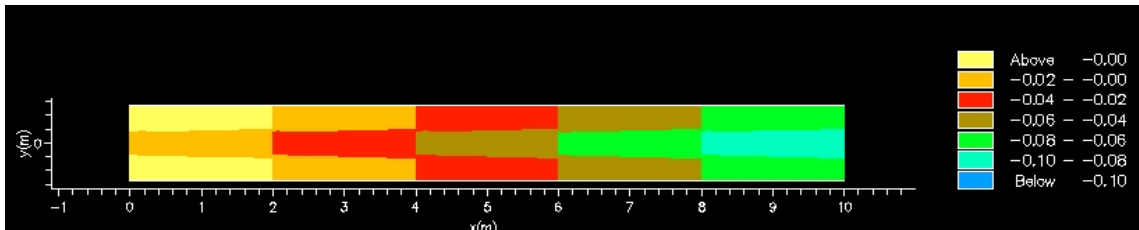
PEMAPARAN HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan komputasi numerik maka diperlukan pembuatan grid saluran sehingga proses perhitungan akan mendapatkan hasil yang akurat. Saluran komputasi sebenarnya adalah 13,5 meter yang dibuat lebih panjang dari saluran eksperimen yaitu 10 meter untuk mendapatkan perubahan saluran. Grid komputasi ada 200 grid pada arah aliran dan 20 pada arah menyamping (Gambar 4). Pembuatan grid dilakukan agar saluran bisa divisualisasikan dalam bentuk grid. Kemudian file grid diubah dalam bentuk file gri agar bisa dibaca oleh model komputasi numerik 2D.



Gambar 4. Grid Komputasi

Semakin kecil grid yang diperlukan, maka semakin besar jumlah titik grid yang dihasilkan. Semakin besar jumlah grid maka perhitungan akan memerlukan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, pembagian grid sangat ditentukan oleh teknik interpolasi pada saat komputasi model.



Gambar 5. Kedalaman Flume Saluran Dengan Slope 1 %

Komputasi Model matematis dalam bidang horisontal menggunakan 2 Dimensi dalam sistem koordinat kurvilinear dan non orthogonal. Sumbu ξ adalah sumbu di sepanjang the saluran pada bentuk saluran awal yang diketahui dengan bentuk bidang dan sumbu η adalah digambar memotong sumbu ξ axis. Bidang (ξ, η) dibagi menjadi bagian-bagian untuk membentuk grid awal untuk komputasi simulasi.

Kondisi batas akan ditentukan menggunakan kondisi batas yang non periodik karena kondisi non periodik akan merubah kondisi wavelength yang akan terjadi di sungai di alam. Karakteristik komputasi untuk kondisi non periodik dapat dilihat pada gambar 5.

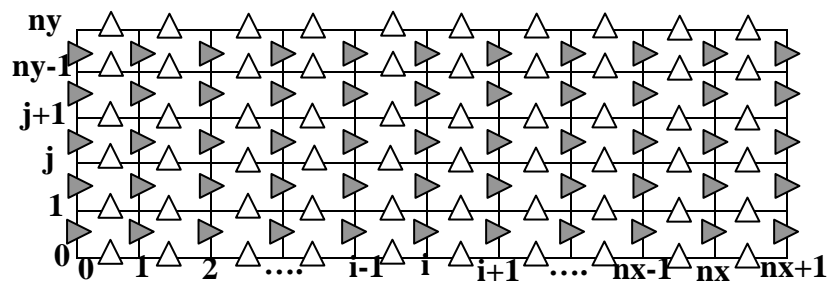
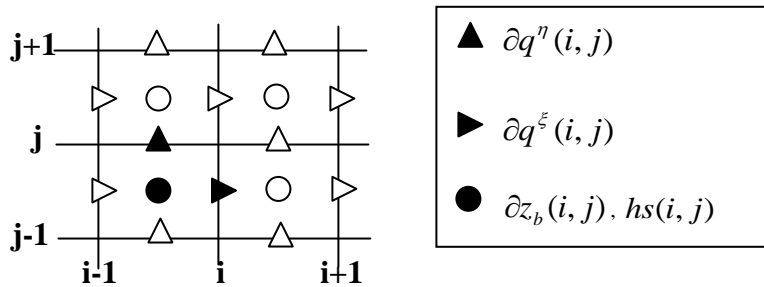


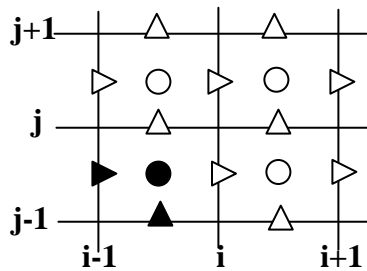
Figure 6. Domain non periodik dimana $(0,j)$ dan $u(1,j)$ tidak sama dengan $u(nx-2,j)$ dan $u(nx-1,j)$.

Batas non periodik ini menggunakan beberapa perturbation yang ditambahkan ke dalam aliran di bagian inlet saluran, sehingga kondisi di bagian outlet saluran tidak

mempengaruhi kondisi di inlet saluran pada komputasi selanjutnya. Batas kondisi non periodik akan mempengaruhi lama komputasi karena memerlukan domain komputasi yang lama. Selain itu batas kondisi juga ditentukan pada awal komputasi menggunakan debit aliran yang ditentukan, kecepatan aliran dalam arah memanjang dan melintang saluran pada ujung inlet sama dengan 0, kedalaman aliran di bagian inlet ditentukan.



Gambar 7. Komputasi grid pada Erosi Bantaran



Gambar 8. Komputasi grid pada Genangan banjir

Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa ketinggian air pada eksperimen pada run 1 terjadi pada low water channel dengan kedalaman 2 cm. Hal ini juga diperlihatkan pada hasil eksperimen Run 1 seperti pada gambar 9. Disamping itu dari percobaan running 1 telah memenuhi kondisi sedimentasi seperti pada grafik Kishi-Kuroki seperti ditunjukkan dengan hasil foto eksperimen run no 1 seperti pada gambar 10.



Gambar 9. Ketinggian Permukaan Air Hasil Model dan Simulasi



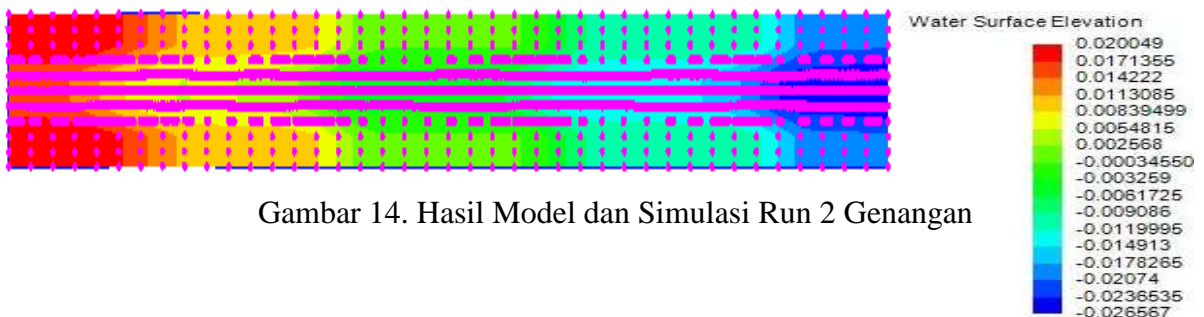
Gambar 10. Ketinggian Permukaan Air Hasil Percobaan

Hasil numeris bahwa genangan banjir pada eksperimen pada run 2 terjadi pada floodplain channel dengan kedalaman 0,2 cm. Hal ini juga diperlihatkan pada hasil eksperimen Run 2 seperti pada gambar 10.



Gambar 11. Simulasi No. 2 genangan sudah terjadi di daerah dataran banjir dengan ketinggian

Hasil simulasi selain ketinggian air juga dapat memproduksi luas genangan aliran pada run no 2 seperti pada gambar 11 di bawah ini.



Gambar 14. Hasil Model dan Simulasi Run 2 Genangan

KESIMPULAN

Dari hasil komputasi numerik 2 dimensi yang dikembangkan dari model erosi bantaran banjir, dapat disimpulkan bahwa :

1. Model Numerik 2 Dimensi dapat memodelkan kedalaman sesuai hasil eksperimen di laboratorium.
2. Model Numerik Dimensi dapat memodelkan luas genangan banjir yang terjadi di daerah hilir saluran
3. Model saluran laboratorium dapat digunakan untuk memodelkan genangan banjir

REFERENSI

- Chang-Lae Jang and Y. Shimizu, 2005, Numerical Simulation of Relatively Wide, Shallow Channels with Erodible Banks, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE.
- Duan, J.G. and Pierre Y. Yulien, 2005, Numerical Simulation of the Inception of Channel meandering. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30, 1093-1110, Wiley Interscience.
- E.V. Nensi R and Ven Te Chow, 1997, Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics), Penerbit Erlangga, Jakarta
- Stephen H. Scott and Yafei Jia., 2003, Simulation of Sediment Transport and Channel Morphology Change in Large River System. *US-China Workshop on Advanced Computational Modelling in Hydroscience and Engineering*, September 19-21, Oxford, Mississippi, USA.
- Surajate B.A., 2005, *Computation of Turbulence and Bed Morphology in Meandering River*. PhD thesis, Hokkaido University.
- Yabe, T. and T. Ishikawa, 1997, A multidimensional cubic-interpolated pseudoparticle (CIP) method without time splitting technique for hyperbolic equations, *Journal of The Physical Society of Japan*, 59(7),2301-2304.
- Sanjay, 2002, *Flow, Turbulence and Erosion Induced By River Structure*. PhD Thesis, Tidak dipublikasikan, Hokkaido University, Japan.