

## KAJIAN MODEL FISIK RAMBATAN BANJIR DI SEKITAR BANGUNAN AKIBAT DAMBREAK

VITTA PRATIWI  
Progam Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Universitas Komputer Indonesia

*Model fisik mengenai rambatan banjir disekitar bangunan akibat dam-break merupakan hal yang menarik untuk dikaji, karena kerusakan yang ditimbulkan oleh dam-break berhubungan dengan hilangnya nyawa manusia dan kerusakan infrastruktur yang mendukung kehidupan manusia. Pembuatan model fisik di laboratorium diharapkan dapat memberikan gambaran langsung mengenai rambatan banjir di sekitar bangunan akibat dam-break. Model fisik rambatan banjir ini akan sangat berguna untuk menilai layak atau tidaknya situ/embung dengan bangunan yang padat di sekitarnya. Penilaian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk merancang ulang situ/embung sebagai bagian dari mitigasi bencana.*

*Eksperimen yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa model fisik rambatan banjir akibat dam-break di sekitar bangunan. Untuk mendapatkan simulasi dam-break, digunakan pintu (gate) yang dibuka tiba-tiba, sedangkan model bangunan disimulasikan dengan balok kayu yang ditempatkan 3 m di depan pintu. Simulasi dilakukan dengan beberapa konfigurasi bangunan yaitu: tanpa bangunan, 1 bangunan persegi posisi tegak, 2 bangunan persegi sejajar dengan posisi tegak, yang semuanya di running dengan menggunakan debit tetap.*

*Kata kunci : model fisik, dam-break, banjir, bangunan.*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan jumlah penduduk yang sangat besar sehingga kebutuhan akan air bersih menjadi masalah utama dalam pembangunan. Oleh karena itu Indonesia perlu infrastruktur yang layak untuk menjamin pasokan kebutuhan air sepanjang tahun. Alternatif infrastruktur pasokan air adalah situ/embung, yang merupakan danau kecil. Pada musim hujan situ/embung akan menjadi penyimpanan sementara air hujan untuk mencegah banjir. Pada musim kemarau situ/embung akan menyediakan air yang telah disimpan pada musim hujan. Situ atau embung lebih disukai daripada reservoir karena lebih

membangun baik dari segi sosial, ekonomi maupun lingkungan.

Karena keuntungannya ada banyak situ/embung yang dibangun terutama di Jakarta sebagai ibukota dengan jumlah penduduk yang padat. Permasalahan muncul ketika Dam Break terjadi di situ/embung yang menjadikan bencana. Salah satunya adalah bencana Situ Gintung yang terjadi pada maret 2009. Dam Break dapat menyebabkan kerusakan besar di hilir sungai, baik dari segi kehidupan yang hilang dan rusaknya infrastruktur maupun properti. Kasus-kasus banjir besar di daerah pemukiman memiliki beberapa masalah yang perlu ditelaah lebih lanjut. Arah aliran yang terjadi tidak lagi sepenuhnya bergantung pada kondisi

topografi lahan, karena adanya bangunan-bangunan yang menghalangi arah aliran. Aliran yang terjadi berubah arah karena membentur bangunan. Pemodelan bangunan pada kasus banjir pemukiman ini merupakan suatu tantangan tersendiri dalam pemodelan banjir.



Gambar 1 Dam Break Situ Gintung

Peristiwa ini memerlukan kajian ilmiah, pemodelan fisik adalah salah satu cara yang dilakukan untuk memahami rambatan banjir ini. Walaupun demikian perkembangan model fisik Dam Break masih jauh dari sempurna karena banyaknya parameter yang mempengaruhi. Untuk itu dilakukan pendekatan-pendekatan konseptual untuk memperkecil jumlah parameter yang mempengaruhi. Pendekatan-pendekatan ini memerlukan validasi yang cukup yang berupa informasi kecepatan dan tinggi air yang terdistribusi di domain rambatan. Kajian model fisik merupakan salah satu langkah untuk memperoleh informasi dengan melakukan running model di laboratorium.

Pembuatan model fisik di laboratorium diharapkan dapat memberikan gambaran langsung mengenai rambatan banjir di sekitar bangunan akibat Dam Break. Model fisik rambatan banjir ini akan sangat berguna untuk menilai layak atau tidaknya situ/embung dengan bangunan yang padat di sekitarnya. Penilaian ini dapat digunakan untuk mengambil pertimbangan untuk me-

rancang ulang situ/embung sebagai bagian dari mitigasi bencana.

#### TINJAUAN PUSTAKA

##### Aliran Saluran Terbuka

Air merupakan salah satu fluida dalam bentuk cairan. Sebagai suatu fluida air digolongkan sebagai fluida cair yang tidak mampu mampat (incompressible). Salah satu sifat air sebagai fluida adalah tidak mampu menahan tegangan geser sehingga apabila ada gaya yang bekerja pada air maka air tersebut akan bergerak. Aliran di saluran terbuka diakibatkan oleh adanya gaya yang bekerja pada massa air. Gaya tersebut dapat berupa gaya hidrostatik, gaya berat air itu sendiri ataupun gaya yang bekerja pada permukaan.

##### Tinjauan Kecepatan

Untuk melakukan analisa berdasarkan tinjauan kecepatan didasarkan pada beberapa persamaan saluran terbuka sebagai berikut yaitu :

##### Persamaan Kontinuitas

Pada saluran terbuka dengan debit dianggap seragam untuk sepanjang saluran

$$Q_1 = Q_2$$

maka

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Jika  $A_1 > A_2$  maka  $v_2 > v_1$

Dimana :

A : Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

v : kecepatan (m<sup>2</sup>/s)

##### Bilangan Reynold

Aliran pada saluran terbuka dapat diklasifikasikan berdasarkan pengaruh kekentalan fluida (viskositas) dan gaya gravitasi (g). Perbandingan yang disebabkan oleh gaya inersia, gravitasi dan kekentalan disebut sebagai bilangan Reynold

$$Re = \frac{v}{\nu \cdot l} \quad (Re) \text{ ditulis sebagai berikut :}$$

Dimana :

$v$  : Kecepatan rata-rata aliran ( $m^2/s$ )

$l$  : Panjang karakteristik

:  $h$  untuk aliran terbuka

:  $D$  untuk aliran tertutup

$\nu$  : viskositas kinematik ( $m^2/s$ )

Jika  $Re$  kecil maka aliran akan meluncur diatas lapisan lain yang dikenal sebagai aliran laminer dan jika aliran tersebut tidak terdapat garis edar tertentu yang dapat dilihat maka aliran tersebut disebut aliran turbulen. Pada aliran laminer yang diganggu dengan adanya bangunan akan timbul *wake* dimana aliran dihilir bangunan merupakan aliran turbulen. Dengan teori aliran potensial (dikembangkan oleh Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang).

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = \text{tetap}$$

Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan.

Ludwig Prandtl menjelaskan bahwa terbatasnya viskositas fluida terdapat difusi momentum dalam aliran ini bangunan dengan sisi-sisinya melawan dan memperlambat aliran terdekat di suatu daerah disebut lapisan batas. Hal ini menghasilkan penurunan tekanan kecil di bangunan dalam arah aliran. Sisa dari daerah aliran jauh dari bangunan mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi, dan medan aliran dalam situasi ini masih laminar

### Persamaan Manning

Persamaan Manning menyatakan:

$$V = \frac{k}{n} R_h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Dimana :

$V$  : Kecepatan rata-rata

$k$  : konstan konversi sebesar 1,486 untuk

unit US atau 1,0 untuk unit SI

$n$  : Koefisien Manning

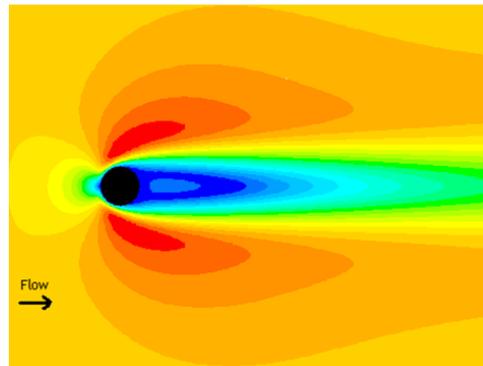
$R$  : Jari – jari hidraulik (m)

$S$  : Kemiringan permukaan air atau hidraulik headloss

$$S = (h_f / L)$$

### Wake

Dalam mekanika fluida, *wake* adalah perubahan aliran dihilir bangunan akibat terganggu dengan adanya benda padat yang dilalui sebuah fluida. Aliran fluida disekitar benda padat berubah dari aliran laminar menjadi turbulen di belakang bangunan. Perubahan aliran ini dipengaruhi oleh bilangan reynold. Untuk aliran lambat dengan  $Re = 40$  aliran disekitar bangunan hampir simetris seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2

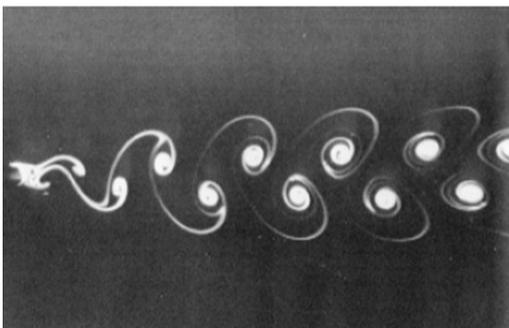
Simulasi aliran yang melewati silinder dengan  $Re = 40$

Dengan teori aliran potensial (dikembangkan oleh Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu silinder bertemu kembali di hilir silinder. Ludwig Prandtl berhasil menjelaskan bahwa terbatasnya viskositas fluida terdapat difusi momentum dalam aliran ini lalu silinder dengan dinding silinder melawan dan memperlambat aliran terdekat di suatu daerah disebut lapisan batas. Hal ini menghasilkan penurunan

tekanan kecil di silinder dalam arah aliran. Sisa dari daerah aliran jauh dari silinder mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi. Namun, medan aliran dalam situasi ini masih laminar.

Kenaikan bilangan reynold dari 40 - 100 maka terjadi perubahan aliran dimana daerah aliran dekat permukaan silinder mulai untuk memisahkan hilir dari atas dan bawah bagian silang lingkaran. Dua pusaran sirkulasi ditempatkan simetris di belakang silinder mengembang dan pakakan bangun dari silinder dengan vortisitas. Aliran laminar stabil di sekitar silinder untuk  $Re < 40$  seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas, ketika  $Re$  meningkat, berubah menjadi jenis lain aliran laminar, salah satu yang goyah dengan bangun osilasi periodik berangkat dari bagian belakang silinder. Ketidakstabilan ini dapat diperkirakan dari analisis perturbasi oleh linearizing dari persamaan Navier Stokes.

Meningkatkan  $Re$  lebih lanjut, untuk  $Re > 100$ , hasil dalam pemisahan goyah dari lapisan batas kental yang melapisi permukaan silinder. Terjadi perubahan waktu ejections periodik vortisitas dari bagian atas dan bawah bagian silang lingkaran dari silinder. Fenomena ini disebut pusaran Karman (Karman vortex).

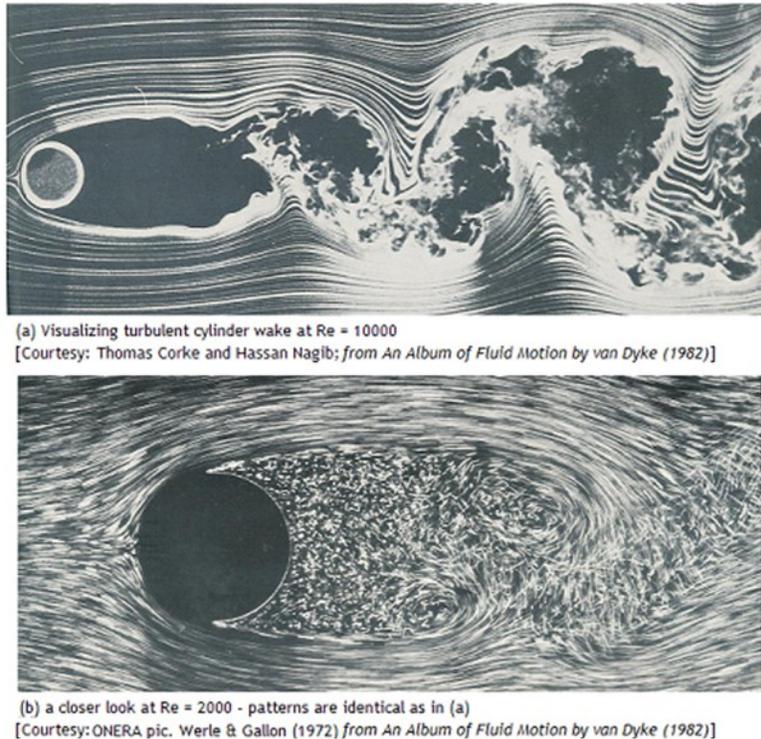


Gambar 3.  
Karman vortex dibelakang silinder pada aliran seragam  $Re = 300$

Meningkatnya bilangan reynold lebih lanjut, turbulensi terlihat untuk mengatur di di bangun jauh, akibat dari ketidakstabilan di vortisitas Karman. Meningkatnya  $Re$  turbulensi mencapai silinder dari hilir dan ketika mencapai  $Re$  dalam ribuan setelah seluruh belakang silinder yang bergolak. aliran pada dasarnya adalah aperiodik tetapi tetap mempertahankan sisa-sisa vortisitas periodik. Pada  $Re$  tinggi aliran di dalam membangunkan menjadi turbulen tetapi aliran rata-rata sekitar tubuh dan bangun masih laminar seperti terlihat pada gambar di bawah. Sebuah wilayah turbulensi berbutir halus terlihat segera sebelah belakang silinder seperti yang ditunjukkan pada gambar kedua di bawah. Selanjutnya hilir sebuah vortisitas spasial yang lebih besar lebih terorganisasi ada. Menariknya, di luar pusaran, aliran tetap laminar. Hal ini menunjukkan baik laminar dan aliran turbulen dapat hidup berdampingan dan bahkan spasial alternatif dalam konfigurasi ini. Lapisan batas yang melekat pada silinder yang tetap laminar sementara semua ketidakstabilan tersebut memicu fenomena yang terjadi hilir. Sebagai  $Re$  meningkat lebih lanjut, ini lapisan batas transisi dari laminar menjadi turbulen terjadi lebih lanjut dan lebih lanjut hulu di silinder.

Gaya seret yang bekerja pada permukaan suatu benda seperti silinder terdiri dari komponen tekanan dan sebuah (viskositas) komponen gesekan. Komponen tekanan diarahkan normal ke permukaan benda sedangkan komponen friksi diarahkan paralel ke permukaan benda. Biasanya gaya seret yang bekerja menggambarkan komponen tekanan saja, karena komponen ini dominan untuk ukuran benda kecil, efek gesekan diperoleh dari perhitungan koefisien seret. Aplikasi dari Persamaan Bernoulli sepanjang garis arus pada titik awal silinder (titik s) diperoleh:

$$\frac{u_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\rho g} + z_0 = \frac{u_s^2}{2g} + \frac{p_s}{\rho g} + z_s$$



Gambar 4 Aliran dibelakang silinder pada Re = 2000 dan 10000

Jika  $u_s = 0$  dan  $z_0 = z_s$ , maka

$$\rho_s - \rho_0 = \frac{1}{2} \rho u_0^2$$

Persamaan diatas menggambarkan bahwa pada titik awal silinder terjadi overpressure dan di hilir silinder terjadi underpressure. Persamaan gaya seret menjadi

$$F_d = C_D \cdot \frac{1}{2} \rho u_0^2 \cdot A$$

Dimana :

$C_D$  : Drag Coefficient (koefisien seret)

$U_0$  : Kecepatan awal sebelum aliran terganggu akibat adanya benda (m/s)

$A$  : Luas saluran (m<sup>2</sup>)

$\rho$  : kerapatan aliran (kg/m<sup>3</sup>)

Jika benda bergerak saat kecepatan  $u_1$  dengan  $u_1 > u_0$ , maka kecepatan relatif

$$v = u_0 - u_1$$

Koefisien seret (Drag Coefficient) tergantung pada

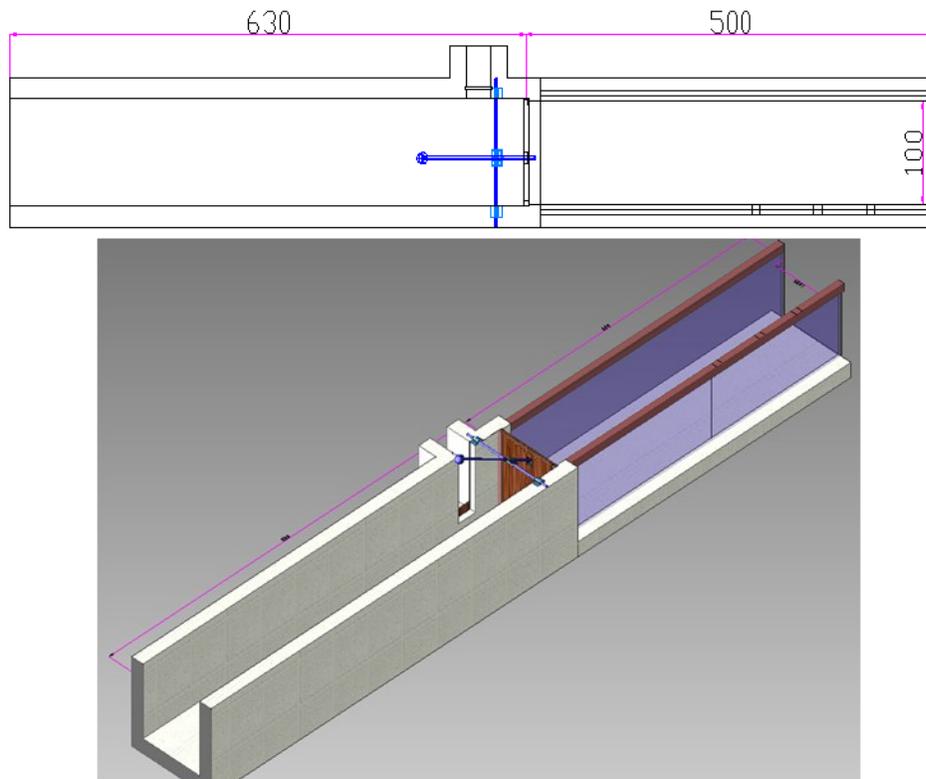
- Bentuk bangunan
- Kekasaran bangunan

Tipe karakteristik aliran berdasarkan bilangan reynold

#### PERALATAN DAN BAHAN

##### Saluran

Saluran yang digunakan dalam penelitian ini berupa saluran ber dinding kaca dengan dasar dari *fiberglass*, panjang as saluran dari hulu ke hilir adalah 11,3 m dengan lebar saluran 1 m. Saluran ini secara



Gambar 6 Model Saluran

berturut-turut dari hulu ke hilir terdiri dari 2 bagian yaitu :

1. Reservoir dengan panjang as saluran 6,3 m
2. Flume dengan panjang as saluran 5 m

#### Material Dasar Saluran

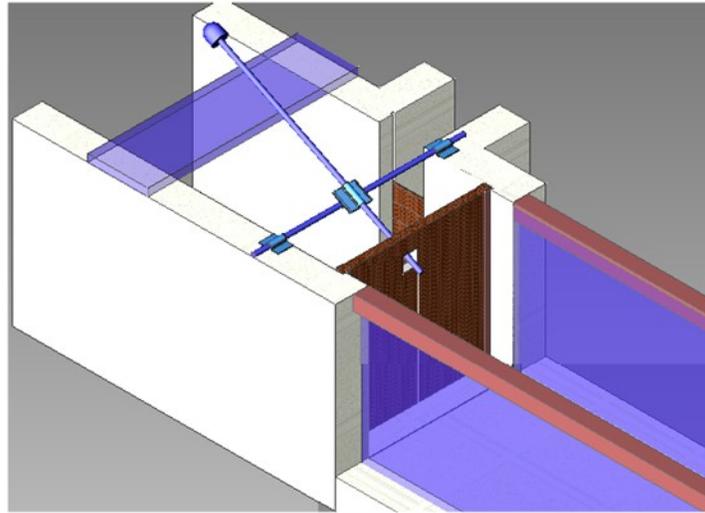
Dinding saluran dibuat dari kaca untuk memudahkan pengamatan terutama pengamatan tinggi muka air dan memudahkan proses pengambilan gambar profil aliran dari samping. Sedangkan dasar saluran dibuat dari fiberglass untuk menghilangkan factor gesekan dari dasar saluran, dimana  $n$  Manning fiberglass 0,010 yang dianggap kecil sekali sehingga pengaruh gesekan bias diabaikan.

#### Reservoir

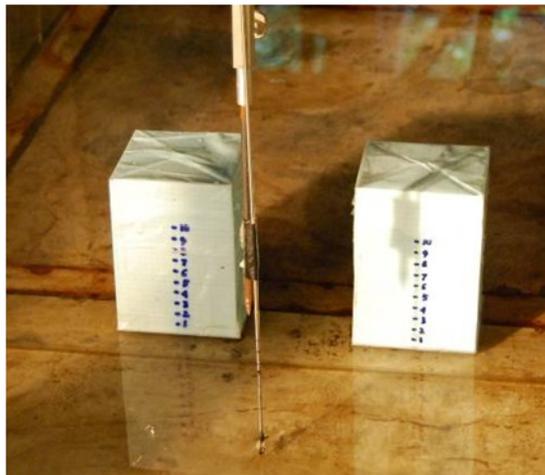
Reservoir merupakan tampungan air yang digunakan untuk menampung air sebelum pintu dibuka tiba-tiba. Ketinggian muka air di reservoir adalah 10 cm, ketinggian muka air di reservoir ditahan dengan menggunakan pelimpah samping, jika ketinggian muka air melebihi 10 cm maka air akan melimpang ke saluran pembuang di samping flume.

#### Pintu

Proses *Dambreak* dalam penelitian ini dilakukan dengan mekanisme pembukaan pintu secara tiba-tiba. Pintu dibuka dengan sistem pengungkit dimana pintu dibuka seluruhnya atau ketinggian muka air di reservoir lebih kecil dibanding bukaan pintu.



Gambar 7 Mekanisme Bukaan Pintu dengan pengungkit



Gambar 8 Prototipe Bangunan

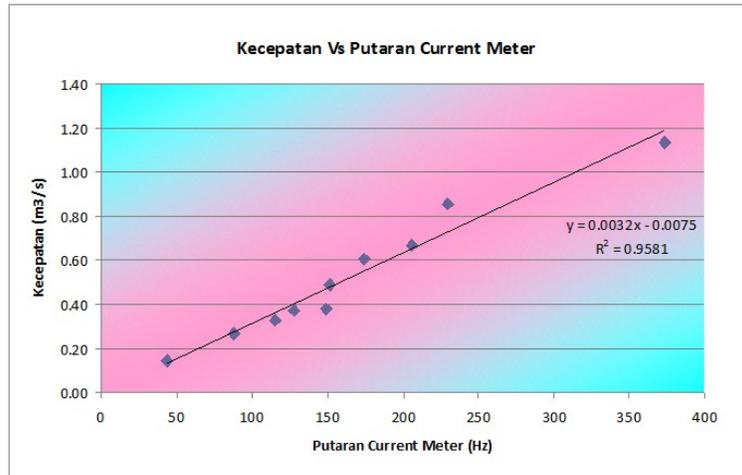
#### Bahan dan Ukuran Bangunan

Bangunan terbuat dari balok kayu dengan ukuran 10 x 10 x 15 cm untuk tipe 1 bangunan dan 2 bangunan

#### Alat Ukur Kecepatan (Current Meter)

Alat ukur kecepatan yang digunakan adalah sebuah *current meter* yang menggunakan kipas (*fan*), sebuah mesin penghitung (*counter*) yang menghitung intensitas

putaran dalam satuan Hz dan *data logger* sebagai perekam data yang mencatat data dari waktu ke waktu dan memindahkannya dalam bentuk data yang di baca oleh komputer dalam satuan volt. Jenis kipas *current meter* yang digunakan adalah *low speed* (No. Seri alat : B8713), *counter* digital yang digunakan adalah *streamflow-430*, sedangkan untuk *data logger* (*DataQ*, no seri alat : DI-710) Untuk memeriksa hubungan antara intensitas putaran dengan kecepatan terukur terlebih dahulu dilakukan



Gambar 9 Kalibrasi Putaran Current Meter dan Benda Apung

perbandingan pembacaan antara kipas *low speed* dan benda apung. Konversi awal harga kecepatan untuk current meter disesuaikan dengan hasil dari data logger yang memiliki satuan volt yang di ubah ke satuan Hz dimana 1 volt = 60 Hz. Sedangkan harga kecepatan untuk benda apung di ukur dengan menggunakan *stop watch*. Pengujian dilakukan pada flume dengan ukuran lebar 0,08 m dan panjang 8 m, yang dilengkapi dengan venturi meter dan piezo meter untuk mengukur debit

Gambar 9 berikut ini adalah grafik hasil kalibrasi kecepatan putaran *current meter low speed* (Hz) terhadap kecepatan benda apung.

**Alat Ukur Tinggi Muka Air**

Karena keterbatasan alat untuk pengukuran tinggi muka air menggunakan kamera video yang dipasang di depan bangunan yang telah di beri mistar ataupun kertas block milimeter.

**Alat Ukur Waktu**

Alat ukur yang digunakan adalah *stopwatch digital* dengan ketelitian hingga 0,01 detik.

**Pompa**

Pompa digunakan untuk menaikkan air dari

saluran penampung yang berada di sekeliling laboratorium ke saluran pengatur.

**Peralatan Bantu**

- Peralatan Bantu yang di perlukan adalah :
- Komputer/Laptop sebagai pencatat data
  - Kamera dan video kamera
  - Mistar

**PENGUKURAN DAN PENGAMATAN**

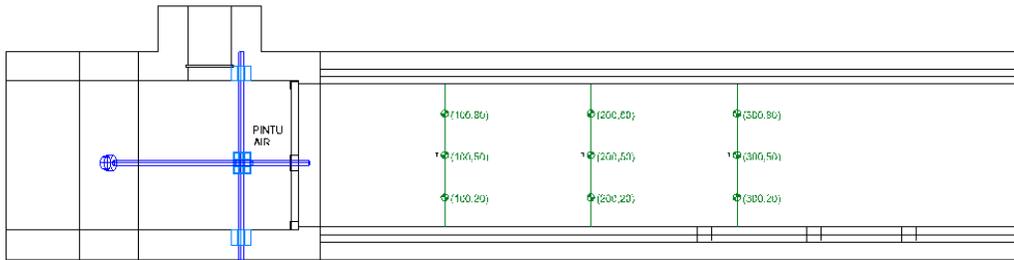
**Skenario Pengukuran**

Pengukuran dalam model fisik rambatan banjir diantara bangunan akibat *Dam-break* ini dilakukan dalam beberapa skenario konfigurasi bangunan, antara lain :

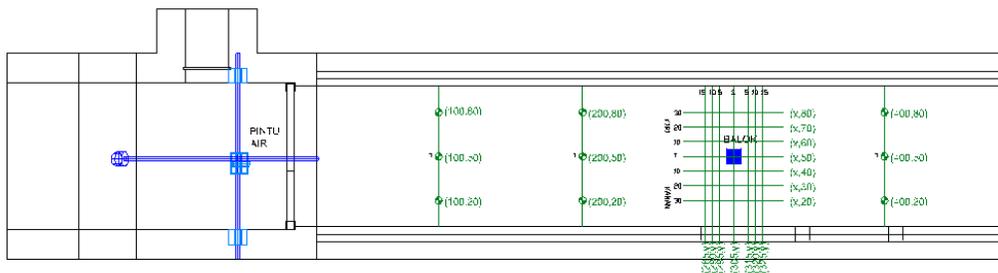
- Tanpa bangunan
- Bangunan 1
- Bangunan 2

**Pengukuran Kecepatan**

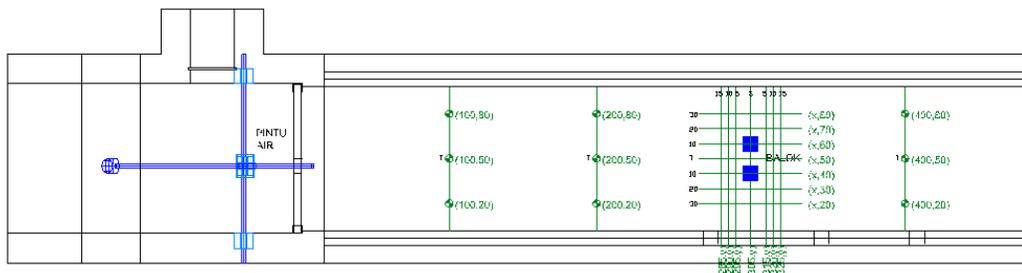
Alat ukur kecepatan yang digunakan adalah sebuah *current meter* yang menggunakan kipas (fan), sebuah mesin penghitung (counter) yang menghitung intensitas putaran dalam satuan Hz dan data logger sebagai perekam data yang mencatat data dari waktu ke waktu dan memindahkannya dalam bentuk data yang



Gambar 10 Titik Pengamatan pada Saluran dengan Tanpa Bangunan



Gambar 11 Titik Pengamatan pada Saluran dengan Bangunan 1



Gambar 12 Titik Pengamatan pada Saluran dengan Bangunan 2

di baca oleh komputer dalam satuan volt. Pengukuran kecepatan dilakukan dari awal bukaan pintu sampai current meter sudah tidak membaca ada kecepatan pada titik yang diamati. Dalam analisa hasil pengukuran kecepatan yang digunakan hanya 60 detik dari keseluruhan *running model*, hal ini dikarenakan keterbatasan *current meter*, dimana *current meter* dianggap valid jika tinggi muka air yang diukur diatas ukuran kipas (*fan*), karena

kipas (*fan*) berukuran 1,5 cm maka tinggi muka air yang diukur dan dianggap valid nilainya adalah jika diatas 1,5 cm yang diperoleh pada detik ke 60.

Pengukuran kecepatan di lakukan pada titik-titik pada Gambar –gambar 10-2.

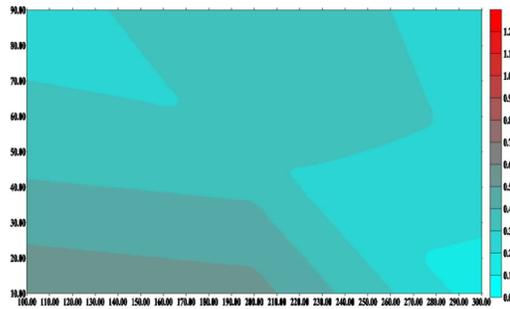
**ANALISA DAN HASIL PERCOBAAN**

Percobaan telah dilakukan dalam berbagai tipe konfigurasi bangunan dengan debit tetap, hasil dari percobaan ini dianalisa berdasarkan tinjauan kecepatan adalah sebagai berikut:

**Percobaan Tanpa Bangunan**

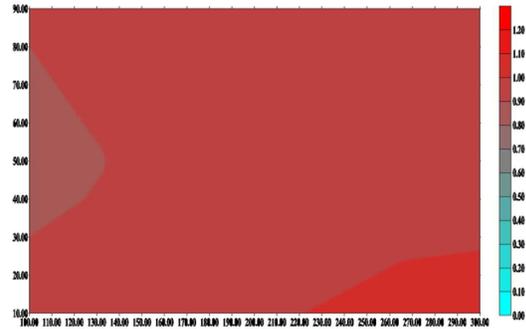
Percobaan rambatan banjir akibat Dambreak pada kondisi tanpa bangunan bertujuan untuk mengetahui profil aliran sebelum dipengaruhi oleh adanya bangunan.

Dari pengamatan terhadap profil kecepatan dapat dilakukan analisa sebagai berikut :



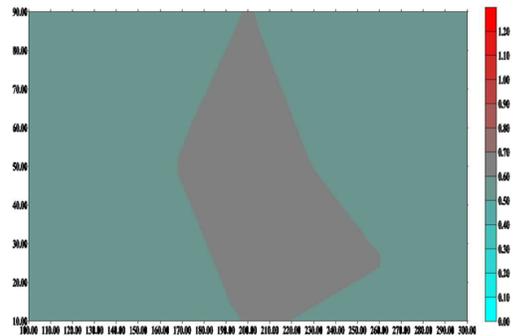
Gambar 13  
Profil kecepatan kondisi tanpa bangunan t = 1

Pada detik pertama kecepatan yang masuk tidak merata dimana pada sisi kanan saluran memiliki kecepatan lebih tinggi dibandingkan sisi sebelah kiri saluran. Hal ini di akibatkan oleh pengaruh perbedaan dasar saluran dimana kondisi saluran miring ke arah kanan. Berdasarkan persamaan manning yang disebutkan diatas diketahui bahwa akibat perbedaan kemiringan saluran (S) maka berbeda pula kecepatan yang dihasilkan, dimana semakin besar kemiringan maka semakin besar pula kecepatan demikian pula sebaliknya.



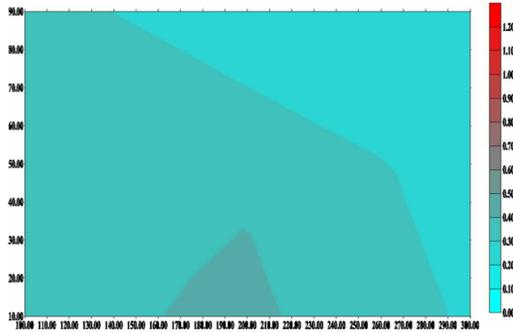
Gambar 14  
Profil kecepatan kondisi tanpa bangunan t = 5

Pada t = 5 kecepatan dihilir mulai berkurang sedangkan kecepatan dihilir mengalami kenaikan, hal ini karena pengaruh dambreak akibat bukaan pintu secara tiba-tiba mulai berkurang. Berdasarkan persamaan momentum dimana kecepatan berubah terhadap waktu, begitu pula perubahan kecepatan akibat bukaan pintu dimana terjadi kecepatan maksimum pada detik awal running dan mulai berubah berdasarkan waktu sesuai dengan rambatan aliran.



Gambar 15  
Profil kecepatan kondisi tanpa bangunan t = 17

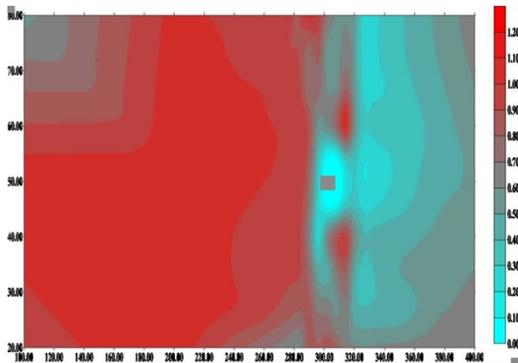
Pada t = 17 kecepatan hampir sama terjadi baik dari hulu maupun hilir, hal ini dikarenakan aliran yang terjadi adalah aliran steady dimana ketinggian muka air di hulu dan hilir hampir sama.



Gambar 16  
 Profil kecepatan kondisi  
 tanpa bangunan t = 35

Pada  $t = 35$  kecepatan mulai menurun dari hulu maupun di hilir, karena perubahan volume air dari hilir ke hulu, perubahan volume terhadap waktu menyebabkan perubahan kecepatan terhadap waktu pula. Jika tinggi muka air di hilir menurun maka kecepatan pun akan menurun dan terus menurun dari waktu ke waktu.

**Percobaan Bangunan 1**

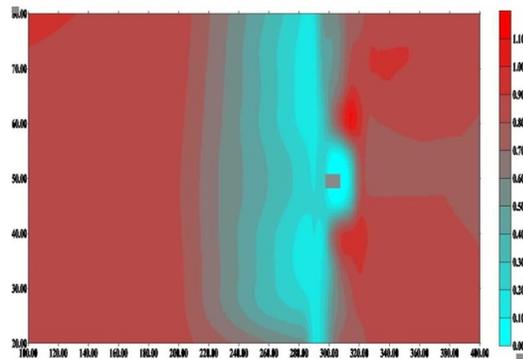


Gambar 17  
 Profil Kecepatan Kondisi Bangunan 1 t = 2

Pada  $t = 2$  kecepatan mulai bertambah dari detik pertama akibat adanya perubahan volume air dari reservoir

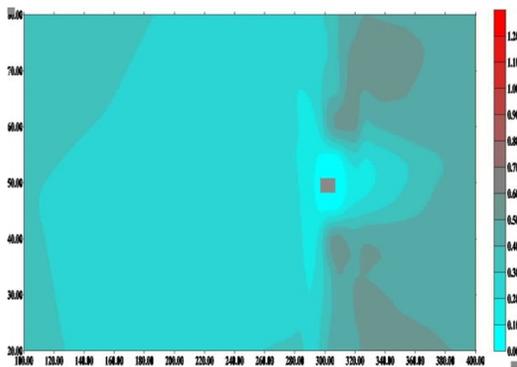
terhadap waktu yang menyebabkan perubahan kecepatan pula terhadap waktu yang mulai meninggi pada detik 2 setelah ada perubahan bukaan pintu yang secara tiba-tiba. Pada aliran laminar yang diganggu dengan adanya bangunan akan timbul *wake* dimana aliran dihilir bangunan merupakan aliran turbulen. Dengan teori aliran potensial (Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan.

Ludwig Prandtl menjelaskan bahwa terbatasnya viskositas fluida terdapat difusi momentum dalam aliran ini lalu bangunan dengan sisi-sisinya melawan dan memperlambat aliran terdekat di suatu daerah disebut lapisan batas. Hal ini menghasilkan penurunan tekanan kecil di bangunan dalam arah aliran. Sisa dari daerah aliran jauh dari bangunan mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi, dan medan aliran dalam situasi ini masih laminar. Kenaikan kecepatan di kanan dan kiri bangunan diakibatkan oleh adanya perubahan luasan saluran akibat adanya bangunan, berdasarkan persamaan kontinuitas maka Jika  $A_1 > A_2$  maka  $v_2 > v_1$ .



Gambar 18  
 Profil Kecepatan Kondisi Bangunan 1 t = 7

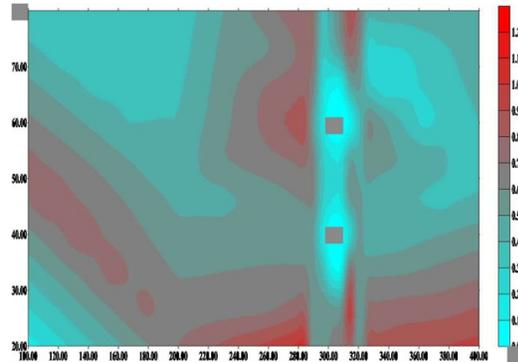
Pada  $t = 7$  ada perubahan arah kecepatan menuju hulu akibat adanya back water setelah menabrak bangunan. Akibat adanya backwater ini juga terjadi perubahan ketinggian muka air di depan bangunan ke arah hulu sehingga menyebabkan pula perubahan kecepatan ke arah hulu. Pada bangunan 1 awal terjadinya backwater terjadi pada detik ke 7 dengan luas pengaruh back water hingga 1 meter depan bangunan. Karena sisi bangunan 1 yang tertabrak aliran tidak begitu besar maka waktu yang diperlukan pun lebih lama yaitu pada detik ke 7.



Gambar 19  
Profil Kecepatan Kondisi Bangunan 1  $t = 26$

Pada  $t = 26$  Dengan teori aliran potensial (Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan. Garis-garis teratur ini membentuk daerah pengaruh wake yang cukup luas hingga 1 m di belakang bangunan dan setelah pengaruhnya hilang maka aliran akan kembali laminar karena sisa dari daerah aliran yang jauh dari bangunan mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi, dan medan aliran sehingga aliran kembali laminar.

### Percobaan Bangunan 2

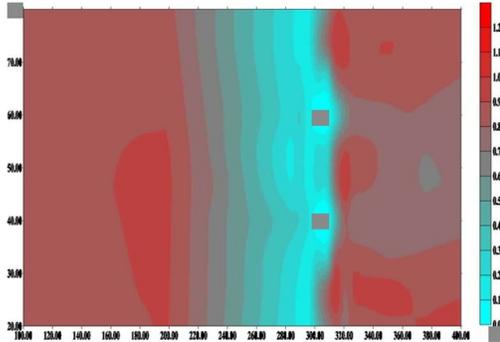


Gambar 20  
Profil Kecepatan Kondisi Bangunan 2  $t = 2$

Pada  $t = 2$  kecepatan mulai bertambah dari detik pertama akibat adanya perubahan volume air dari reservoir terhadap waktu yang menyebabkan perubahan kecepatan pula terhadap waktu yang mulai meninggi pada detik 2 setelah ada perubahan bukaan pintu yang secara tiba-tiba. Pada aliran laminar yang diganggu dengan adanya bangunan akan timbul wake dimana aliran dihilir bangunan merupakan aliran turbulen. Dengan teori aliran potensial (Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan.

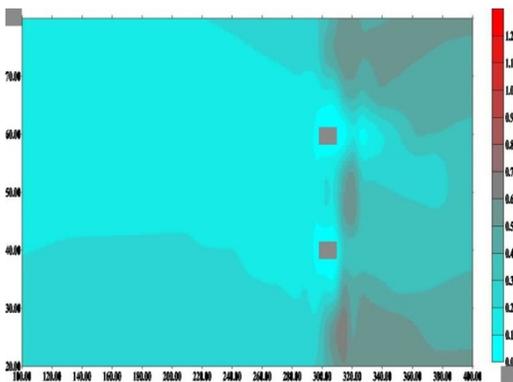
Ludwig Prandtl menjelaskan bahwa terbatasnya viskositas fluida terdapat difusi momentum dalam aliran ini lalu bangunan dengan sisi-sisinya melawan dan memperlambat aliran terdekat di suatu daerah disebut lapisan batas. Hal ini menghasilkan penurunan tekanan kecil di bangunan dalam arah aliran. Sisa dari daerah aliran yang jauh dari bangunan mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi, dan medan aliran dalam situasi ini masih laminar. Kenaikan kecepatan di kanan, kiri dan tengah bangunan diakibatkan oleh adanya perubahan luasan saluran akibat adanya

bangunan, berdasarkan persamaan kontinuitas maka Jika  $A_1 > A_2$  maka  $v_2 > v_1$ .



Gambar 21  
Profil Kecepatan Kondisi Bangunan 2 t = 5

Pada  $t = 5$  ada perubahan arah kecepatan menuju hulu akibat adanya back water setelah menabrak bangunan. Akibat adanya backwater ini juga terjadi perubahan ketinggian muka air di depan bangunan ke arah hulu sehingga menyebabkan pula perubahan kecepatan ke arah hulu. Pada bangunan 2 awal terjadinya backwater terjadi pada detik ke 5 dengan luas pengaruh back water hingga 1 meter depan bangunan. Karena sisi bangunan 2 yang tertabrak aliran lebih besar dibanding bangunan 1 maka waktu yang diperlukan pun lebih pendek yaitu pada detik ke 5.



Gambar 22  
Profil Kecepatan Kondisi Bangunan 2 t = 23

Pada  $t = 23$  Dengan teori aliran potensial (Euler dan Daniel Bernoulli), dimana aliran diperlakukan *inviscid* (viskositas kurang). Garis arus terpisah di hulu bangunan bertemu kembali di hilir bangunan. Garis-garis teratur ini membentuk daerah pengaruh wake yang kecil hanya 0.5 m di belakang bangunan dan setelah pengaruhnya hilang maka aliran akan kembali laminar karena sisa dari daerah aliran yang jauh dari bangunan mempertahankan kecepatan arus identik di semua lokasi, dan medan aliran sehingga aliran kembali laminar. Namun dibandingkan pada bangunan 1 pengaruh wake pada bangunan 2 tidak sebesar pada bangunan 1, hal ini diakibatkan karena antar bangunan saling meniadakan pengaruh. Timbulnya lapisan batas akibat difusi momentum aliran untuk kedua bangunan menyebabkan lapisan batas saling mempengaruhi dan saling meniadakan.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil profil kecepatan adalah sebagai berikut :

- Untuk keseluruhan tipe bangunan pengaruh akibat bangunan terjadi pada 50 cm depan bangunan dan hampir 1 m belakang bangunan khususnya untuk bangunan 1 dan bangunan 2 karena memiliki pengaruh wake yang cukup besar
- Detik 1 dan 2 running kecepatan tertinggi pada hulu saluran, pada detik ke 5 hingga ke 7 terjadi back water yang diperlihatkan dengan adanya pergerakan perubahan kecepatan ke arah hulu, setelah detik ke 20 kecepatan tertinggi ada pada hilir saluran dan titik di kanan kiri bangunan atau titik diantara bangunan karena adanya perubahan dimensi saluran akibat adanya bangunan.
- Untuk tipe bangunan 1 memiliki pengaruh wake yang sangat besar karena pengaruh wake ini tidak ada yang menetralkan seperti pada tipe bangunan 2 dimana

energi yang terjadi saling meniadakan sehingga menyebabkan pengaruh dari wake tidak cukup besar.

- Waktu terjadinya backwater pada bangunan 1 terjadi pada detik ke 7 dan bangunan 2 terjadi pada detik ke 5. Perbedaan waktu terjadinya backwater karena pengaruh besarnya luas penampang sisi bangunan yang tertumbuk oleh aliran. Semakin besar sisi permukaan yang tertumbuk aliran maka waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya backwater semakin kecil.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ven Te Chow (1959): *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Inc., University of Illinois, 4, 38.
- B. Noel, S. Soares Frazao dan Y. Zech (2005): Computation of The 'Isolated Building Test Case' and The 'Model City Experiment' Benchmarks, *Universite Catholique de Louvain*, Belgium.
- S. Soares Frazao, N. Le Grelle dan Y. Zech (2003): Dam-break flow experiment in idealised representation of complex topography and urban area, *Universite Catholique de Louvain*, Belgium.
- Guido Testa, dkk. (2007): Flash flood flow experiment in a simplified urban district, *International Association of Hydraulic Engineer and Research*, Journal of hydraulic research vol 45 extra issue (2007), pp. 37-44.
- Brett F. Sanders, dkk. (2008): Integral formulation of shallow-water equation with anisotropic porosity of urban food modelling, *Journal of Hydrology*.