

Simulasi Numerik Aliran Fluida pada Saluran T -Junction 90^0 : PLTA Tulungagung

Ruli Yuda Baha'ullah, Chairul Imron

Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: imron-its@matematika.its.ac.id

Abstrak— Penerapan konsep fluida sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya yaitu permasalahan aliran sungai yang masuk ke PLTA Tulungagung fluida pada saluran T -Junction 90^0 dengan penghalang *square* di titik percabangan.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bilangan Reynold pada karakteristik kecepatan aliran fluida di daerah belakang penghalang *square* menggunakan persamaan Navier-Stokes. Persamaan Navier-Stokes *incompressible*, *viscous* dan *unsteady* diselesaikan menggunakan metode beda hingga *staggered grid* dan algoritma SIMPLE (*Semi Implicit Method for Pressure-Linked Equation*). Metode beda hingga digunakan untuk menyelesaikan susunan *grid* yang digunakan sedangkan algoritma SIMPLE digunakan untuk memperoleh nilai komponen kecepatan dan tekanan. Profil aliran fluida disimulasikan dengan variasi bilangan Reynold yaitu 100, 1000, 3000, 5000 dan variasi letak penghalang *square* dalam tujuh model dan tiga area.

Hasil dari penelitian ini adalah karakteristik kecepatan aliran fluida di belakang penghalang *square*. Letak penghalang *square* terbaik adalah pada model V dengan nilai kecepatan rata-rata pada posisi A sebesar 0.037847, posisi B sebesar 0.026441, dan posisi C sebesar 0.0187.

Kata Kunci—Fluida, *Incompressible*, *Unsteady*, T -Junction 90^0 , Navier-Stokes, Beda Hingga, *Square*, Reynold.

I. PENDAHULUAN

Fluida merupakan zat yang berubah bentuk secara kontinu (terus-menerus) bila mendapatkan tegangan geser, walaupun tegangan geser tersebut kecil. Tegangan geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan. Zat yang tergolong sebagai fluida yaitu zat cair dan zat gas (dalam keadaan suhu yang sangat tinggi disebut dengan plasma). Perbedaan fluida dengan zat padat yaitu zat padat dapat menahan bentuk apabila mendapat tegangan geser dengan deformasi statis. Sedangkan, fluida akan berhenti berubah bentuk jika berada dalam kondisi tegangan geser konstan atau tegangan geser sama dengan nol[7].

Air merupakan jenis fluida *incompressible*. Air merupakan salah satu jenis fluida zat cair. Air adalah salah satu unsur vital bagi kelangsungan hidup. Air diperlukan dalam berbagai aktivitas manusia seperti kebutuhan minum, irigasi, kelangsungan industri dan pengembangan teknologi untuk meningkatkan taraf kesejahteraan hidup manusia. Sungai merupakan salah satu sumber untuk mendapatkan air untuk mencukupi kebutuhan hidup manusia. Salah satu contoh pengembangan teknologi yang memanfaatkan air adalah PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air). Pada umumnya PLTA memanfaatkan waduk untuk menampung air,

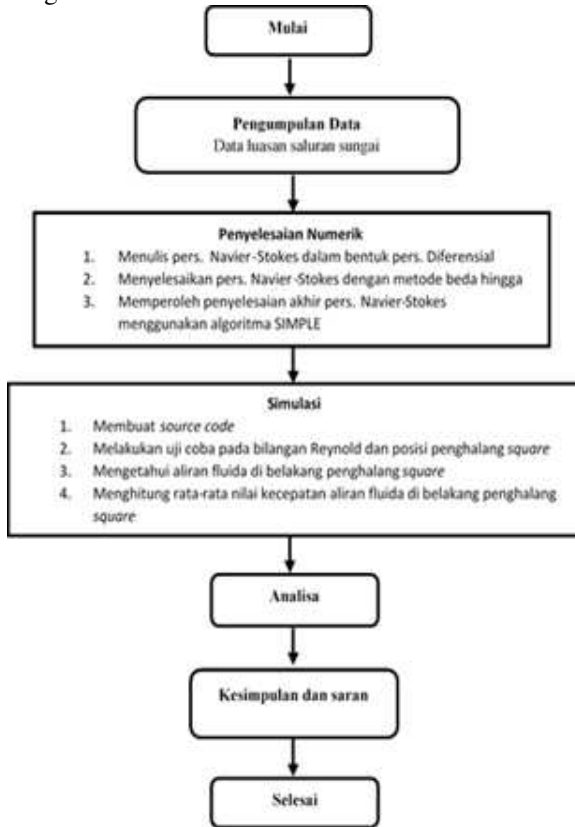
kemudian air tersebut digunakan untuk memutar turbin untuk menghasilkan listrik. Untuk PLTA jenis *Run Off River* bersifat mengambil air dari sungai dalam debit tertentu dengan menggunakan bending (*weir*) dengan cara membelokkan air ke dalam *intake*. Atau bisa dikatakan hanya meminjam air sungai dalam beberapa waktu untuk dialirkan menuju turbin air. PLTA Tulungagung merupakan salah satu PLTA jenis *Run Off River* dengan desain *intake* yang tegak lurus dengan aliran sungai (T -Junction 90^0). Sebelum air sungai masuk ke dalam *intake*, air sungai akan disaring terlebih dahulu menggunakan *Trash Racke* untuk mengurangi sampah yang hanyut bersama air sungai. Air sungai merupakan fluida yang bersifat *unsteady*, karena debit air yang mengalir selalu fluktuatif.

Permasalahan fluida merupakan permasalahan yang dapat diselesaikan dengan cara perhitungan numerik. Perhitungan numerik yaitu suatu perhitungan yang dilakukan dengan cara pendekatan melalui kesalahan yang diperoleh. Semakin kecil kesalahan pendekatan maka semakin bagus pendekatan yang dilakukan. Perhitungan numerik dapat menggunakan beberapa metode yaitu metode beda hingga, metode elemen hingga, metode volume hingga dan metode numerik lainnya. Metode beda hingga adalah salah satu metode numerik yang umum digunakan untuk menyelesaikan persoalan teknis dan gejala matematik dari suatu gejala fisik. Metode beda hingga juga bisa menyelesaikan persamaan linier ataupun persamaan kuadratik dalam jumlah yang besar. Disisi lain, metode beda hingga lebih mudah dibandingkan dengan metode elemen hingga dan metode volume hingga. Selain lebih mudah, dalam perhitungan komputasi umumnya lebih ringan. Sehingga, untuk mendapatkan hasilnya lebih cepat[9].

Pada penelitian ini dilakukan penelitian mengenai aliran fluida dua dimensi pada saluran bercabang tegak lurus (T -Junction 90^0) dengan satu penghalang *square* yang terletak pada salah satu titik percabangan untuk mengetahui karakteristik kecepatan aliran fluida di daerah belakang penghalang *square*. Ada tujuh variasi letak penghalang *square*, nantinya dipilih satu posisi penghalang *square* yang paling cocok untuk memaksimalkan kecepatan aliran fluida. Pada penelitian ini penghalang *square* dalam posisi yang permanen tidak terpengaruh kecepatan aliran sehingga tidak terjadi pergeseran posisi penghalang. Penghalang *square* diharapkan dapat memaksimalkan nilai rata-rata kecepatan aliran sungai yang masuk ke PLTA Tulungagung. Simulasi aliran fluida menggunakan *software* MATLAB, setelah itu untuk mencari nilai rata-rata kecepatan di belakang penghalang *square* menggunakan *software* Microsoft Excel.

II. METODE PENELITIAN

Metode penyelesaian ini tergambar dalam *flow chart* pada gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 Diagram alir penyelesaian penelitian

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Penyelesaian Numerik

Persamaan Navier-Stokes akan diselesaikan secara numerik menggunakan metode beda hingga dan menggunakan algoritma SIMPLE, algoritma SIMPLE dipilih karena sering digunakan dalam permasalahan komputasi dinamika fluida untuk menyelesaikan persamaan Navier-Stokes, algoritma ini efektif untuk menghitung penyelesaian dari permasalahan yang kompleks[6]. Tahapan untuk menyelesaikan persamaan Navier-Stokes secara numerik adalah sebagai berikut :

1) Diskritisasi

Pada tugas akhir ini, skema aliran fluida didiskritisasi dari ukuran $16D \times 8D$ setara dengan 160×80 grid dengan ukuran grid seluruhnya sama besar (*Uniform Grid*). Selanjutnya, akan menentukan tipe grid yang akan digunakan karena untuk menyelesaikan permasalahan dengan skema numeric posisi setiap komponen perlu diperhatikan. Tipe grid yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan Navier-Stokes pada permasalahan ini adalah tipe *staggered grid*.

2) Strategi Penyelesaian

Diberikan persamaan Navier-Stokes untuk fluida *incompressible*, *unsteady* dan *viscous* sebagai berikut[7]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \nabla \cdot uu + \nabla P = \frac{1}{Re} \nabla^2 u = \quad (3.1a)$$

$$\nabla u = 0 \quad (3.1b)$$

Dimana:

u adalah vector kecepatan berupa (x, y)

P adalah tekanan

Re adalah bilangan Reynolds

Untuk menyelesaikan persamaan Navier-Stokes dengan skema numerik, maka persamaan ditulis ulang menjadi persamaan differensial yaitu

1. Persamaan momentum

Momentum-x

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{1}{Re} \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right] \quad (3.2a)$$

Momentum-y

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial vv}{\partial y} + \frac{\partial P}{\partial y} = \frac{1}{Re} \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] \quad (3.2b)$$

2. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (3.3)$$

Kemudian persamaan differensial tersebut diselesaikan dengan mengikuti alur algoritma SIMPLE.

Dengan menyelesaikan persamaan momentum menggunakan metode beda hingga diperoleh:

Momentum-x

$$\begin{aligned} (u_{n+1}^*)_{i,j} &= (u_n)_{i,j} + \\ \Delta t &\left\{ -(u_n)_{i,j} \left(\frac{-(u_n)_{i+2,j} + 6(u_n)_{i+1,j} - 3(u_n)_{i-1,j} - 2(u_n)_{i-2,j}}{6\Delta x} \right) - \right. \\ &(v_n)_{i,j} \left(\frac{-(u_n)_{i,j+2} + 6(u_n)_{i,j+1} - 3(u_n)_{i,j-1} - 2(u_n)_{i,j-2}}{6\Delta y} \right) + \\ &\left. \frac{1}{Re} \left[\left(\frac{(u_n)_{i+1,j} - 2(u_n)_{i,j} + (u_n)_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} \right) + \right. \right. \\ &\left. \left. \left(\frac{(u_n)_{i,j+1} - 2(u_n)_{i,j} + (u_n)_{i,j-1}}{(\Delta y)^2} \right) \right] \right\} \end{aligned} \quad (3.4a)$$

Momentum-y

$$\begin{aligned} (v_{n+1}^*)_{i,j} &= (v_n)_{i,j} + \\ \Delta t &\left\{ -(u_n)_{i,j} \left(\frac{-(v_n)_{i+2,j} + 6(v_n)_{i+1,j} - 3(v_n)_{i-1,j} - 2(v_n)_{i-2,j}}{6\Delta x} \right) - \right. \\ &(v_n)_{i,j} \left(\frac{-(v_n)_{i,j+2} + 6(v_n)_{i,j+1} - 3(v_n)_{i,j-1} - 2(v_n)_{i,j-2}}{6\Delta y} \right) + \\ &\left. \frac{1}{Re} \left[\left(\frac{(v_n)_{i+1,j} - 2(v_n)_{i,j} + (v_n)_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} \right) + \right. \right. \\ &\left. \left. \left(\frac{(v_n)_{i,j+1} - 2(v_n)_{i,j} + (v_n)_{i,j-1}}{(\Delta y)^2} \right) \right] \right\} \end{aligned} \quad (3.4b)$$

Selanjutnya, mencari nilai P

$$\frac{\nabla(u_{n+1})_{i,j} - \nabla(u_n)_{i,j}}{\Delta t} = -\nabla^2 \quad (3.5)$$

Karena pada persamaan kontinuitas ke-n+1 adalah $\nabla(u_n)_{i,j} = 0$ maka:

$$\nabla^2 P = \frac{1}{\Delta t} \nabla(u_n)_{i,j} \quad (3.6)$$

Dimana :

$$\nabla(u_n)_{i,j} = \left(\frac{(u_{n+1})_{i+1,j} - (u_{n+1})_{i-1,j}}{2\Delta x} \right) + \left(\frac{(v_{n+1})_{i,j+1} - (v_{n+1})_{i,j-1}}{2\Delta y} \right) \quad (3.7)$$

$$\nabla^2 P = \left(\frac{(P_n)_{i,j+1} - 2(P_n)_{i,j} + (P_n)_{i,j-1}}{(\Delta x)^2} \right) + \left(\frac{(P_n)_{i,j+1} - 2(P_n)_{i,j} + (P_n)_{i,j-1}}{(\Delta y)^2} \right) \quad (3.8)$$

substitusi persamaan (3.7) dan persamaan (3.8) kedalam persamaan (3.6). sehingga, diperoleh

$$(P_n)_{i,j} = \left[\left(\frac{(P_n)_{i+1,j} + (P_n)_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} \right) + \left(\frac{(P_n)_{i,j+1} + (P_n)_{i,j-1}}{(\Delta y)^2} \right) - \frac{1}{\Delta t} \nabla(u_n)_{i,j} \right] \left[\frac{(\Delta x)^2 (\Delta y)^2}{2((\Delta x)^2 + (\Delta y)^2)} \right] \quad (3.9)$$

Untuk mempercepat konvergensi maka menggunakan metode SOR (*Successive Over Relaxation*).

$$(P_n)_{i,j} = (1 - \omega)((P_{n-1})_{i,j}) + \omega(P_n)_{i,j}$$

Dimana ω adalah parameter relaksasi. Karena menggunakan over relaksasi maka $\omega > 1$. Kemudian membuat kondisi dimana nilai tekanan berada dibawah nilai maksimum toleransi.

Toleransi = 10^{-7}

Maksimum absolut dari tekanan = $|(P_n)_{i,j} - (P_{n-1})_{i,j}|$

Kodisi : jika $|(P_n)_{i,j} - (P_{n-1})_{i,j}| < 10^{-7}$

Jika tidak memenuhi kondisi diatas, maka diperoleh:

$$(P_n)_{i,j} = (P_{n-1})_{i,j}$$

Sehingga diperoleh nilai tekanan baru yaitu $(P_n)_{i,j} = (P_{n-1})_{i,j}$ yang merupakan hasil dari metode SOR[8]. Selanjutnya koreksi kecepatan yaitu dengan memperhatikan hubungan berikut:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial P}{\partial x} \text{ dan } \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial P}{\partial y}$$

Diperoleh koreksi kecepatan yaitu,

$$(u_{n+1})_{i,j} = -\Delta t \left(\frac{(P_n)_{i+1,j} - (P_n)_{i-1,j}}{2\Delta x} \right) \quad (3.10)$$

$$(v_{n+1})_{i,j} = -\Delta t \left(\frac{(P_n)_{i,j+1} - (P_n)_{i,j-1}}{2\Delta y} \right) \quad (3.11)$$

Selanjutnya memperbarui semua nilai komponen.

Komponen Tekanan

$$(P_{n+1})_{i,j} = (P_n^*)_{i,j} + (P_n)_{i,j} \quad (3.12)$$

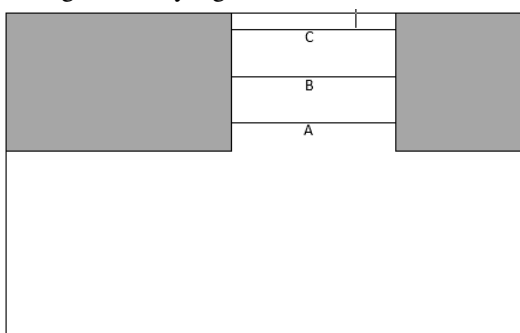
Komponen Kecepatan

$$(u_{n+1})_{i,j} = (u_n^*)_{i,j} + (u_{n+1})_{i,j} \quad (3.13)$$

$$(v_{n+1})_{i,j} = (v_n^*)_{i,j} + (v_{n+1})_{i,j} \quad (3.14)$$

B. Analisis Penyelesaian

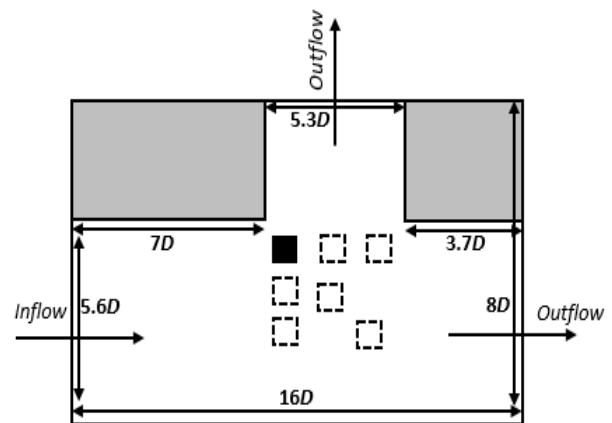
Melakukan analisis penyelesaian berdasarkan hasil simulasi yang dimulai simulasi aliran fluida tanpa penghalang kemudian simulasi aliran fluida disekitar penghalang *square* dengan posisi penghalang yang berbeda-beda serta bilangan Reynolds 100, 1000, 2500, 3000, 5000, 7500 dan 1000. Dilakukan perhitungan nilai rata-rata kecepatan yang masuk ke salah satu percabangan pada beberapa titik sesuai skema Gambar 4.2. Bilangan Reynold 100 dan 1000 menunjukkan aliran fluida laminar yang mewakili kondisi sungai saat musim kemarau dengan aliran yang normal. Bilangan Reynold 2500 dan 3000 menunjukkan aliran transisi. Bilangan Reynold 5000, 7500 dan 10000 menunjukkan aliran fluida turbulen yang mewakili kondisi sungai saat musim hujan dengan aliran yang deras.



Gambar 3. 1. Skema titik uji nilai rata-rata kecepatan

Variasi letak penghalang square digambarkan pada gambar 3.2. Ada tujuh variasi letak penghalang *square*, nantinya dipilih satu posisi penghalang *square* yang paling cocok untuk memaksimalkan kecepatan aliran fluida. Pada penelitian ini penghalang *square* dalam posisi yang permanen tidak terpengaruh kecepatan aliran

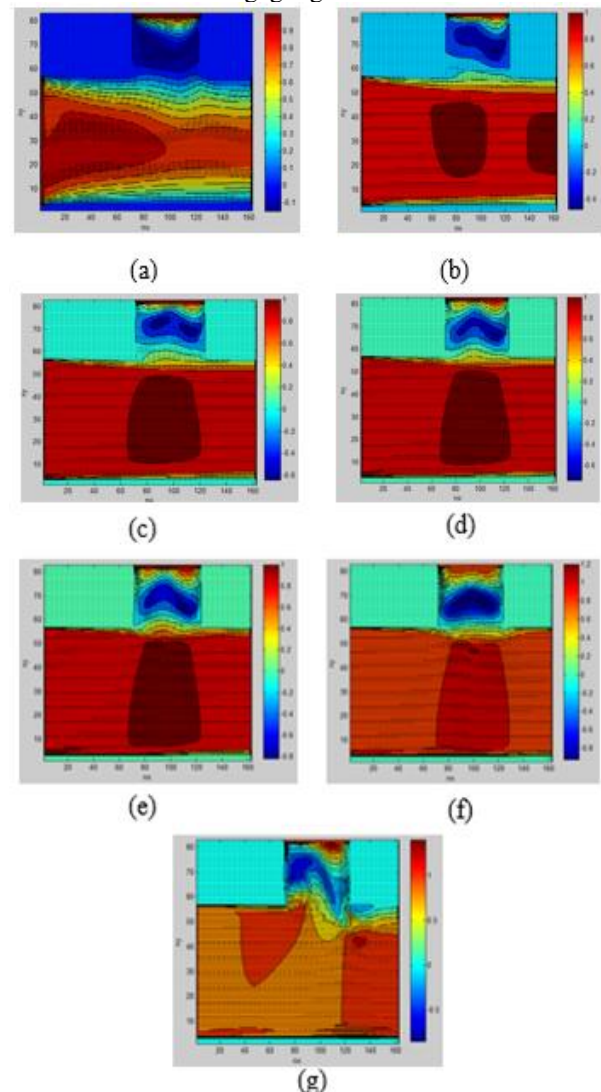
sehingga tidak terjadi pergeseran posisi penghalang. Penghalang *square* diharapkan dapat memaksimalkan nilai rata-rata kecepatan aliran sungai yang masuk ke PLTA Tulungagung.



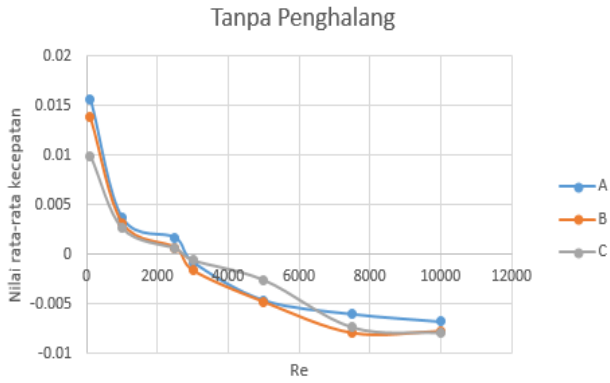
Gambar 3.2. Skema aliran fluida dengan penghalang *square*

1) Hasil Simulasi Tanpa Penghalang Square

Simulasi tanpa penghalang *square* dilakukan untuk mensimulasikan kondisi lapangan aliran sungai yang masuk ke PLTA Tulungagung.



Gambar 3. 3. Profil kecepatan aliran fluida tanpa penghalang. (a) $Re = 100$, (b) $Re = 1000$, (c) $Re = 2500$, (d) $Re = 3000$, (e) $Re = 5000$, (f) $Re = 7500$, (g) $Re = 10000$

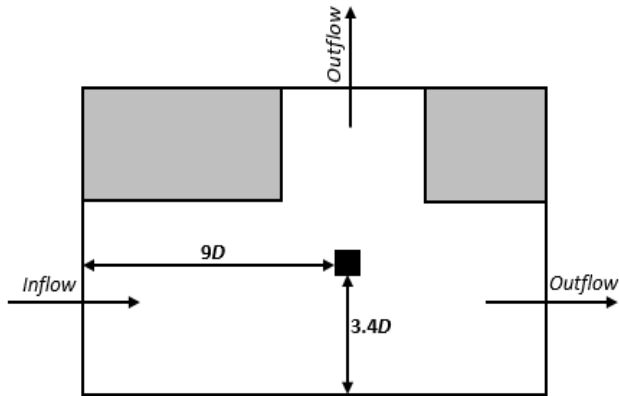


Gambar 3. 4. Nilai rata-rata kecepatan aliran tanpa penghalang

Pada Gambar 3.3 terlihat bahwa semakin tinggi nilai bilangan Reynold nilai rata-rata kecepatan aliran yang masuk ke percabangan semakin rendah

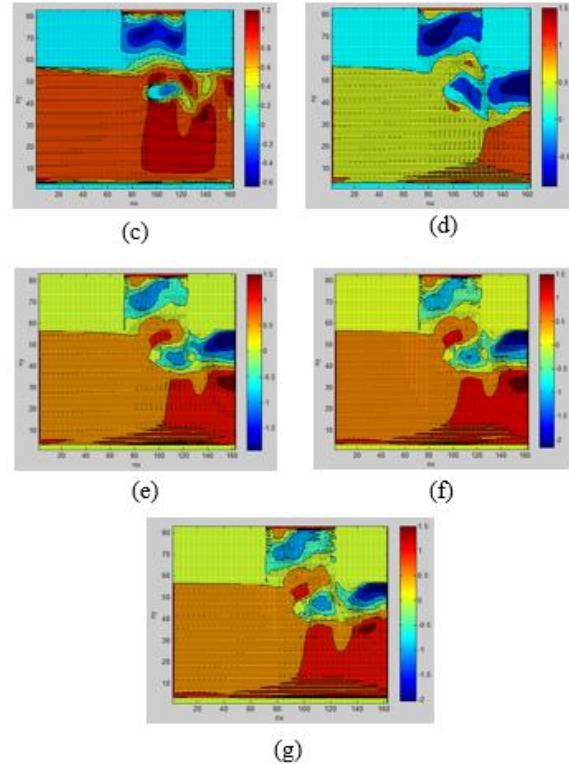
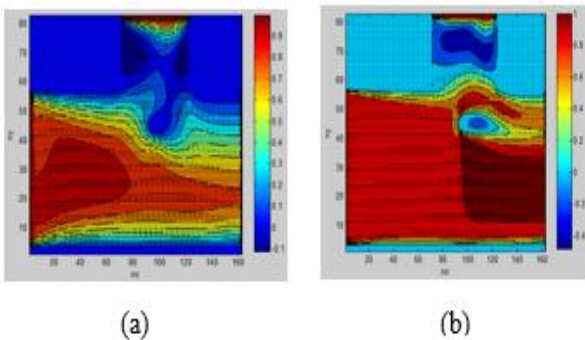
2) Hasil Simulasi dengan Penghalang Square

Dari simulasi dengan model variasi letak penghalang square, diperoleh informasi bahwa dengan penambahan penghalang square pada titik percabangan memberikan pengaruh terhadap nilai rata-rata kecepatan aliran fluida. Aliran fluida menggambarkan aliran sungai yang masuk ke PLTA Tulungagung. Dari beberapa model simulasi aliran fluida dengan penghalang square, hasil simulasi dengan penghalang square model V menghasilkan nilai rata-rata kecepatan yang paling tinggi dibandingkan dengan hasil simulasi aliran fluida dengan penghalang square model lainnya. Skema aliran fluida dengan penghalang square sesuai dengan gambar 3.5.



Gambar 3.5. Skema saluran dengan penghalang square model V

Hasil simulasi aliran fluida dengan penghalang square model V sesuai gambar 3.5 dibawah ini.

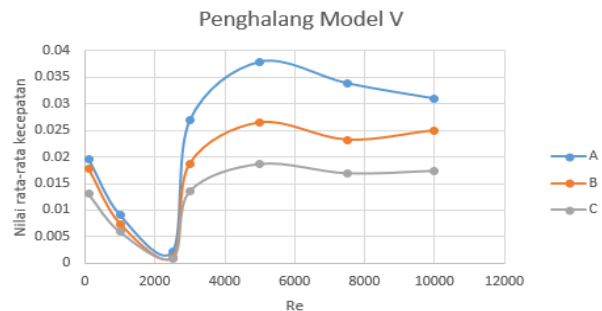


Gambar 3. 4. Profil kecepatan aliran fluida dengan penghalang square model I. (a) $Re = 100$, (b) $Re = 1000$, (c) $Re = 2500$, (d) $Re = 3000$, (e) $Re = 5000$, (f) $Re = 7500$, (g) $Re = 10000$

Selanjutnya melihat nilai kecepatan pada beberapa titik di saluran T-junction untuk membandingkan nilai kecepatan pada setiap titik dengan nilai bilangan Reynold yang berbeda sesuai gambar 3.1. perbandingan nilai rata-rata kecepatan disajikan dalam tabel 3.1 dan gambar 3.5

Tabel 3.1. nilai rata-rata kecepatan aliran dengan penghalang Model V

Re	A	B	C
100	0.019682	0.017784	0.013051
1000	0.009095	0.007409	0.005905
2500	0.002185	0.000992	0.000907
3000	0.026879	0.018752	0.013578
5000	0.037847	0.026441	0.0187
7500	0.033816	0.023187	0.016947
10000	0.030944	0.024989	0.017412



Gambar 3.5. Nilai rata-rata kecepatan aliran dengan penghalang Model V

Terlihat bahwa dengan penambahan penghalang square model V sesuai Gambar 3.13 pada titik percabangan, nilai rata-rata kecepatan pada sepanjang garis A, B dan C mencapai nilai terendah ketika nilai bilangan Reynold adalah 2500. Ketika nilai bilangan

Reynold adalah 5000, nilai rata-rata kecepatan mencapai nilai tertinggi.

C. Membandingkan Nilai Rata-rata Kecepatan Masing-masing Model Simulasi

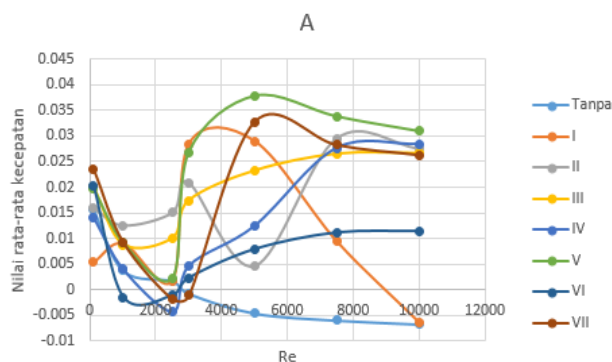
Membandingkan nilai rata-rata kecepatan masing-masing model untuk mendapatkan model yang paling baik untuk mendapatkan nilai rata-rata kecepatan yang paling tinggi

1) Perbandingan Nilai Rata-rata Kecepatan Masing-masing Model Simulasi pada Sepanjang Garis A

Perbandingan nilai rata-rata kecepatan pada sepanjang garis A disajikan dalam tabel 3.2 dan gambar 3.6

Tabel 3.2. Perbandingan nilai rata-rata kecepatan aliran di daerah sepanjang garis A

Re	MODEL							
	Tanpa	I	II	III	IV	V	VI	VII
100	0.015653	0.005282	0.015904	0.019955	0.014049	0.019682	0.020383	0.023589
1000	0.003684	0.00896	0.01253	0.008745	0.003964	0.009095	-0.00149	0.009282
2500	0.001685	0.001678	0.01503	0.010027	-0.00431	0.002185	-0.00115	-0.00185
3000	-0.00079	0.028487	0.020858	0.017412	0.00464	0.026879	0.002262	-0.0012
5000	-0.00464	0.029012	0.004634	0.023215	0.012428	0.037847	0.007865	0.03273
7500	-0.00602	0.009422	0.029488	0.0265	0.027655	0.033816	0.011126	0.028248
10000	-0.00678	-0.00638	0.027512	0.026639	0.028418	0.030944	0.011419	0.02628



Gambar 3.6. Nilai rata-rata kecepatan aliran di daerah sepanjang garis A

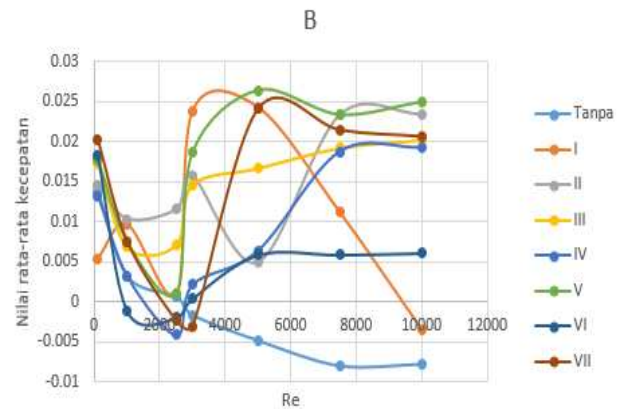
Terlihat bahwa hasil simulasi aliran fluida dengan penghalang *square* model V menghasilkan nilai rata-rata kecepatan yang paling tinggi, yaitu sebesar 0.030944 dibandingkan dengan simulasi aliran fluida tanpa penghalang dan simulasi aliran fluida dengan penghalang *square* lainnya ketika diberikan bilangan Reynold 10000.

2) Perbandingan Nilai Rata-rata Kecepatan Masing-masing Model Simulasi pada Sepanjang Garis B.

Perbandingan nilai rata-rata kecepatan pada sepanjang garis B disajikan dalam tabel 3.3 dan gambar 3.7

Tabel 3.3 perbandingan nilai rata-rata kecepatan aliran di daerah sepanjang garis B

Re	MODEL							
	Tanpa	I	II	III	IV	V	VI	VII
100	0.013832	0.005428	0.014588	0.017337	0.013259	0.017784	0.018295	0.020317
1000	0.003169	0.009614	0.010329	0.006809	0.0032	0.007409	-0.00115	0.007499
2500	0.00066	0.000937	0.011546	0.007113	-0.00416	0.000992	-0.00198	-0.00241
3000	-0.00165	0.023862	0.015655	0.014662	0.002154	0.018752	0.000417	-0.00312
5000	-0.00484	0.024248	0.004895	0.016705	0.006382	0.026441	0.005883	0.024186
7500	-0.00798	0.011157	0.023314	0.019236	0.018758	0.023387	0.005898	0.021534
10000	-0.00778	-0.00345	0.023404	0.02022	0.019269	0.024989	0.006103	0.02073



Gambar 3.7. nilai rata-rata kecepatan aliran di daerah sepanjang garis B

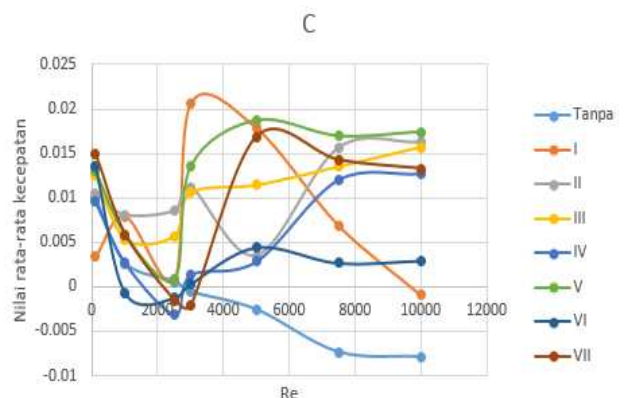
Terlihat bahwa hasil simulasi aliran fluida dengan penghalang *square* model V menghasilkan nilai rata-rata kecepatan yang paling tinggi, yaitu sebesar 0.024989 dibandingkan dengan simulasi aliran fluida tanpa penghalang dan simulasi aliran fluida dengan penghalang *square* lainnya ketika diberikan bilangan Reynold 10000.

3) Perbandingan Nilai Rata-rata Kecepatan Masing-masing Model Simulasi pada Sepanjang Garis C.

Perbandingan nilai rata-rata kecepatan pada sepanjang garis C disajikan dalam tabel 3.4 dan gambar 3.8

Tabel 3.4. Perbandingan nilai rata-rata kecepatan aliran di daerah sepanjang garis C

Re	MODEL							
	Tanpa	I	II	III	IV	V	VI	VII
100	0.009964	0.0034	0.010514	0.012604	0.009552	0.013051	0.013512	0.014934
1000	0.002623	0.007958	0.008093	0.005288	0.002653	0.005905	-0.00066	0.005888
2500	0.000581	0.000816	0.008573	0.005676	-0.00316	0.000907	-0.00125	-0.0015
3000	-0.0006	0.020659	0.011236	0.010556	0.001285	0.013578	0.000346	-0.00213
5000	-0.0026	0.017885	0.003503	0.011418	0.002822	0.0187	0.004456	0.016859
7500	-0.00737	0.00691	0.015656	0.013485	0.012045	0.016947	0.00268	0.014236
10000	-0.00791	-0.00091	0.016294	0.015699	0.01274	0.017412	0.002957	0.013278



Gambar 3.8. Nilai rata-rata kecepatan aliran di daerah sepanjang garis C

Terlihat bahwa hasil simulasi aliran fluida dengan penghalang *square* model V menghasilkan nilai rata-rata kecepatan yang paling tinggi, yaitu sebesar 0.017412 dibandingkan dengan simulasi aliran fluida tanpa penghalang dan simulasi aliran fluida dengan penghalang *square* lainnya ketika diberikan bilangan Reynold 10000.

I. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan hasil simulasi pada bab sebelumnya dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Terbukti bahwa pada kondisi curah hujan yang tinggi dengan kecepatan arus sungai yang tinggi, kecepatan arus sungai yang masuk ke PLTA semakin rendah, sesuai hasil simulasi tanpa penghalang *square*.
2. Simulasi aliran fluida dengan penghalang *square* model V yang berjarak 9D dari sisi kiri dan 3,4D dari sisi bawah menghasilkan nilai rata-rata kecepatan yang paling tinggi, yaitu dengan nilai nilai bilangan Reynold 10000, nilai rata-rata kecepatan di sepanjang garis A adalah 0.030944, nilai rata-rata kecepatan di sepanjang garis B adalah 0.024989 dan nilai rata-rata kecepatan di sepanjang garis C adalah 0.017412.
3. Simulasi aliran fluida dengan penghalang *square* model V yang berjarak 9D dari sisi kiri dan 3,4D dari sisi bawah adalah yang paling cocok untuk simulasi aliran sungai yang masuk ke PLTA Tulungagung untuk memaksimalkan aliran sungai yang masuk ke PLTA Tulungagung ketika musim penghujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hakam, A. (2015). Simulasi Numerik Aliran Fluida Di Sekitar Dua Silinder Sirkuler *Side-By-Side*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Imron, C., Widodo, B., & Yuwono, T. (2013). Numerical Simulation of Fluid Flow Around Circular and I-Shape Cylinder in a Tandem Configuration. *Applied Mathematical Sciences*, 7(114), 5657-5666.
- [3] Sarvghad-Moghaddam, H., Nooredin, N., & Ghadiri-Dehkordi, B. (2011). Numerical simulation of flow over two side-by-side circular cylinders. *Journal of Hydrodynamics, Ser.B*, 23(6), 792-805.
- [4] Azzi, A., Al-Attiyah, A., Qi, L., Cheema, W., Azzopardi, B.J., (2010). Gas-liquid twophase flow division at a micro-T-junction. *Chem.Eng. Sci.* 65, 3986-3993.
- [5] Costa N. P., Maia R., (2006). Edge Effects on the Flow Characteristics in a 90 deg Tee Junction. *Journal of Fluids Engineering.*, Vol 128/1217.
- [6] Matyka, M. (2004). Solution to two-dimensional Incompressible Navier-Stokes Equations with SIMPLE, SIMPLER and Vorticity-Stream Function Approaches. Driven-Lid Cavity Problem: Solution and Visualization. *arXiv preprint physics/0407002*.
- [7] Ridwan. Catatan Mekanika Fluida. <http://ridwan.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/10075/Karakteristik+Aliran+Fluida1.pdf>.
- [8] Liu Liang. (2010). *Successive Overrelaxation Method (SOR)*. Lecture 5.
- [9] LeVeque Randall J. (2005). *Finite Differential Methods for Differential Equations*. Washington. University of Washington