

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “
17 NOVEMBER 2019

KOMPUTASI KETINGGIAN ALIRAN DENGAN VARIASI KEMIRINGAN BERBASIS FORTRAN SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DALAM PERCOBAAN FLUIDA

Erni Midiawati¹⁾

¹⁾*Jurusan Fisika, FKIP, Universitas Jember, Jawa Timur, Indonesia*
ernimidiawati@yahoo.com

ABSTRAK

Laboratorium merupakan unit pendukung proses akademik yang penting. Hal ini dikarenakan laboratorium digunakan sebagai pelayanan internal dan eksternal yang dijadikan ukuran kualitas pelayanan Fakultas dari dalam dan luar Kampus baik oleh mahasiswa, dosen dan stakeholder. Disamping itu, dengan adanya perubahan kurikulum dari berbasis kompetensi menjadi Kurikulum Kerangka Nasional Indonesia (KKNI), maka laboratorium sebagai unit pendukung harus lebih baik pengelolaannya. Oleh karena itu, perlu ditingkatkan kualitas pelayanan dengan sarana alat peraga fisika yang lengkap, sehingga mutu pelayanan internal maupun eksternal dapat ditingkatkan. Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah membuat media pembelajaran berbasis visual, sehingga perancangan alat peraga dalam praktikum di FKIP Universitas Jember dapat memberikan dorongan mahasiswa dalam membuat media pembelajaran yang digunakan dalam memenuhi praktikum mata kuliah Fisika Dasar dan Teknik Laboratorium. Persamaan kontinuitas dipisahkan menjadi persamaan non adveksi dan persamaan adveksi. Komputasi ini menggunakan program fortran dengan saluran yang memiliki variasi slope 0,001 dan 0,002 serta debit 0,01 m³/s searah dengan sumbu x. Sedangkan kondisi batas menggunakan batas waktu 50 detik dan interval waktu 0,1 detik. Hasil komputasi menunjukkan bahwa hasil simulasi perubahan muka air dapat memperlihatkan penurunan muka air 1,5 m pada waktu 8,9 detik ketika melewati perubahan lebar saluran dari 1 meter ke 0,8 meter..

Kata kunci: komputasi, kontinuitas, numerik, momentum, adveksi, non adveksi

PENDAHULUAN

Media visual termasuk media pembelajaran yang sangat penting dalam menyampaikan informasi ilmu pengetahuan kepada siswa terutama dalam praktikum dan percobaan di laboratorium. Penelitian membuktikan bahwa kemampuan alat indra menerima dan menyerap informasi lebih besar pada penglihatan (70 % - 85%), dan pendengaran (15% - 25%). Siswa lebih mudah menerima informasi materi pelajaran melalui proses penglihatan. Disamping itu, guru akan mudah menyampaikan informasi pelajaran melalui penggunaan alat peraga bersifat visual.

Hasil Komputasi sebagai alat peraga bersifat visual dalam media pembelajaran berperan membawa dunia luar ke dalam kelas. Lingkungan luar yang sulit dijangkau oleh alat indra akan diperlihatkan dalam bentuk formula. Contohnya, tentang aliran dalam saluran akan dilihat dalam tiruan saluran (flume). Alat peraga membantu mengurangi pemahaman verbalisme (kabur) terhadap materi pelajaran yang bersifat abstrak dan sulit dipahami. Selain itu, jenis media belajar ini dapat merangsang daya pikir dan nalar serta kreativitas siswa. Alat peraga dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu visual dan auditif. Alat peraga visual adalah segala sarana belajar yang dapat mempengaruhi daya pikir siswa melalui pengamatan panca indra dengan cara memperlihatkan benda aslinya, benda tiruan, gambar

dan sejenisnya. Sedangkan alat peraga auditif adalah sarana yang dapat mempengaruhi daya pikir siswa dengan cara menjelaskan, menerangkan, memberikan contoh-contoh dan lain sebagainya.

Penggunaan Media Visual dalam pembelajaran harus tepat agar memenuhi tujuan pembelajaran yang akan dicapai. Prinsipnya adalah menempatkan atau memperlihatkan alat peraga pada tempat, waktu dan situasi yang tepat. Penempatan alat peraga yang tepat memungkinkan semua siswa dapat melihat dengan jelas. Baik tulisan maupun gambar, atau keterangan yang diperlukan untuk memperjelas bagian-bagian alat peraga tersebut. Pemilihan dan penggunaan alat peraga yang tepat akan mampu menciptakan pembelajaran yang efektif dan efisien. Tepat artinya relevan dengan materi, tujuan dan kemampuan siswa. Ketepatan pemilihan alat peraga akan menentukan efektifitas dan efisiensi komunikasi dalam pembelajaran. Muaranya adalah peningkatan prestasi belajar siswa yang optimal.

Mutu pelayanan yang diberikan dalam laboratorium dipengaruhi oleh faktor kelengkapan media pembelajaran yang ada dalam proses akademik di laboratorium. Di dalam proses akademik, suatu laboratorium menjalankan sarana prasarana dan keuangan. Salah satu Tugas administrasi yang lain adalah mengelola peminjaman dan pengembalian sarana dan prasarana laboratorium, pengaturan jadwal penggunaan laboratorium. Dalam tugas keuangan,

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “
17 NOVEMBER 2019

laboratorium menyusun Rencana Kegiatan dan Anggaran (RKA) laboratorium, melakukan pencairan anggaran, melaksanakan program/kegiatan, melaporkan kegiatan dan penggunaan dana. Sedangkan tugas mengelola sarana prasarana meliputi pengusulan sarana-prasarana yang diperlukan oleh laboratorium, pengadaan alat-alat laboratorium, inventarisasi prasarana-sarana, perawatan dan pengafkiran sarana dan prasarana. Pembuatan media pembelajaran dan inventarisasi prasarana-sarana berkaitan perancangan alat pada kegiatan praktikum perkuliahan Teknik Laboratorium dan Fisika Dasar sangat diperlukan karena teknisi akan memberikan masukan kepada dosen tentang bahan media pembelajaran yang akan dijadikan kegiatan perancangan alat

Komputasi merupakan teknologi pembelajaran yang interaktif dan membutuhkan ketrampilan berpikir tingkat tinggi. Menurut Sowder (1992), komputasi memuat kemampuan kognitif siswa dalam memahami ilmu matematik menggunakan konsep, hubungan dan strategi. Keahlian berpikir yang terstruktur adalah bagian dalam membuat algoritma program. Disamping itu, komputasi menghasilkan animasi yang dapat membantu siswa dalam memahami persamaan matematis lebih komprehensif. Animasi yang dihasilkan, menurut Md. Baharul Islam, dkk (2014) akan mengubah metode pembelajaran siswa dari verbal ke visual atau modern. Bahkan, menurut Isabel Hwang dkk (2012), visualisasi yang diperoleh dari komputasi dapat menggambarkan ke dalam proses kejadian fisik yang dinamis, sehingga siswa dapat mevisualisasikan konsep persamaan matematis persamaan diferensial. Oleh karena itu, agar lebih efisien dalam pembuatan media pembelajaran perlu dilakukan pembuatan media pembelajaran berbasis visual.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam laboratorium, pembelajaran sains yang berkaitan dengan persamaan matematis merupakan matakuliah yang kurang diminati. Salah satu faktornya adalah karena penyampaian dilakukan hanya dengan menggunakan material teks dalam metode ceramah. Penyampaian dengan metode ini seringkali membosankan dan kurang efektif. Akibatnya, siswa seringkali sulit untuk memahami dan mengingat penyelesaian rumus matematis yang dijelaskan, apalagi yang menyangkut tentang persamaan diferensial. Kurangnya penggunaan metode interaktif juga sering terjadi dalam penyampaian pembelajaran ilmu sains.

Hukum Newton merupakan persamaan matematis yang banyak diterapkan dalam mekanika

fluida. Persamaan diferensial kontinuitas dalam gerak fluida di saluran terbuka diturunkan dari hukum Newton kedua. Hukum fisika dalam gerak Newton kedua menyatakan, bahwa dalam percepatan Perubahan muka air bebas akan dipengaruhi oleh kemiringan saluran, geometri saluran dan debit saluran. Semakin curam lereng, maka akan terjadi perbedaan energi dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang rendah sehingga tinggi muka air akan mengalami perubahan ekstrim. Perubahan geometri saluran juga sangat mempengaruhi tinggi muka air karena debit saluran akan berubah ketika melewati kemiringan yang berbeda, sehingga tinggi muka air juga berbeda. Selain itu, debit saluran yang berubah-ubah atau dalam kondisi tidak tunak perubahan muka air bebas juga akan berubah mengikuti perubahan volume dalam tiap detik.

Dengan menggunakan komputasi berbasis fortran maka perubahan muka air dalam saluran terbuka karena variasi kemiringana dapat dimodelkan. Disamping itu, model komputasi akan memberikan siswa motivasi belajar karena hasil komputasi lebih visualitatif seperti yang dikaji oleh Trafton (1986) dan Yang (2000 dan 2001). Penggunaan backward dengan menggunakan metode implisit dan eksplisit untuk mengurangi efek difusi lebih kompleks dan memerlukan penggunaan memori yang sangat besar seperti yang dilakukan oleh Cullen (1990), Dudhia (1993) dan Hodur, (1997). Oleh karena itu, diperlukan perhitungan menggunakan metode non linear yaitu persamaan kubik yang diharapkan dapat menghasilkan komputasi yang akurat dan stabil.

METODE ANALISIS KETINGGIAN AIR

Dalam saluran terbuka, aliran fluida mengikuti hukum kontinuitas dan momentum. Persamaan kontinuitas dituliskan dengan rumus :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

Dimana h adalah kedalaman air dalam saluran, u adalah kecepatan, t adalah waktu dan x adalah arah aliran dalam sumbu x.

Perubahan muka air dalam saluran terbuka dipengaruhi oleh kondisi saluran, dikenal dengan hukum momentum. Kelerengan saluran, geometri saluran dan debit saluran menentukan besar gaya gesekan aliran fluida air. Dalam menentukan perubahan muka air bebas, gaya gesekan dari saluran sangat menentukan besarnya perubahan muka air. Gaya gesekan merupakan faktor yang menentukan persamaan adveksi dalam hukum kontinuitas menjadi tidak sama

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “
17 NOVEMBER 2019

dengan nol. Jika dasar saluran memiliki gesekan maka rumus di atas dinyatakan dalam rumus berikut :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) - \frac{gn^2 u |u|}{h^{4/3}} \quad (2)$$

Dimana h adalah kedalaman air dalam saluran, g adalah gravitasi, n adalah angka kekasaran manning dan η adalah ketinggian dasar saluran.

Dalam komputasi untuk menyelesaikan persamaan matematis momentum diperlukan pemisahan adveksi (Persamaan 4) dan non adveksi (Persamaan 3).

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -g \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) - \frac{gn^2 u |u|}{h^{4/3}} \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (4)$$

Nilai h dalam persamaan non adveksi harus memenuhi persamaan kontinuitas (1), sehingga kecepatan transisi dalam persamaan non adveksi menjadi :

$$u = u^n - g \Delta t \frac{\partial h}{\partial x} - g \Delta t \frac{\partial \eta}{\partial x} - g \Delta t \frac{n^2 u |u|}{h^{4/3}} \quad (5)$$

karena nilai h harus memenuhi hukum kontinuitas maka kedalaman transisi pada persamaan kontinuitas di atas menjadi :

$$\frac{h - h^n}{\Delta t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

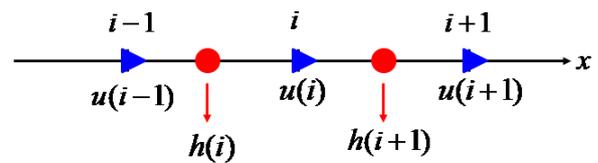
Perkalian kecepatan dan kedalaman adalah debit aliran, maka dalam grid yang bergerak:

$$q = uh \rightarrow q(i) = u(i) \frac{h(i+1) + h(i)}{2} \quad (7)$$

$$q(i-1) = u(i-1) \frac{h(i) + h(i-1)}{2} \quad (8)$$

Kedalaman transisi dihitung dengan melakukan substitusi persamaan debit ke dalam persamaan dibawah ini :

$$h(i) = h^n(i) + \left\{ q(i) - q(i-1) \right\} \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (9)$$



Gambar 2. Perubahan h dan u dalam grid yang bergerak

Dalam fase adveksi, persamaan adveksi murni pada gambar 1 menjadi sebagai berikut :

$$\frac{\partial u}{\partial x}(i) = \frac{\partial u^n}{\partial x}(i) + \frac{1}{2\Delta t} [u(i+1) - u^n(i+1) - u(i-1) + u^n(i-1)] \quad (10)$$

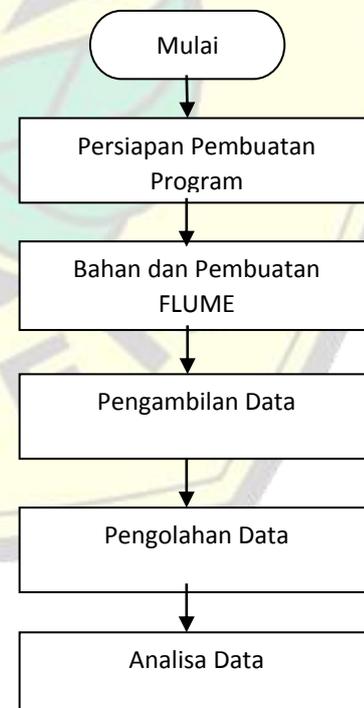
$$u(i)^{n+1} = U(X) = \left[(aX + b)X + \frac{\partial u}{\partial x}(i) \right] X + u(i) \quad (11)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}(i) = 3aX^2 + 2bX + \frac{\partial u}{\partial x}(i) \quad (12)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}^{n+1} = \frac{\partial u}{\partial x}(i) - \frac{u(i+1) - u(i-1)}{2\Delta x} \frac{\partial u}{\partial x}(i) \Delta t \quad (13)$$

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Fisika yang ada di Universitas Negeri Jember. Analisis dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Fisika Prodi Fisika Fakultas Keguruan Ilmu dan Pendidikan, Universitas Jember dengan alur penelitian seperti gambar 2.



SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “
17 NOVEMBER 2019



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Peubah yang diamati dalam penelitian terdiri dari 2 peubah, meliputi :

1. Kemiringan Saluran (dz)
Merupakan peubah yang dirancang dengan variasi 0,001; 0,002 dan 0,005.
2. Ketinggian Saluran
Merupakan peubah yang diamati karena perubahan kemiringan saluran .

Penelitian dilakukan dengan menggunakan simulasi dengan geometri saluran. Saluran buatan direncanakan dengan variasi slope (dz) tertentu. Kemudian ketinggian aliran akan dibandingkan dengan data hasil dari komputasi. Panjang $X = 2$ meter, $B_1=B_2=30$ cm seperti pada gambar 2.

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahap seperti pada gambar 3, diantaranya : pengambilan data di lokasi, pengumpulan data-data pendukung penelitian, pengolahan data, Pelaporan Hasil Penelitian. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan percobaan aliran di saluran buatan atau flume. Data yang diatur adalah kemiringan saluran dan debit air. Komputasi aliran dalam saluran terbuka 1 dimensi dengan variasi kemiringan saluran mengikuti tahapan perhitungan sebagai berikut :

1. Menghitung nilai kedalaman dan kecepatan awal serta kondisi batas waktu perhitungan
2. Menghitung adveksi murni dengan beda hingga central

Memisahkan persamaan non adveksi dengan mencari nilai kecepatan dan kedalaman transisi

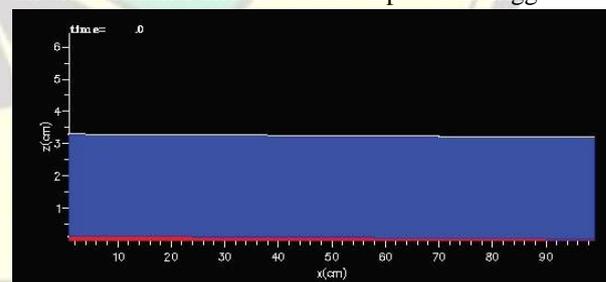
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam upaya menghitung persamaan diferensial aliran di suatu saluran salah satu cara penyelesaian persamaan adalah dengan menggunakan metode beda hingga atau numerik. Penelitian tentang

metode beda hingga untuk menghitung dinamika aliran dan dasar saluran telah banyak dilakukan oleh berbagai ahli untuk mensimulasikan perubahan kedalaman dan kecepatan. Dalam berbagai penelitian, usaha untuk membuat model yang representatif telah dilakukan, baik pada skala laboratorium (Chunming dkk, 2005).

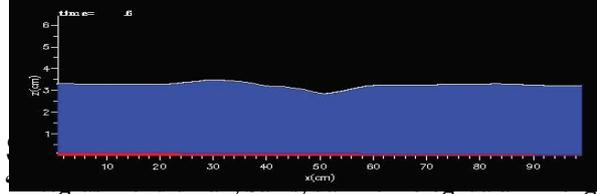
Komputasi aliran dan dasar saluran pada awalnya digunakan untuk meneliti efek turbulensi aliran dengan menggunakan sistem koordinat kurva dengan batas yang bisa bergerak (Ichiro dkk, 2010). Setelah itu Model numerik aliran dan pengangkutan sedimen telah dikembangkan dalam saluran meandering digunakan untuk menghitung kecepatan kedalaman rata-rata yang diturunkan dari persamaan kontinuitas dan persamaan momentum. Komputasi tersebut menunjukkan bahwa metode numerik bisa digunakan untuk memodelkan saluran dengan menggabungkan kecepatan rata-rata kedalaman dan topografi dasar aliran (Patsinghasane dkk, 2014).

Komputasi aliran turbulen dan evolusi kemiringan saluran juga diteliti di laboratorium. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengoreksi adanya aliran turbulen pada ruas saluran yang berbentuk sinus. Komputasi digunakan pada simulasi pada saluran bisa diselesaikan secara akurat menggunakan model numerik (Jennifer, 2004). Pengembangan komputasi untuk membuat prediksi aliran dari saluran lurus dengan telah dilakukan dengan mendekati kondisi sebenarnya. Komputasi 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 komputasi ketinggian air.



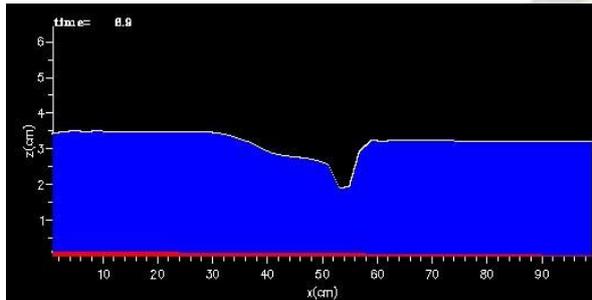
Gambar 4. Animasi $f(h)$ pada $t=0$

Hasil animasi $f(h)$ dengan menggunakan kondisi awal memperlihatkan tinggi muka air dari dasar saluran 3,3 meter seperti gambar 4. Perubahan muka air mulai terlihat turun pada detik 0,6 dengan kedalaman air 3 meter di bagian saluran yang lebih sempit seperti gambar 5.



Gambar 5. Animasi $f(h)$ pada $t=0,6$ detik

Hasil animasi yang menggunakan persamaan kubik dan teknik pemisahan menunjukkan penurunan maksimum muka air sebesar 2 meter pada jarak 0,5 m dari (daerah yang menyempit) pada gambar 6. Penurunan muka air terjadi stabil dari detik 8,9 meter sampai detik ke 19,9.



Gambar 6. Animasi muka air mulai stabil dengan penurunan kedalaman maks

Animasi muka air pada komputasi dengan teknik pemisahan dibagian hulu (ujung saluran) dan dibagian hilir memperlihatkan visualisasi dinamis perubahan kedalaman dari 3,3 meter menjadi 3,4 meter.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan variasi lebar saluran pada saluran terbuka dengan menggunakan teknik pemisahan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil komputasi memperlihatkan animasi dinamis kedalaman muka air selama 19,9 detik
2. Hasil komputasi penurunan dimulai pada detik 0,6 dengan penurunan muka air di saluran yang menyempit sebesar 0,3 meter
3. Hasil komputasi memperlihatkan bahwa animasi mulai terjadi penurunan maksimum 1,5 meter pada detik ke 8,9
4. Hasil komputasi menunjukkan kestabilan perubahan kedalaman dari 3,3 meter menjadi 3,4 meter

DAFTAR PUSTAKA

Chunming Fang, Jixin Mao and Wen Lu, 2005, 2D Depth-Averaged Sediment Transport Model taken into Account of Bend Flows. *US-China Workshop on Advanced Computational Modelling in Hydrosience and Engineering*, September 19-21, Oxford, Mississippi, USA

Cullen, M. J. P., 1990, A test of a semi-implicit integration technique for a fully compressible non-hydrostatic model. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 116, 1253–1258.

Dudhia, 1993, A nonhydrostatic version of the Penn State–NCAR Mesoscale Model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front. *Mon. Wea. Rev.* 128, 901–914.

Hodur, R.M., 1997, The Naval Research Laboratory Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System (COAMPS). *Mon. Wea. Rev.* 125, 1414–1430.

Md. Baharul Islam, Arif Ahmed, Md. Kabirul Islam² and Abu Kalam Shamsuddin², 2014, Child Education Through Animation: An Experimental Study, *International Journal of Computer Graphics & Animation (IJCGA)* Vol.4, No.4, October 2014

Ichiro K., Shiniciro O., Takashi H. and Yasuyuki S., 2010, Computations of suspended sediment transport in a shallow side-cavity using depth-averaged 2D models with effects of secondary currents, *Journal of Hydro-environment Research* 4 (2010) pp. 153-161

Isabel Hwang, Michael Tam, Shun Leung Lam and Paul Lam, 2012, Review of Use of Animation as a Supplementary Learning Material of Physiology Content in Four Academic Years, *The Electronic Journal of e-Learning* Volume 10 Issue 4, 2012, pp368,

Jennifer G. Duan, 2004, Simulation of Flow and Mass Dispersion in Meandering Channels. *Journal of Hydraulic Engineering ASCE*.

Patsinghasanee, S., Kimura, I., Shimizu, Y., and Hasegawa, K. Computational modelling of bank erosion by a 2D depth averaged model under homogeneous and heterogeneous condition. *Proc. of the 19th IAHR APD Congress 2014*, Hanoi, Vietnam, 2014.

Sowder, J. (1992). Estimation and number sense. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. (pp. 371-389). New York: Macmillan Publishing Company

Trafton (1986) Teaching computational estimation: Establishing an estimation mind-set. In H. L. Shoen & W. J. Zweng (Eds.), *Estimation and mental computation – 1986 year book* (pp. 16-

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “
17 NOVEMBER 2019

30). VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Yang, D.C. (2000). Method that elementary school grade-6 students use in answering common number sense items. *Chinese Journal of Science Education*, 8 (4), 379-394.

Yang, D.C. (2001). Study of elementary school higher grade students number common sense rating scale compilation. *Chinese Journal of Science Education*, 9 (4), 351-374.

