

PENGARUH DIAMETER LUBANG, JARAK LUBANG, DAN POSISI LUBANG FLUIDISASI DENGAN ALIRAN PERMUKAAN PADA METODE FLUIDISASI

Influence of Perforation diameter, Distance and Position on Bed Fluidization Method with Current

Budi Dharma¹, Nur Yuwono², Nizam²

Program Studi Teknik Sipil
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

Problem on river mouth and navigation channel is caused by sediment accumulation on the river mouth and navigation channel. Sedimentation pattern and process on river estuary and navigation channel are influenced by bed sediment, current, and marine hydro dynamic. Remedial solution that is generally performed is relatively expensive. Fluidization method can be an economical alternative for overcoming the problem on river mouth and navigation channel. The goal of this research is to evaluate the influence of fluidization variables such as perforation diameter (d_f), perforation distance (a) and perforation position (α), on the fluidization system.

The research with physical model test was carried out at Hydraulic and Hydrology Laboratory, Research Centre for Engineering Science Gadjah Mada University. It comprises of three studies : fluidization basic study, influence among parameters, and case study on Sambong estuary. Basic research of fluidization was conducted using variation of sediment thickness (d_b), tube diameter (D). The effect among parameters was investigated by varying perforation diameter (d_f), perforation distance (a), perforation position (α), and sediment thickness (d_b). The case study on Sambong estuary was conducted using scale model of 1:12 .

¹ Tanjung Tengah, Lintau Buo, Tanah Datar, Sumatera Barat.

² Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

From basic research it could be concluded that pressure height needed for fluidization was approximately equal to the sediment thickness, in fluidization tube. But in real problem, where the pipe is laid horizontally under river bed mouth, the minimum pressure needed is as high as 12 times the sediment thickness. In the research river mouth of Sambong, fluidization may be used depending on capacity and head of pump, and flow available that the main consideration in the design of fluidisation system, because suspended sediment will be still in suspension if there is no current/flow to carry the suspension to a lower level area.

Key words : *Fluidization, river mouth, navigation channel.*

PENGANTAR

Permasalahan muara-muara sungai adalah pendangkalan/ penutupan muara sungai oleh sedimen (pasir) yang terutama berasal dari laut. Pendangkalan itu menyebabkan ketidak-lancaran pembuangan debit ke laut sehingga terjadi luapan air di daerah hulu. Untuk menanggulangi masalah itu perlu dilakukan penanganan supaya sedimen yang masuk ke muara sungai tidak mengganggu pembuangan debit ke laut. Proses dan pola sedimentasi di muara dan alur pelayaran dipengaruhi oleh sedimen dasar, arus, dan hidrodinamika laut. Sedimentasi yang terjadi di alur pelayaran akan mengurangi kedalaman alur sehingga kapal-kapal tidak dapat berlabuh tambat di kolam pelabuhan

Pendangkalan yang terjadi di muara sungai disebabkan oleh angkutan sedimen yang cukup banyak dan debitnya sangat fluktuatif, sehingga kemampuan mengangkut sedimen, terutama pada saat debit kecil, sangat rendah. Pendangkalan ini akan diperparah oleh angkutan sedimen menyusur pantai (*longshore sediment transport*) cukup besar.

Selama ini untuk mengatasi masalah pendangkalan dilakukan : pengerukan, pembangunan *jetty*, bangunan ambang bawah air (*Under water sill*) yang memerlukan biaya besar. Karen itu, dalam hal ini Departemen Perikanan dan Kelautan mengadakan proyek penelitian dalam mengatasi masalah pendangkalan dengan metoda fluidisasi yang menggunakan prinsip mengagitasi (mengusik) sedimen dengan pipa berlubang yang ditanam di dasar saluran (di bawah sedimen). Metode ini menggunakan sistem jaringan pipa berlubang yang

dipasang di dasar alur dan dilengkapi dengan pompa air untuk memberikan tekanan. Pancaran air yang keluar melalui lubang sepanjang pipa diharapkan dapat mengaduk material dasar sungai dengan proses fluidisasi. Dengan adanya proses ini maka material itu akan sangat mudah terbawa arus (arus sungai atau pasang surut) ke laut lepas.

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran lubang (d_f), jarak lubang (a), posisi lubang (α) terhadap efek fluidisasi, dan tinggi tekanan yang dibutuhkan dengan variasi ketebalan sedimen (d_b).

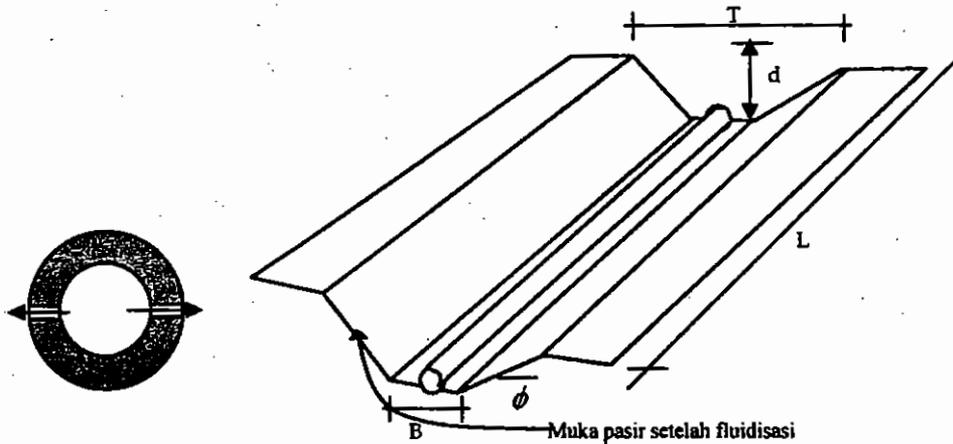
Hasil penelitian ini diharapkan akan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan menambah kajian tentang fluidisasi, melanjutkan penelitian sebelumnya, dan merangsang penelitian selanjutnya, untuk mengetahui kelayakan metode fluidisasi.

Metode Fluidisasi di Bidang Rekayasa Sipil

Dalam sistem fluidisasi, bentuk geometri alur selain dipengaruhi oleh kepadatan sedimen dan sifat-sifat fisis sedimen lainnya, juga dipengaruhi oleh parameter-parameter aliran melalui pipa (aliran saluran tertutup). Parameter-parameter aliran itu adalah diameter pipa (D), diameter lubang (d_f), jarak lubang (a), posisi lubang (α), debit fluidisasi (Q_f), dan tinggi tekanan (p).

a. Proses Pembentukan Alur

Metode fluidisasi dilakukan dengan menggunakan pipa yang disebut pipa *fluidizer* yaitu sebuah pipa yang bermulut banyak/*manifold* (*manifold*) yang berfungsi menciptakan aliran keluar yang seragam melalui lubang-lubang (*perforasi*) dengan diameter yang diperlukan, ditentukan untuk memberikan ujung hidrolis (*hydraulic head*) yang cukup konstan sepanjang pipa fluidizer (Mc Nown, 1953 dalam Weisman dan Lennon, 1994).



Gambar 1. Sketsa Metode fluidisasi

Metoda fluidisasi yang dijelaskan pada gambar 1 adalah dengan memompa air ke dalam sebuah pipa berlubang (horizontal) yang ditanam di bawah pasir dengan kedalaman penanaman d_b , dan diharapkan air itu memancar keluar lubang-lubang (*perforasi*) pada pipa itu.

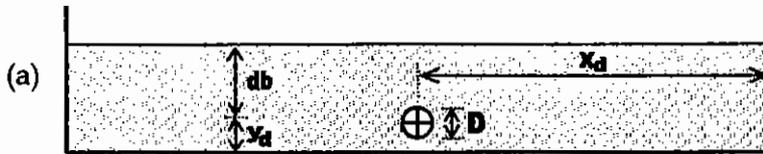
Prinsip dasar fluidisasi adalah mengubah sedimen padat menjadi fluid. Sedimen yang terusik hingga terfluidisasi akan mengalir secara gravitasi ke area yang lebih rendah. Bagian yang ditinggalkan merupakan lubang yang bermanfaat untuk berbagai hal (Triatmadja, 2001). Bila daerah yang difluidisasi berupa garis, maka akan terbentuk alur dengan panjang, lebar dan kedalaman tertentu dan dapat diaplikasikan untuk membuka lidah pasir di muara sungai atau menjaga kedalaman alur pelayaran oleh adanya sedimentasi.

Penelitian laboratorium yang dilakukan oleh Weisman dan Lennon (1994) untuk lubang-lubang yang berlawanan secara horizontal, menghasilkan ukuran lubang optimun adalah antara 3,175 mm - 4,763 mm dengan spasi jarak antar lubang 2,54 cm - 5,08 cm. Air dengan tekanan dialirkan melalui pipa itu dan menyembur ke luar melalui lubang kecil pada pipa (dibuat horizontal) pada sisi kiri dan sisi kanan. Weisman dan Lennon memberikan hasil percobaan untuk berbagai ukuran lubang, kedalaman pasir di atas pipa, ukuran butir pasir, debit aliran awal (fluidisasi awal), debit aliran saat fluidisasi penuh, dan tekanan dalam pipa.

Proses fluidisasi akan melalui lima tahapan, seperti yang diuraikan oleh Weisman dan Lennon (1994) sebagai berikut.

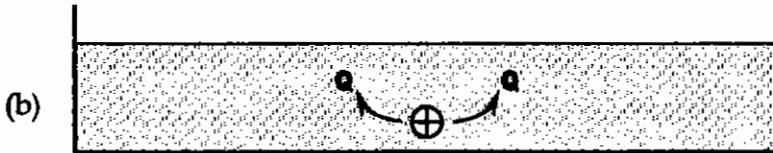
Pra fluidisasi

Jika kecepatan aliran melalui lubang perforasi cukup lambat, maka sedimen (pasir) tidak akan terganggu, air mengalir melalui sela-sela material dan tidak terjadi fluidisasi.



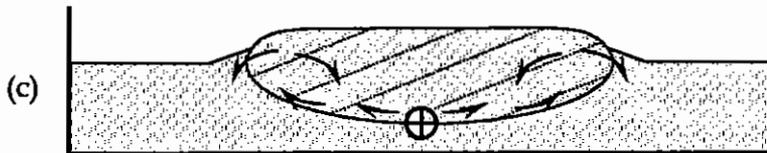
Awal Fluidisasi

Bila aliran air dipercepat, akan terjadi pengembangan volume pasir di sekitar lubang perforasi. Keadaan ini merupakan awal proses fluidisasi.



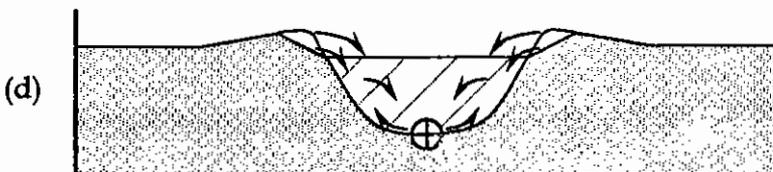
Fluidisasi Penuh

Kalau aliran diatur lebih cepat dari kondisi (b), maka akan terjadi gerakan pasir (material sedimen) di sekitar lobang perforasi dan membentuk *slurry* di atas pipa.



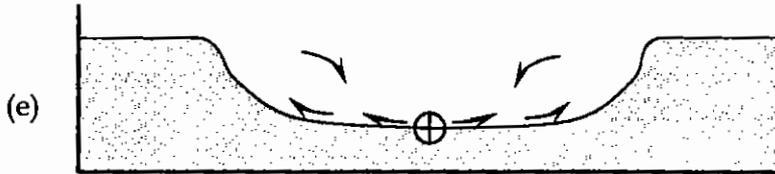
Pembuangan Slurry

Jika daerah di atas pipa telah terfluidisasi sempurna maka *slurry* padat dengan mudah, dihilangkan oleh aliran (misalnya oleh aliran debit sungai atau arus pasang surut).



Erosi Pancaran Aliran

Jika *slurry* terbuang/terpindahkan semua, maka akan nampak gerusan di sekitar pipa dan terdapat lubang perforasi.



Gambar 2. Tahap proses fluidisasi

b. Diameter Lubang dan Jarak antara Lubang

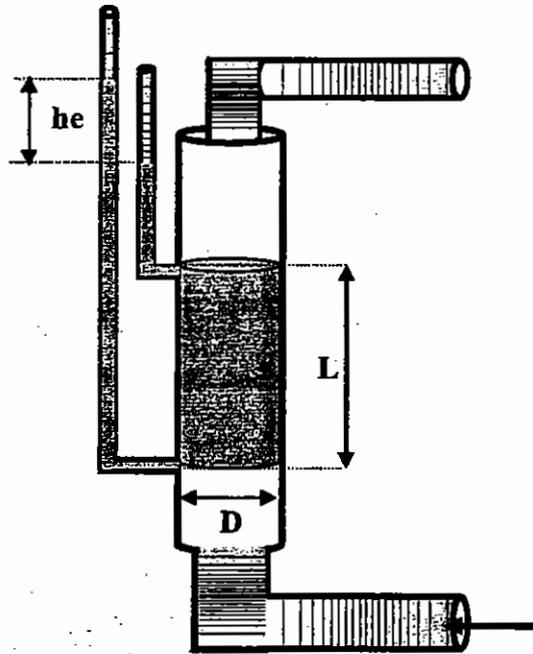
Orientasi lubang direkomendasikan berlawanan secara horizontal (Weisman & Lennon, 1994), karena ada dua alasan yang mendasari, yaitu :

1. daerah fluidisasi terlebar dicapai dengan lubang yang berlawanan arah secara horizontal,
2. pipa yang lubangnya menunjuk ke arah atas akan cenderung tersumbat pasir bila tidak digunakan, dan pipa dengan lubang menunjuk ke arah bawah akan cenderung memendam diri.

CARA PENELITIAN

1. Penelitian Dasar Fluidisasi

Penelitian dasar mekanisme fluidisasi, dimaksudkan untuk mempelajari proses dasar fluidisasi, yaitu untuk mengetahui pada tekanan dan kecepatan aliran berapa fluidisasi itu dapat terjadi. Penelitian dilakukan dengan pipa transparan seperti pada Gambar 3. Pada penelitian ini akan diteliti beberapa parameter yang berpengaruh diantaranya adalah tinggi material atau sedimen (L), Diameter pipa Akrilik (D), Gradasi pasir yang dipergunakan (G_d), Berat jenis pasir (γ), dan Debit air (Q).



Gambar 3. Sketsa penelitian dasar fluidisasi

Tabel 1. Rancangan Simulasi Penelitian dasar fluidisasi

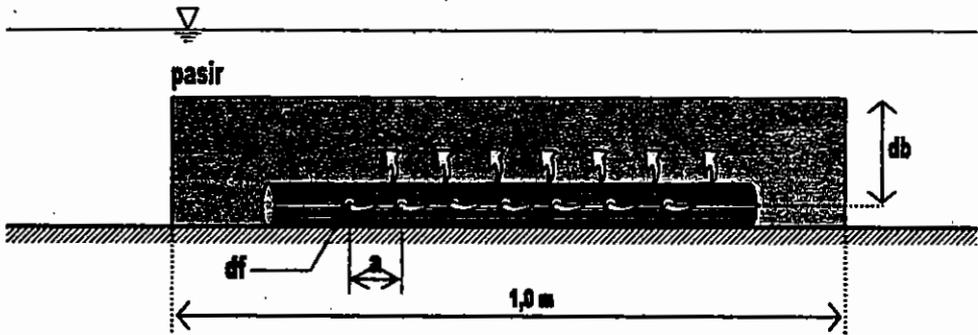
Model	Variasi diameter tabung	Variasi Ketebalan sedimen
A.Gd1	8,89 cm dan 6,81 cm	20, 30 dan 40 cm
B.Gd2	8,89 cm dan 6,81 cm	20,30 dan 40 cm

2. Penelitian Pengaruh antara Parameter

Penelitian pengaruh antara parameter ini, dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh ukuran lubang, jarak lubang, dan posisi lubang fluidisasi terhadap efek fluidisasi dan tinggi tekanan yang dibutuhkan.

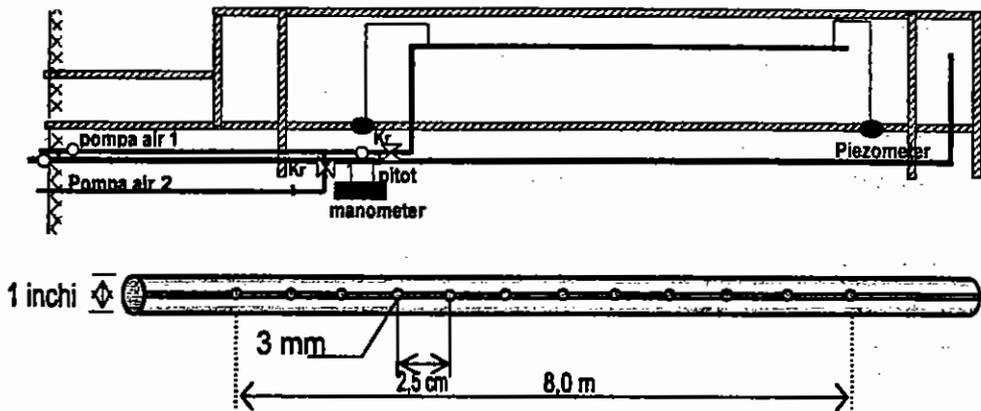
Tabel 2. Rancangan simulasi Penelitian pengaruh antara parameter

Model	Penempatan Lubang	Variasi Ketebalan Sedimen	Variasi Diameter Lubang	Variasi Jarak Antar Lubang	Kondisi Sedimen
2FD1	Horizontal	10;15;20;30; 40 cm	2;3;4 mm	2.5;5;7.5; 10 cm	Kering
2FD2	Horizontal	10;15;20 cm	2;3;4 mm	2.5;5;7.5; 10 cm	Basah
2FD3	Sudut 30	10;20;30; 40 cm	3;4;5 mm	2.5;5 cm	Kering

Gambar 4. Sketsa penelitian pengaruh jarak dan diameter lubang fluidisasi terhadap efek fluidisasi dan tinggi tekanan (*head*)

3. Studi Kasus Fluidisasi Muara Sambong

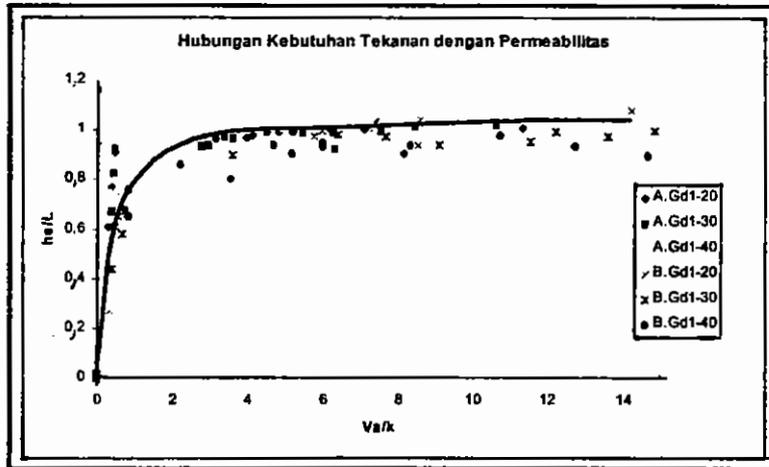
Cara perancangan, pembuatan dan uji model sama dengan penelitian pengaruh antara parameter di atas. Sketsa model muara Sambong ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Sketsa Model Muara Sambong Skala 1:12

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penelitian Dasar Fluidisasi

Gambar 6. Hubungan V_a/k dengan he/L

Fluidisasi terjadi ketika nilai he/L mulai konstan. Gambar 6 memperlihatkan nilai he/L adalah sekitar 1, ketika fluidisasi mulai terjadi (grafik mulai konstan). Nilai $he/L=1$ berarti tinggi tekanan yang dibutuhkan untuk fluidisasi adalah kira-kira sama dengan tebal sedimen. Tetapi perlu diingat, keadaan ini berlaku untuk fluidisasi dalam tabung pipa (*fluidisation apparatus*). Untuk fluidisasi bukan

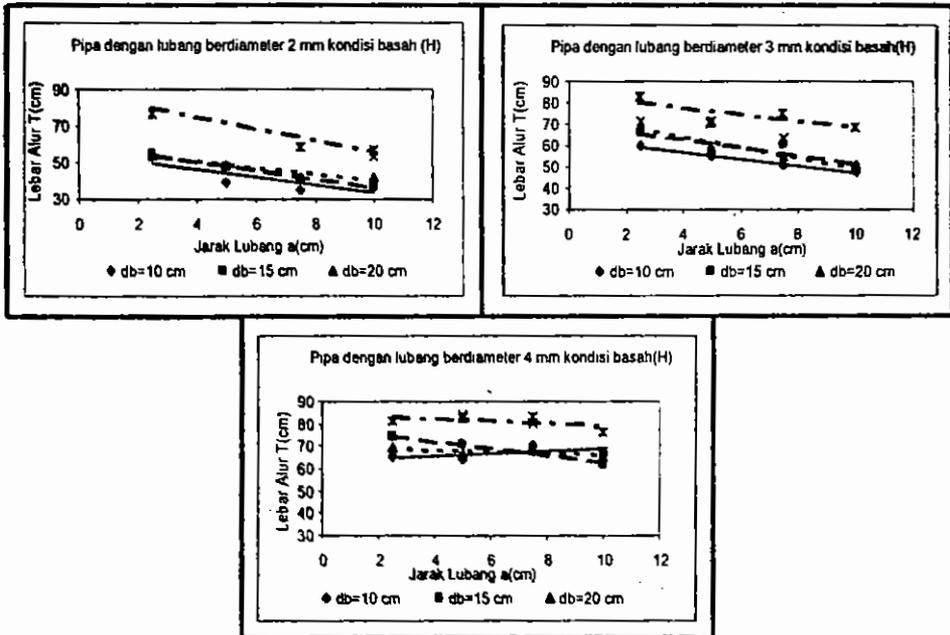
dalam tabung, tinggi tekanan yang diperlukan untuk terjadi fluidisasi lebih besar dari tebal sedimen atau nilai h_e/L lebih dari 1.

2. Pengaruh antara Parameter

a. Pengaruh Diameter dan Jarak Lubang Fluidisasi

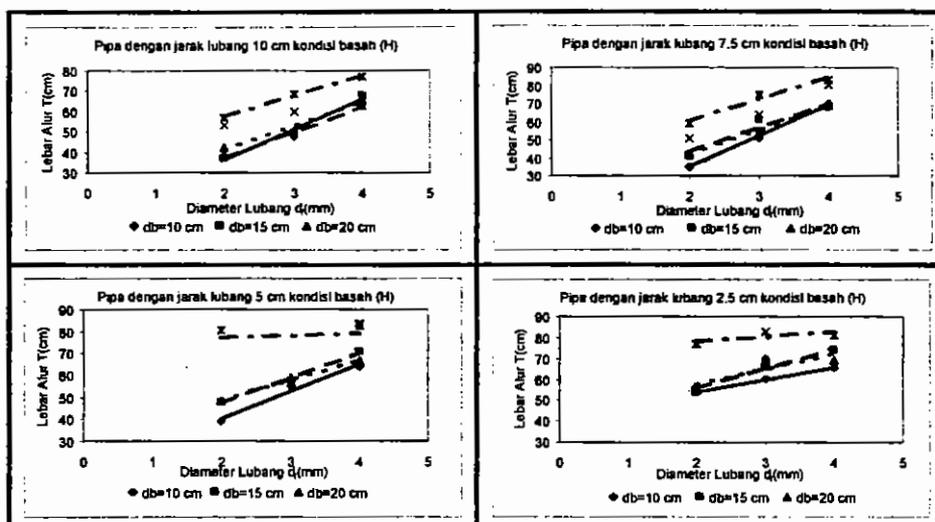
Penelitian dasar ini adalah untuk mengetahui pengaruh diameter lubang perforasi (d_i), jarak lubang (a), dan posisi lubang fluidisasi (α) terhadap proses fluidisasi. Variasi pada penelitian ini dilakukan pada parameter-parameter, seperti debit fluidisasi (Q_f), kepadatan sedimen (γ_K), dan ketebalan sedimen (d_b).

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara kerapatan jarak lubang perforasi (a) dengan lebar alur yang dihasilkan (T) pada setiap ketebalan sedimen yang divariasikan. Dari grafik hubungan antara T dan a , terlihat bahwa dengan semakin rapatnya jarak lubang (a) menghasilkan lebar alur yang semakin besar (T) pada setiap variasi ketebalan sedimen.



Gambar 7. Hubungan antara lebar alur (T) dengan jarak antara lubang (a)

Gambar 8 menunjukkan hubungan antara lebar alur yang dihasilkan (T) dengan diameter lubang (d_i) pada setiap ketebalan sedimen yang divariasikan. Dari grafik hubungan antara T dan d_i , terlihat bahwa dengan semakin besar diameter lubang (d_i) lebar alur yang dihasilkan semakin besar (T).

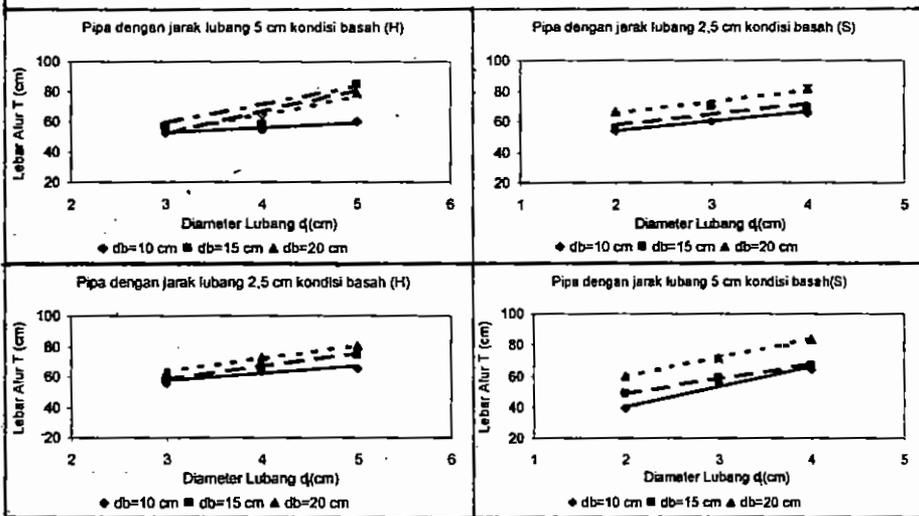


Gambar 8. Hubungan antara lebar alur (T) dengan diameter lubang

Gambar 7 dan Gambar 8 menjelaskan bahwa perbedaan lebar alur yang terbentuk berdasarkan variasi diameter lubang (d_i) dan jarak antar lubang (a) memberikan hasil bahwa lubang dengan diameter 2 mm memberikan hasil lebar alur relatif kurang baik, sedangkan lubang dengan diameter 3 dan 4 mm memberikan lebar alur yang relatif baik dengan hasil maksimal dicapai dengan lubang yang diameternya 4 mm. Namun, perlu diingat lubang dengan diameter yang relatif lebih besar, untuk mendapatkan tinggi tekanan yang dibutuhkan, diperlukan debit pompa yang besar pula. Berdasarkan gambar 8 dan pengamatan secara simulasi, pipa dengan diameter lubang 3 mm menunjukkan hasil lebar alur yang relatif lebih efektif.

b. Pengaruh Posisi lubang fluidisasi

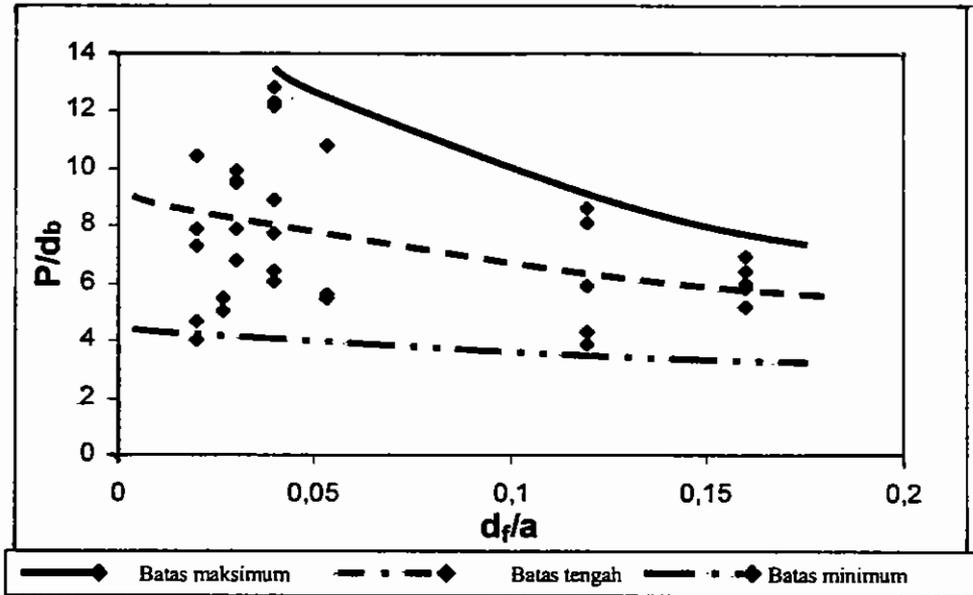
Penempatan posisi lubang fluidisasi berpengaruh terhadap lebar dan kedalaman alur yang terbentuk dari proses fluidisasi. Pada Gambar 9 dengan posisi horizontal menghasilkan lebar alur yang lebih lebar dari pada posisi lubang dengan sudut 30°.



Gambar 9. Pengaruh jarak lubang (a) dengan lebar alur (T) dengan posisi horizontal dan sudut 30°

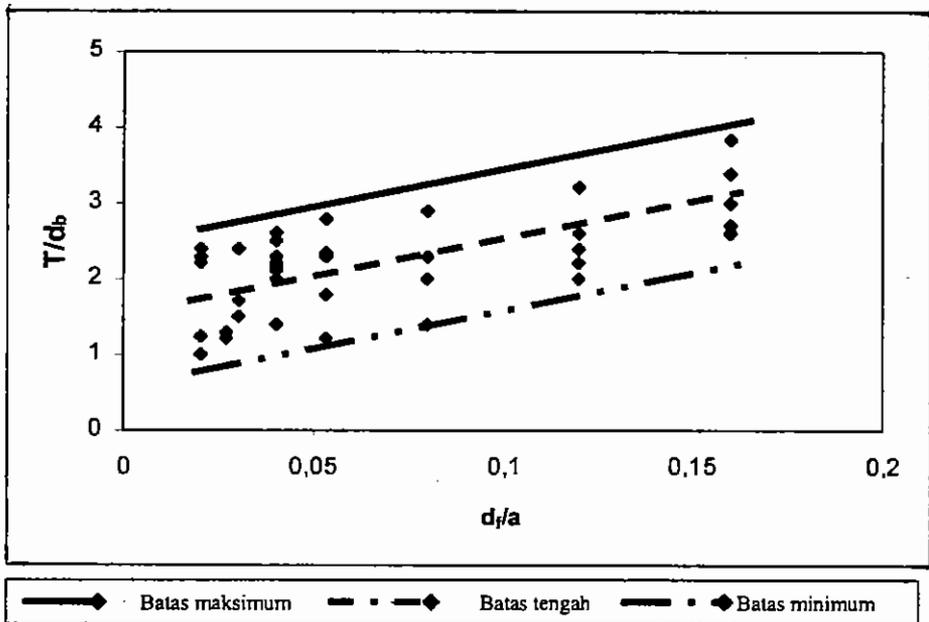
c. Tekanan yang dibutuhkan untuk mencapai Fluidisasi

Tekanan sangat menentukan terjadinya fluidisasi sehingga diperlukan pompa untuk menaikkan tekanan atau energi. Dengan pompa maka tinggi tekanan dapat dinaikkan sehingga sistem dapat mensuplai air. Tekanan fluidisasi juga dipengaruhi oleh diameter lubang (d_f), Jarak lubang (a), posisi lubang (α), dan tebal pasir (d_b).



Gambar 10. Pengaruh diameter lubang/jarak antar lubang (d_f/a) dengan tekanan di hulu/tebal pasir (P_1/d_b) dengan posisi lubang horizontal (dan basah) dan sudut 30° (kondisi basah).

Gambar 10 menjelaskan pengaruh diameter lubang/jarak antar lubang (d_f/a) dengan Tekanan di hulu/tebal pasir (P_1/d_b) yang terbentuk dari proses fluidisasi dengan kondisi kering dan basah pada proses fluidisasi penuh. Dari grafik hubungan antara d_f/a dengan P_1/d_b , terlihat bahwa dengan semakin besar jarak antar lubang (a) atau semakin kecil diameter lubang fluidisasi (d_f), dibutuhkan tekanan yang semakin tinggi untuk mendapatkan kondisi fluidisasi.



Gambar 11. Pengaruh diameter lubang/jarak antar lubang(d_t/a) dengan lebar alur/tebal pasir(T/d_b) dengan posisi lubang horizontal (basah) dan sudut 30° (kondisi kering).

Gambar 11 menjelaskan hubungan diameter lubang/jarak antar lubang(d_t/a) dengan Lebar alur/tebal pasir (T/d_b) yang terbentuk dari proses fluidisasi dengan kondisi kering pada proses fluidisasi penuh. Dari grafik hubungan antara d_t/a dengan T/d_b , terlihat bahwa dengan semakin besar jarak antara lubang (a) atau semakin kecil diameter lubang fluidisasi (d_t), maka lebar alur (T) cenderung semakin kecil.

Fluidisasi untuk pendangkalan muara Sambong memerlukan pompa dengan daya 26,58 kW, tetapi lebih efektif dan relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan pengerukan atau membuat (membangun) struktur ambang bawah air, karena:

- a. lebih mudah perawatannya,
- b. mobilisasinya lebih mudah dan murah,
- c. membutuhkan tenaga operator yang lebih sedikit.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil analisis data simulasi model dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari grafik hubungan V_a/k dengan h_e/L terlihat bahwa sebelum kecepatan aliran mencapai kehilangan tekanan kritis saat awal fluidisasi, sedimen padat masih belum mengembang. Namun, setelah kehilangan tekanan kritis tercapai, maka sedimen akan terangkat dan berubah menjadi suspensi.

2. Posisi lubang fluidisasi memberikan pengaruh bahwa dengan posisi lubang horizontal menghasilkan lebar alur yang lebar bila dibandingkan dengan posisi lubang dengan sudut 30° .

3. Dari grafik hubungan d_f/a dengan P/d_b terlihat bahwa dengan semakin besar jarak lubang (a) atau semakin kecil diameter lubang (d_f), dibutuhkan tekanan (P) yang semakin tinggi untuk mendapatkan kondisi fluidisasi.

4. Dari grafik hubungan d_f/a dengan T/d_b tampak bahwa dengan semakin besar jarak lubang (a) atau semakin kecil diameter lubang (d_f), maka akan terjadi kecenderungan untuk mendapatkan lebar alur (T) yang lebih kecil..

5. Fluidisasi untuk pendangkalan muara Sambong memerlukan pompa dengan daya 26,58 kW, tetapi lebih efektif dan relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan pengerukan atau membuat (membangun) struktur ambang bawah air, karena:

- d. lebih mudah perawatannya,
- e. mobilisasinya lebih mudah dan murah,
- f. membutuhkan tenaga operator yang lebih sedikit.

2. Saran

1. Adanya penelitian lanjutan untuk variasi diameter lubang pada satu pipa supaya tekanan di hulu sama dengan di hilir sehingga sama-sama membuka alur ini, sehingga mempercepat terjadinya proses fluidisasi.

2. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan variasi ukuran butiran dan posisi lubang fluidisasi.

3. Seringnya sedimen masuk ke dalam pipa menyebabkan tersumbatnya air untuk keluar dari lubang. Sebab itu, perlu kajian lebih lanjut cara untuk mengatasi masuknya *slurry* ke dalam pipa fluidisasi.

4. Adanya penelitian pengaruh aliran permukaan/ arus atau gelombang sangat diperlukan untuk membantu mengalirkan sedimen yang sudah tersuspensi ke daerah dengan elevasi lebih rendah.

5. Diperlukan juga penelitian tentang kekuatan angker yang akan menahan pipa dan ketahanannya terhadap kondisi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ni'am, M. F., 2002, *Simulasi Fluidisasi Dasar pada Saluran dengan Aliran Permukaan untuk Perawatan Muara dan Alur Pelayaran*, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nelly Yulius, 2003, *Menguji pengaruh diameter lubang, jarak lubang dan posisi lubang pada metode fluidisasi, tanpa aliran permukaan*, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- PS IT UGM, 2002, *Penanggulangan Sedimentasi di Pelabuhan Perikanan Muara Sungai dengan Cara Fluidisasi*, Pusat Studi Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta bekerjasama dengan Pusat Riset Teknologi Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Triatmadja R, 2001, *Fluidisasi Dasar sebagai Alternatif Metoda Perawatan Muara Sungai dan Alur Pelayaran*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Pantai, PSIT-UGM, pp.94
- Weisman, R. N., Lennon, G. P., 1994, *Design of Fluidizer System for Coastal Environment*, Journal of Waterway - Port - Coastal and Ocean Engineering, Vol. 120, No.5, pp.468