

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian

(terlampir)

#### 4.1.2 Contoh Perhitungan

##### 4.1.2.1 Perhitungan Diameter Hidrolik Saluran Masuk

Diameter hidrolik pada pipa saluran masuk yang benampang kotak dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Dh = \frac{2 \cdot l \cdot t}{(l+t)}$$

Dimana :

$Dh$  = Diameter hidrolik (mm)

$l$  = Lebar saluran masuk (mm)

$t$  = Tinggi saluran masuk (mm)

Diameter hidrolik didapatkan sebesar :

$$Dh = \frac{2 \cdot 5\text{mm} \cdot 3\text{mm}}{(5 + 3)\text{mm}}$$

$$Dh = 3,75\text{mm}$$

##### 4.1.2.2 Perhitungan Kecepatan Fluida

Fluida yang melewati pipa harus dijaga dalam bentuk aliran laminar maka untuk menentukan kecepatan aliran dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$v = \frac{Q}{\pi (DH/2)^2}$$

Dimana :

$v$  = Kecepatan aliran (m/s)

$Q$  = Bilangan Reynolds [0,000004167 m<sup>3</sup>/s]

Sehingga didapatkan :

$$V = \frac{0,000004167}{\frac{\pi(0,00375^2)}{4}}$$

$$V = 0,3771 \text{ m/detik}$$

#### 4.1.2.3 Perhitungan Bilangan Reynolds

Untuk menentukan jenis dari aliran yang mengalir pada perangkat penelitian maka perlu ditentukan bilangan Reynoldsnnya sehingga aliran terjaga pada bentuk laminer dan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot Dh}{\mu}$$

Di mana :

Re = Bilangan Reynolds

$\rho$  = Massa jenis air [998 kg/m<sup>3</sup>]

$v$  = Kecepatan (m/s)

$Dh$  = Diameter hidrolik saluran masuk (mm)

$\mu$  = Viskositas dinamik

Maka :

$$Re = \frac{998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{0,3771 \text{ m}}{\text{s}} \cdot 0,00375 \text{ m}}{0,001}$$

$$Re = 1411,31$$

#### 4.1.2.4 Perhitungan *Hydrodynamic Entry Length* dalam Saluran Masuk

*Hydrodynamic entry length* pada pipa diperlukan untuk mencari jarak fluida dapat berkembang penuh dalam pipa, karena fluida dikondisikan dalam aliran laminer *hydrodynamic entry length* dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$El = 0,06 \cdot Re \cdot Dh$$

Dimana :

$El$  = *Hydrodynamic entry length* (m)

$Re$  = Bilangan Reynolds

$Dh$  = Diameter hidrolik (m)

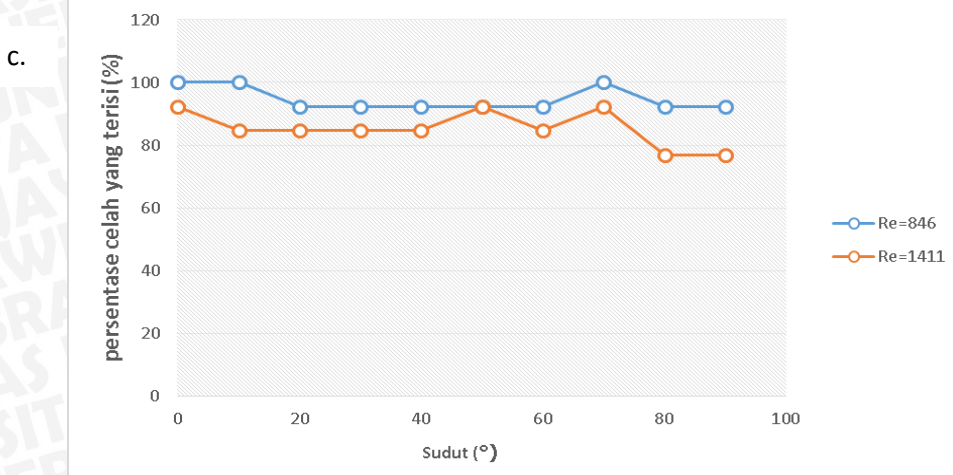
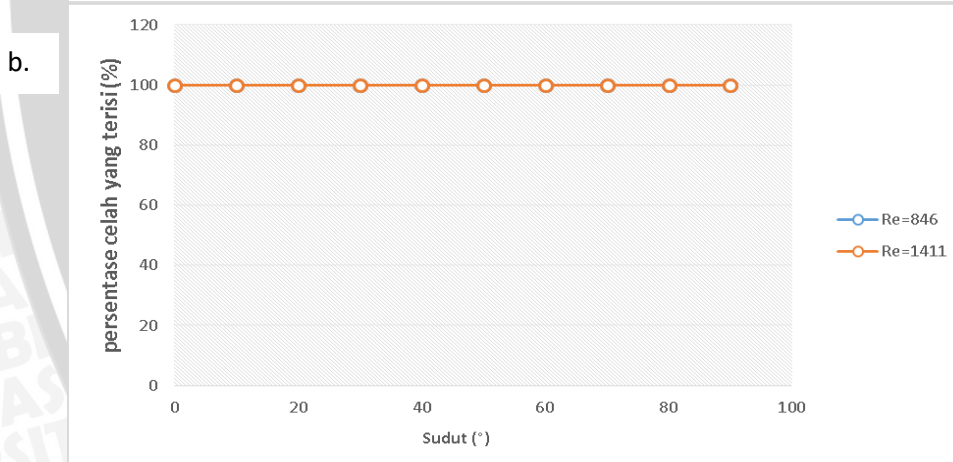
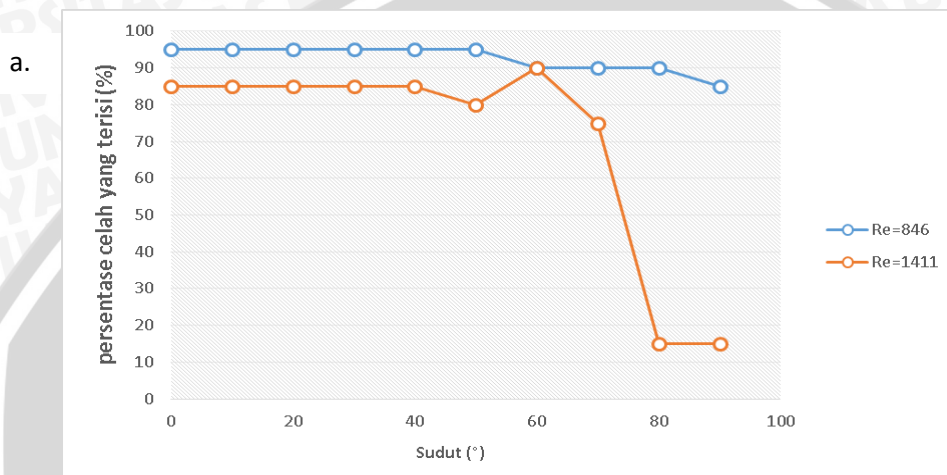
Maka didapatkan *hydrodynamic entry length* sepanjang:

$$El = 0,06 \cdot 1411,31 \cdot 0,00375$$

$$El = 0,3175 \text{ m}$$

## 4.2 Pembahasan Grafik

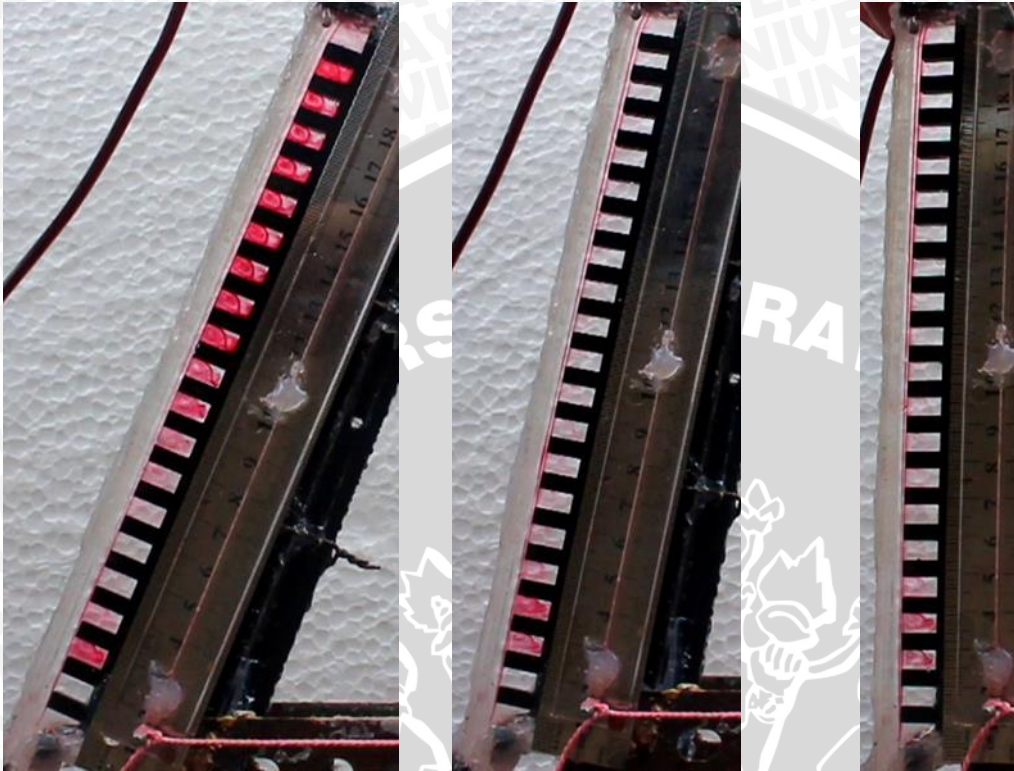
### 4.2.1 Hubungan Antara Sudut *Turbulator* terhadap Persentase Celah yang Terisi *Turbulator*





Gambar 4.1 Grafik hubungan antara sudut *turbulator* terhadap panjang gambaran pewarna;

- turbulator* dengan  $w/k < 1$  dan *pitch* 10mm
- turbulator* dengan  $w/k > 1$  dan *pitch* 25mm
- turbulator* dengan  $w/k = 1$  dan *pitch* 15mm

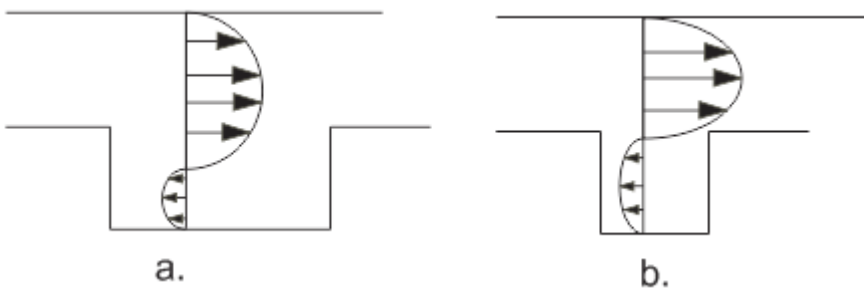


a.

b.

c.

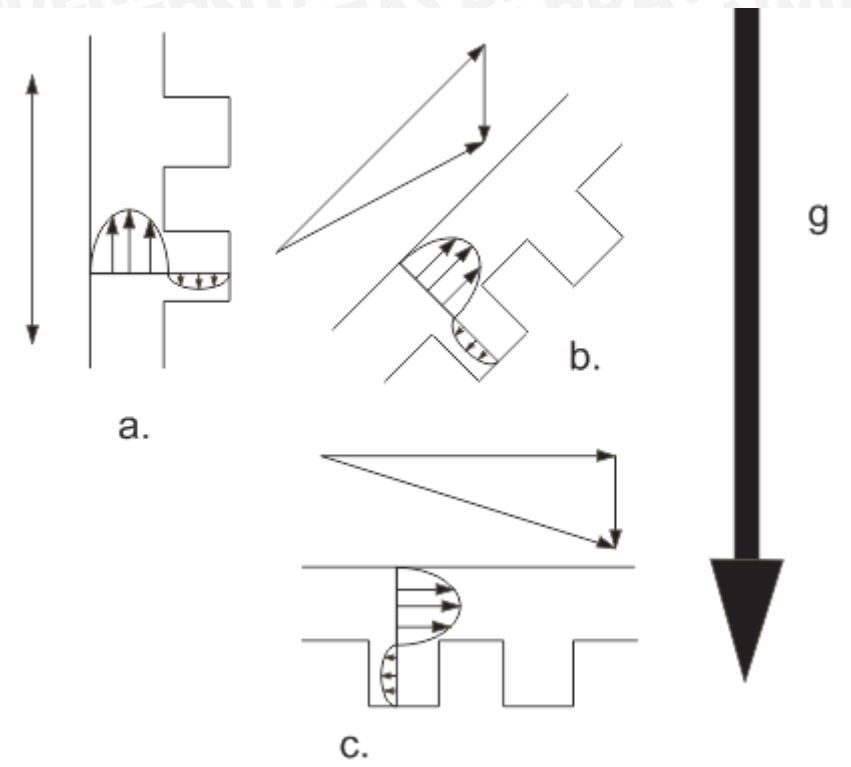
Gambar 4.2 Fenomena pada *turbulator* dengan  $w/k < 1$  dan *pitch* 10mm dengan variasi (a) sudut  $70^\circ$   $Re = 1411$  (b) sudut  $80^\circ$   $Re = 1411$  dan (c) sudut  $90^\circ$   $Re = 1411$



a.

b.

Gambar 4.3 Profil kecepatan pada (a) *turbulator* dengan  $w/k > 1$  dan *pitch* 25mm dan (b) *turbulator* dengan  $w/k < 1$  dan *pitch* 10mm



Gambar 4.4 Vektor kecepatan pada *turbulator* akibat (a) sudut  $90^\circ$  (b) sudut  $45^\circ$  dan (c) sudut  $0^\circ$ .

Terlihat pada gambar 4.1 (a) bahwa semakin besar nilai bilangan Reynolds maka jumlah persentase jumlah celah yang terisi semakin sedikit dikarenakan kecepatan aliran yang cepat melempar pewarna pada celah yang lebih jauh, Pada gambar 4.1 (b) terlihat tidak terjadi penurunan persentase jumlah celah disebabkan jarak celah yang lebar sehingga pewarna yang terlempar jauh masih dapat tertampung oleh celah awal dan pada gambar 4.1 (c) terlihat terjadi penurunan persentase jumlah celah yang penyebabnya sama dengan gambar 4.1 (a) akibat lemparan aliran fluida yang bergerak lebih cepat.

Pada gambar 4.1 (a) *turbulator* dengan  $w/k < 1$  dan *pitch* 10mm juga terlihat bahwa distribusi pewarna yang terjadi memiliki kecenderungan yang sama dimana distribusinya terjadi secara berurutan dimulai dari *rib* pada dekat saluran masuk *turbulator* sampai saluran akhir tetapi pada sudut  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $Re = 1411$  terjadi sebuah fenomena distribusi pewarna secara acak seperti yang terlihat pada gambar 4.2 (a), (b), dan (c) fenomena ini hanya terjadi pada *ribs* yang mempunyai jarak celah 5 mm karena perbedaan penampang yang lebih kecil sehingga kecepatan alirannya semakin besar dimana pernyataan ini sesuai dengan hukum kontinuitas dan pewarna tidak sempat masuk kedalam *ribs* membentuk daerah resirkulasi seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.3, sedangkan pengaruh kemiringan dari fenomena ini disebabkan oleh gaya gravitasi semakin menuju



sudut  $90^\circ$  pengaruhnya menjebak pewarna semakin menghilang seperti diperlihatkan pada gambar 4.4, sehingga membuat vector kecepatan dari suatu aliran tidak memiliki arah menuju celah *ribs* sehingga setelah memasuki 3 *ribs* awal, pewarna terlempar dan tidak memasuki celah sesudahnya ini terlihat pada gambar 4.2 (b) dan (c).

Pada gambar 4.1 (b) *turbulator* dengan  $w/k > 1$  dan *pitch* 25mm terlihat bahwa distribusi pewarna yang terjadi memiliki kecenderungan yang sama dimana distribusinya terjadi secara berurutan dimulai dari *rib* pada dekat saluran masuk *turbulator* hingga saluran akhir pada *turbulator* dengan  $w/k > 1$  dan *pitch* 25mm tidak terjadi fenomena seperti pada *turbulator* dengan  $w/k < 1$  dan *pitch* 10mm dikarenakan celah antar *ribs* yang panjang sehingga pewarna secara konstan masuk kedalam setiap celah tanpa adanya pengaruh gaya gravitasi dan vektor kecepatan yang terjadi pada celah juga semakin lambat dikarenakan penampang yang lebih luas sehingga pewarna dapat terjebak pada celah dan menghasilkan daerah resirkulasi.


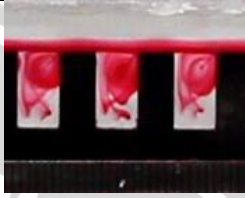
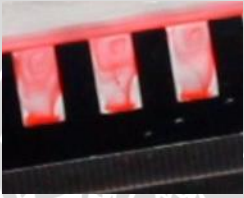

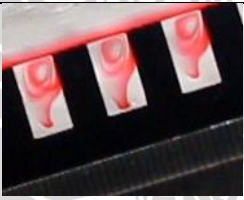
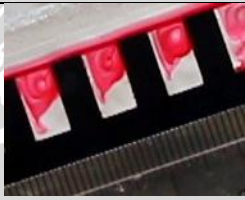






Pada gambar 4.1 (c) *turbulator* dengan  $w/k = 1$  dan *pitch* 15mm terlihat bahwa distribusi pewarna yang terjadi memiliki kecenderungan yang hampir sama dengan *turbulator* sebelumnya dimana distribusinya terjadi secara berurutan dimulai dari *ribs* pada dekat saluran masuk *turbulator* sampai saluran akhir, tidak terjadi lompatan pewarna pada *turbulator* ini dikarenakan ukuran celah *ribs* masih cukup panjang untuk menjebak pewarna sehingga terjadi pusaran, pada *turbulator* ini gaya gravitasi tidak menimbulkan efek lompatan antar *turbulator* yang jauh.

Ketika gambar 4.1 (a), (b), dan (c) dibandingkan, maka terlihat di *turbulator* dengan  $w/k > 1$  dan *pitch* 25mm tidak terjadi penurunan persentase jumlah celah yang terisi pada beberapa kemiringan karena memiliki jarak celah yang paling lebar. Terlihat bahwa semakin banyak *rib* yang digunakan seperti pada *turbulator* dengan  $w/k < 1$  maka terjadi penurunan pada saat sudut menuju  $90^\circ$ , hal ini terjadi karena pengaruh gaya gravitasi yang semakin berkurang dan juga kecepatan aliran yang semakin cepat, sehingga tidak sempat masuk mengisi celah.









### 4.3 Pembahasan Bentuk Pusaran

#### 4.3.1 Bentuk Pusaran pada *Turbulator* dengan $w/k < 1$ dan *pitch* 10mm

Table 4.1  
Bentuk pusaran pada *turbulator* dengan  $w/k < 1$  dan *pitch* 10mm

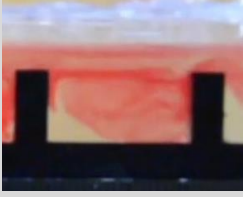



No	Sudut	Bilangan Reynolds	
		Re = 846	Re = 1411
1	0°		
2	10°		
3	20°		
4	30°		
5	40°		
6	50°		





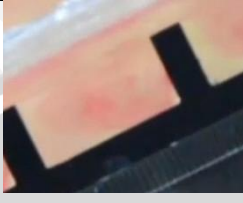
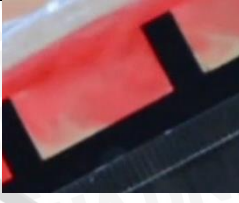
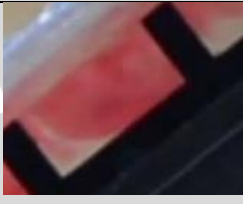

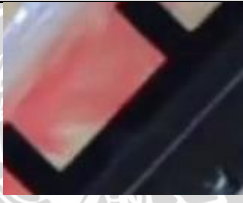

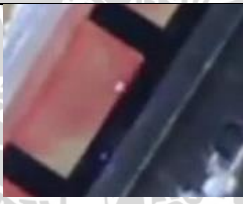

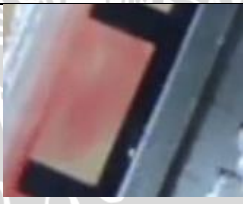




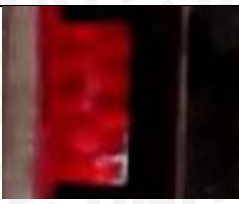
7	60°		
8	70°		
9	80°		
10	90°		

**4.3.2 Bentuk Pusaran pada Turbulator dengan  $w/k > 1$  dan pitch 25mm**

Table 4.2  
Bentuk pusaran pada turbulator dengan  $w/k > 1$  dan pitch 25mm

No	Sudut	Bilangan Reynolds	
		Re = 846	Re = 1411
1	0°		
2	10°		









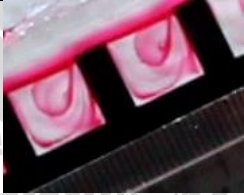
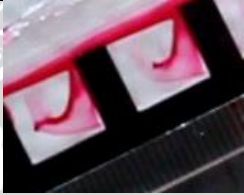
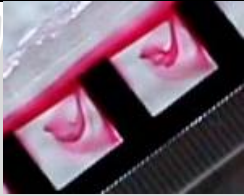



3	20°		
4	30°		
5	40°		
6	50°		
7	60°		
8	70°		
9	80°		
10	90°		











### 4.3.3 Bentuk Pusaran pada *Turbulator* dengan $w/k = 1$ dan *pitch* 15mm

Table 4.3

Bentuk pusaran pada *turbulator* dengan  $w/k = 1$  dan *pitch* 15mm

No	Sudut	Bilangan Reynolds	
		Re = 846	Re = 1411
1	0°		
2	10°		
3	20°		
4	30°		
5	40°		
6	50°		



7	60°		
8	70°		
9	80°		
10	90°		

Seperti yang ditunjukkan pada tabel diatas pola pusaran yang terjadi pada *turbulator* dengan  $w/k < 1$  dan *pitch* 10mm memiliki kecenderungan bentuk yang menyerupai antar berbagai sudut hal ini dikarenakan celah antar *turbulator* yang terlalu pendek dan tidak sebanding dengan tingginya sehingga pusaran yang terjadi hanya pada bagian atas dari celah dan tidak menyebar pada bagian bawah *turbulator*, titik pusat dari pusaran ini terjadi pada daerah yang dekat dengan ujung permukaan *turbulator*.

*Turbulator* dengan  $w/k > 1$  dan *pitch* 25mm pada setiap variasi sudut dan bilangan Reynolds terlihat bahwa pusaran yang tergambaran memiliki kecenderungan bentuk yang sama. Pada *turbulator* ini pusaran cenderung mempunyai bentuk elips dikarenakan jarak *pitch* yang lebar membuat pusaran yang terbentuk berkembang dan mengisi semua bagian dari celah, titik pusat dari pusaran ini terjadi pada samping dekat dengan ujung *turbulator* saluran masuk.

*Turbulator* dengan  $w/k = 1$  dan *pitch* 15mm terlihat pusaran yang tergambaran memiliki kecenderungan bentuk yang sama. Pusaran cenderung berkembang dan mencapai bentuk lingkaran sempurna. Ini dikarenakan lebar celah dan tinggi *rib* mempunyai ukuran yang sama yaitu 10 mm. oleh karena itu pusaran yang terbentuk berpusar hampir disetiap sisi dari celah *rib*, titik pusat pusaran terletak ditengah antara lebar dan tinggi *turbulator*

sehingga tidak nampak daerah yang tidak terisi pewarna seperti yang ditunjukkan pada *turbulator* dengan  $w/k=1$  dan  $>1$ .

#### 4.3.4 Perbandingan Bentuk Pusaran yang Terjadi antar *Turbulator*



Gambar 4.5 *turbulator* dengan variasi ;

- (a)  $w/k < 1$  dan *pitch* 10mm
- (b)  $w/k > 1$  dan *pitch* 25mm
- (c)  $w/k = 1$  dan *pitch* 15mm

Pada gambar 4.5 *turbulator* dengan  $w/k > 1$  dan *pitch* 25mm terlihat bahwa pusaran yang terjadi lebih kecil dari pada kedua *turbulator* lainnya, hal ini dikarenakan jarak celah yang lebih pendek sehingga pusaran tidak mengembang, pada gambar 4.5 tidak terlihat zona *reattachment* dikarenakan pusaran yang terbentuk tidak kembali mengabung dikarenakan jarak celah yang masih terlalu pendek meskipun pengujian menggunakan ukuran celah hingga 20 mm yang dilakukan pada *turbulator* dengan  $w/k > 1$  dan *pitch* 25mm.