

# **SIMULASI CFD PADA DIFFUSER AUGMENTED WIND TURBINE (DAWT) : EFEK BENTUK *INLET* DAN PANJANG DIFUSER TERHADAP DISTRIBUSI KECEPATAN ANGIN DI *EXIT* DIFUSER**

## **[CFD SIMULATION IN DIFFUSER AUGMENTED WIND TURBINE (DAWT): EFFECT OF INLET SHAPE AND DIFFUSER LENGTH ON WIND SPEED DISTRIBUTION AT DIFFUSER EXIT]**

**Sulistyo Atmadi<sup>\*)</sup>, Ahmad Jamaludin Fitroh<sup>\*\*)</sup>**

<sup>\*)</sup> Peneliti Pusat Teknologi Penerbangan, Lapan

<sup>\*\*)</sup> Peneliti Kepakaran Aerodinamika, Lapan

### **ABSTRACT**

The objective of the research is to obtain a lighter diffuser design. It is done by modifications previously designed diffuser on the shape and length of its inlet. Thus the study analyze the effect of modified inlet and diffuser length on the distribution of wind speeds at the nozzle exit. Analysis was performed using a CFD-based software. Modifications was made to the diffuser inlet and exit diameter each-amounting to 4 and 2 m. Modified inlet can improve performance by 1.4%; meanwhile the wind angle of 60°, the performance was reduced by 2.45%, due to the separation. Shortening the length diffuser can reduce the velocity distribution in the exit, maximum of occurs at length of 1 m at 4.6%. Therefore it is recommended that optimum diffuser length is 2 m.

Key words: *Wind turbine, Diffuser, CFD*

### **ABSTRAK**

Untuk memperoleh difuser yang lebih baik dan ringan, dilakukan modifikasi difuser yang telah dirancang sebelumnya pada bentuk inlet dan panjang difuser. Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah menganalisis hasil modifikasi bentuk *inlet* dan panjang difuser terhadap distribusi kecepatan angin di *exit* nosel. Analisis dilakukan menggunakan salah satu piranti lunak berbasis *CFD*. Metode yang digunakan adalah memodifikasi bentuk *inlet* difuser serta memvariasikan panjang difuser. Modifikasi dilakukan terhadap difuser dengan diameter *inlet* dan *exit* masing – masing sebesar 4 dan 2 m. Modifikasi inlet dapat memperbaiki kinerja sebesar 1,4 %, sedangkan pada sudut angin 60°, kinerja berkurang sebesar 2,45%, disebabkan adanya separasi. Pemendekan panjang difuser dapat mengurangi distribusi kecepatan di *exit*, maksimum pada panjang 1 m sebesar 4,6 %, sehingga disarankan panjang diffuser optimum pada 2 m.

Kata kunci: *Turbin angin, Difuser, CFD*

## **1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Salah satu manfaat penggunaan difuser pada turbin angin adalah untuk meningkatkan kecepatan angin yang menerpa rotor turbin angin (K.M. Foreman, 1980; Michael Moeller Jr dan Kenneth Visser, 2008; Sulistyo Atmadi

dan Ahmad Jamaludin Fitroh, 2011). Difuser biasanya mempunyai konstruksi yang cukup berat sehingga tidak mempunyai sistem *yaw*. Dengan sistem tetap (*fixed*) tersebut, maka kinerja difuser menjadi berkurang pada saat menerima angin pada sudut tertentu (Sulistyo Atmadi dan Ahmad Jamaludin Fitroh, 2011). Dengan konstruksi yang

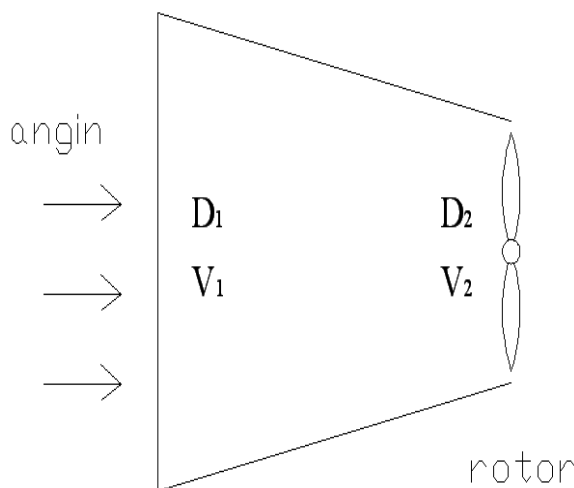
cukup berat, maka dipertimbangkan untuk memodifikasi difuser yang telah dirancang sebelumnya menjadi lebih pendek untuk mengurangi berat.

### 1.2 Tujuan

Untuk meningkatkan kinerja difuser pada sudut angin yang besar, maka bentuk *inlet* difuser dimodifikasi. Untuk mengurangi berat konstruksi difuser, maka difuser dibuat menjadi lebih pendek. Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hasil modifikasi bentuk *inlet* dan panjang diffuser terhadap kinerja difuser. Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan kinerja difuser adalah distribusi kecepatan di *exit* difuser.

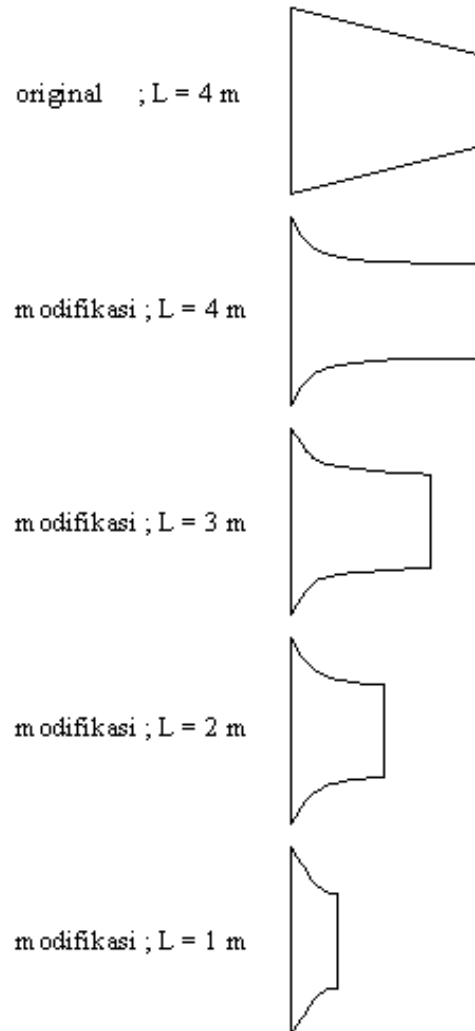
### 1.3 Batasan Masalah

Penggunaan difuser pada turbin angin (DAWT) dimaksudkan untuk meningkatkan kecepatan angin yang menerpa rotor (K.M. Foreman, 1980; Michael Moeller Jr dan Kenneth Visser, 2008; Sulisty Atmadi dan Ahmad Jamaludin Fitroh, 2011). Difuser yang telah didesain sebelumnya mempunyai panjang, diameter *inlet*, dan diameter *exit* masing-masing 4, 4, dan 2 m (Sulisty Atmadi dan Ahmad Jamaludin Fitroh, 2011). Sketsanya disajikan dalam Gambar 1-1. Notasi  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $V_1$ , dan  $V_2$  masing-masing menyatakan diameter *inlet*, diameter *exit*, kecepatan angin di *inlet*, dan kecepatan angin di *exit* atau rotor.



Gambar 1-1: Sketsa difuser yang pernah didesain

Difuser pada Gambar 1-1 tersebut selanjutnya dimodifikasi untuk meningkatkan kinerja. Modifikasi dilakukan dengan mengubah bentuk *inlet* dan mengurangi panjang difuser. Variasi difuser disajikan dalam Gambar 1-2. Notasi L menyatakan panjang difuser.



Gambar 1-2: Variasi *diffuser* yang dianalisa

Notasi original menyatakan difuser yang pernah didesain sebelumnya. Notasi modifikasi menyatakan difuser dengan bentuk *inlet* yang telah dimodifikasi. Difuser modifikasi ini akan dianalisis dari empat panjang yang berbeda, yaitu 4, 3, 2, dan 1 m.

## 2 METODE

Analisis dilakukan menggunakan salah satu piranti lunak berbasis *CFD*. Analisis dilakukan secara 3-D. Tahapan pengerjaannya adalah sebagai berikut (Manual *FLUENT*; Manual *GAMBIT*:

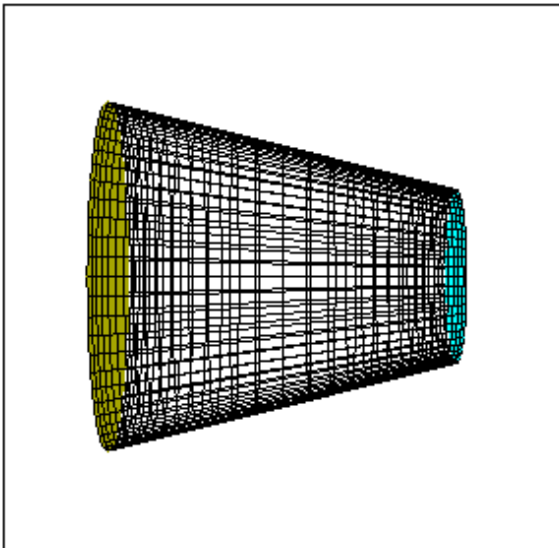
- Pemodelan dan *meshing*,
- Penyusunan seting *CFD* dan proses iterasi,
- Pengolahan data.

## 2.1 Pemodelan dan *Meshing*

Difuser yang akan dianalisis terdiri dari lima variasi seperti pada Gambar 1-2. Masing-masing dari difuser tersebut dibuat model dan *grid*-nya.

### 2.1.1 Model dan *grid* difuser original

Model dan *grid* pada difuser original disajikan dalam Gambar 2-1. Warna kuning, hitam, dan biru masing-masing menyatakan daerah *inlet*, dinding, dan *exit* difuser.



Gambar 2-1: Model dan *grid* difuser original

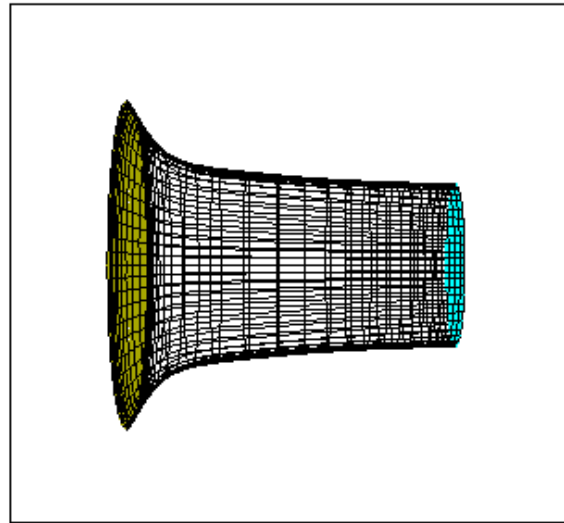
Sistem *grid* tersebut terdiri dari 51.750 sel (*cells*). Bentuk *grid*-nya adalah *structured grid*.

### 2.1.2 Model dan *grid* difuser modifikasi dengan $L = 4$ m

Model dan *grid* pada difuser modifikasi dengan panjang sama dengan 4 m disajikan dalam Gambar 2-2. Sistem pewarnaan sama dengan difuser original. Jumlah sel (*cells*) dan bentuk *grid*-nya juga sama dengan difuser original.

Perbedaan antara model difuser pada Gambar 2-1 dan Gambar 2-2 adalah terletak pada bentuk *inlet*-nya. Bentuk *inlet* pada difuser modifikasi

memiliki sudut sekitar 60 derajat. Adanya sudut tersebut dimaksudkan untuk angin yang masuk dengan sudut 60 derajat.



Gambar 2-2: Model dan *grid* difuser modifikasi  $L = 4$  m

### 2.1.3 Model dan *grid* difuser modifikasi dengan $L = 3$ m

Model dan *grid* pada difuser modifikasi dengan panjang 3 m, sistem pewarnaan, jumlah sel (*cell*), dan bentuk *grid* masih sama dengan difuser original. Jumlah sel (*cell*) masih sama. Hanya panjang kedua model tersebut yang berbeda. Sehingga ukuran sel (*cell*) untuk panjang 3 m, menjadi sedikit lebih rapat.

### 2.1.4 Model dan *grid* difuser modifikasi dengan $L = 2$ m

Model dan *grid* pada difuser modifikasi dengan panjang sama dengan 2 m, sistem pewarnaan dan bentuk *grid* masih sama dengan difuser original. Jumlah sel (*cell*) 43.125 buah. Jumlah sel tersebut lebih sedikit dibandingkan dengan panjang 3 m.

### 2.1.5 Model dan *grid* difuser modifikasi dengan $L = 1$ m

Model dan *grid* pada difuser modifikasi dengan panjang sama dengan 1 m, sistem pewarnaan dan bentuk *grid* masih sama dengan difuser-difuser sebelumnya. Jumlah sel (*cell*) yang digunakan hanya 34.500 buah.

## 2.2 Seting CFD

Terdapat banyak parameter yang harus diseting untuk proses iterasi CFD. Beberapa parameter utamanya antara lain, parameter waktu, model turbulensi, kompresibilitas, kondisi aliran di *inlet* dan *exit* difuser (Manual FLUENT).

### 2.2.1 Parameter waktu

Pilihan parameter waktu yang dapat digunakan adalah *steady* dan *unsteady* (Manual FLUENT). Dalam penelitian ini parameter waktu yang digunakan adalah kondisi *steady*. Hal tersebut dikarenakan analisis dilakukan terhadap kinerja difuser untuk jangka waktu yang sangat lama. Dengan kata lain masa transisi tidak termasuk analisis.

### 2.2.2 Model turbulensi

Terdapat beberapa model turbulensi, yaitu *Spalart-Allmaras*, *k-epsilon*, *k-omega*, *Reynolds Stress*, *Detached Eddy Simulation*, dan *Large Eddy Simulation* (Manual FLUENT). Dalam penelitian ini model turbulensi yang digunakan adalah *Spalart-Allmaras*. Dengan asumsi aliran angin dalam difuser diduga tidak akan memiliki tingkat turbulensi dan kompleksitas yang tinggi.

### 2.2.3 Kompresibilitas

Berdasarkan sifat kompresibilitasnya, aliran dapat dibedakan menjadi dua, yaitu aliran kompresibel dan aliran inkompresibel. Biasanya sebuah aliran dapat digolongkan menjadi aliran kompresibel jika kecepatannya lebih dari 0,3 Mach (Anderson, John D., 1985). Dalam penelitian ini kondisi aliran diasumsikan bersifat kompresibel. Asumsi tersebut dipilih untuk mengantisipasi adanya kecepatan lokal yang lebih dari 0,3 Mach.

### 2.2.4 Kondisi batas di *inlet* difuser

Terdapat beberapa pilihan kondisi batas yang dapat digunakan pada *inlet* difuser, antara lain *mass flow inlet*, *pressure inlet*, dan *velocity inlet* (Manual

FLUENT). Jika menggunakan asumsi bahwa aliran bersifat kompresibel (lihat Bab 2.2.3), maka hanya *mass flow inlet* dan *pressure inlet* yang dapat digunakan. Laju aliran massa yang melewati difuser belum diketahui sehingga dalam penelitian ini kondisi batas di *inlet* difuser yang dapat digunakan adalah *pressure inlet*.

Parameter yang digunakan dalam *pressure inlet* adalah tekanan total. Harga tekanan total harus lebih besar daripada tekanan statik (Anderson, John D., 1985). Dalam penelitian ini tekanan statik adalah sama dengan tekanan atmosfer. Pada kondisi permukaan laut (*sea level*), tekanan atmosfer adalah sama dengan 101.325 Pa. Untuk penelitian ini harga tekanan total pada *inlet* difuser dipilih sebesar 102.000 Pa.

### 2.2.5 Kondisi batas di *exit* difuser

Terdapat beberapa pilihan kondisi batas yang dapat digunakan pada *exit* difuser, antara lain *outflow*, *outlet vent*, dan *pressure outlet* (Manual FLUENT). Pemilihan kondisi batas pada *exit* dipengaruhi oleh kondisi batas yang telah dipilih untuk *inlet*. Untuk kondisi batas *pressure inlet*, maka kondisi batas di *exit* yang bersesuaian adalah *pressure outlet*. Harga parameter yang digunakan pada *pressure outlet* dalam penelitian ini adalah sama dengan kondisi permukaan laut (*sea level*).

## 2.3 Pengolahan Data

Setelah iterasi selesai, maka hasil perhitungan CFD selanjutnya diolah sesuai kebutuhan data. Dalam penelitian ini, data atau hasil yang diinginkan antara lain berupa *losses*, distribusi kecepatan di *exit*, dan kontur kecepatan angin dalam difuser.

### 2.3.1 Penurunan tekanan total (*losses*)

Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan *losses* adalah penurunan tekanan total dari *inlet* hingga *exit* difuser. Definisi *losses* dapat juga dinyatakan secara matematis seperti pada persamaan (2-1).

$$losses (\%) = \frac{P_{01} - P_{02}}{P_{01}} \times 100\% \quad (2-1)$$

Notasi  $p_{01}$  dan  $p_{02}$  masing-masing menyatakan tekanan total di *inlet* dan *exit* difuser. Jika tekanan total di *inlet* sama dengan di *exit*, maka tidak ada *losses* aliran udara di dalam difuser.

**2.3.2 Distribusi kecepatan di exit**

Simulasi *CFD* dilakukan secara 3-D. Dengan demikian analisis distribusi kecepatan di *exit* seharusnya dilakukan secara 2-D. Dalam penelitian ini penyajian distribusi kecepatan di *exit* tersebut hanya dilakukan secara 1-D, yaitu berupa garis lurus saja. Garis lurus tersebut ditempatkan sebidang dengan sudut angin.

**2.3.3 Kontur kecepatan angin**

Simulasi *CFD* yang dilakukan bersifat *internal flow*. Bila dilihat dari luar, maka kontur kecepatan angin dalam difuser tidak akan kelihatan. Untuk melihat kontur angin *internal flow*, maka perlu dibuat tampilan (*display*) yang membelah bagian dalam menjadi dua tepat di posisi tengah.

**3 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah iterasi selesai, maka hasil perhitungan *CFD* selanjutnya diolah sesuai kebutuhan data. Dalam penelitian ini, data atau hasil yang akan dianalisis antara lain berupa *losses*,

distribusi kecepatan di *exit*, dan kontur kecepatan angin dalam difuser.

**3.1 Hasil dan Pembahasan Losses**

Simulasi *CFD* dilakukan pada sudut angin 0 dan 60 derajat. Sudut angin 0 derajat menyatakan bahwa angin datang searah sumbu difuser. Tekanan total di *inlet* diseting sama dengan 102.000 Pa. Hasilnya disajikan dalam Tabel 3-1. Notasi  $\alpha$  dan  $V_{x2}$  masing-masing menyatakan sudut angin dan kecepatan angin rata-rata dalam arah aksial di *exit*.

Hasil dalam Tabel 3-1 menunjukkan bahwa pada sudut angin 0 derajat, *losses* yang terjadi sangat kecil sekali, yaitu antara 0,00 hingga 0,02%. Hal tersebut menandakan bahwa tidak terjadi separasi aliran. Dengan kata lain *losses* yang terjadi hanya diakibatkan oleh gesekan antara aliran udara dan dinding bagian dalam difuser.

Pada sudut angin 60 derajat, difuser modifikasi mempunyai *losses* yang lebih kecil daripada difuser original. Hal tersebut menandakan bahwa bentuk *inlet* yang melengkung dapat mengurangi *losses*.

Pada difuser modifikasi, hasil dalam Tabel 3-1 juga menunjukkan bahwa panjang difuser mempengaruhi *losses*. Semakin pendek difuser, maka *losses*nya juga semakin kecil. Hal tersebut dikarenakan efek gesekannya juga semakin kecil.

Tabel 3-1: BESAR LOSSES DAN KECEPATAN DI EXIT

Difuser	$\alpha$ (deg)	$p_{01}$ (Pa)	$p_{02}$ (Pa)	Losses (%)	$V_{x2}$ (m/det)
original; L = 4 m	0	102.000	101.999	0,00	56,9
	60	102.000	101.886	0,11	54,0
modifikasi; L = 4 m	0	102.000	101.977	0,02	57,6
	60	102.000	101.896	0,10	55,9
modifikasi; L = 3 m	0	102.000	101.997	0,00	57,6
	60	102.000	101.923	0,08	56,0
modifikasi; L = 2 m	0	102.000	101.999	0,00	57,7
	60	102.000	101.967	0,03	56,4
modifikasi; L = 1 m	0	102.000	101.999	0,00	57,2
	60	102.000	101.995	0,00	53,3

Hasil dalam Tabel 3-1 juga menunjukkan bahwa sudut angin mempengaruhi  $V_{x2}$ . Semakin besar sudut angin, maka  $V_{x2}$  menjadi semakin kecil meskipun penurunan  $V_{x2}$  tersebut sangat kecil. Penurunan  $V_{x2}$  tersebut disebabkan oleh separasi aliran di sekitar inlet difuser.

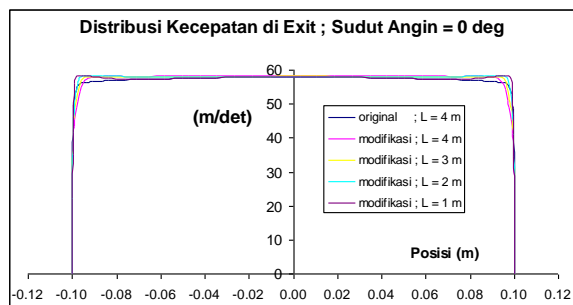
Modifikasi bentuk inlet meningkatkan kecepatan pada exit sebesar 1,4%.

### 3.2 Hasil dan Pembahasan Distribusi Kecepatan di Exit

Besar kecepatan aliran angin di exit difuser,  $V_{x2}$  dalam Tabel 3-1 merupakan harga rata-rata. Distribusi kecepatan di exit tersebut secara rinci disajikan dan dibahas dalam Bab ini.

#### 3.2.1 Distribusi kecepatan di exit pada $\alpha = 0^\circ$

Distribusi kecepatan aliran angin di exit difuser pada sudut angin 0 derajat disajikan dalam Gambar 3-1. Dalam gambar tersebut disajikan perbandingan antara difuser original dan difuser modifikasi dengan berbagai variasi panjang.



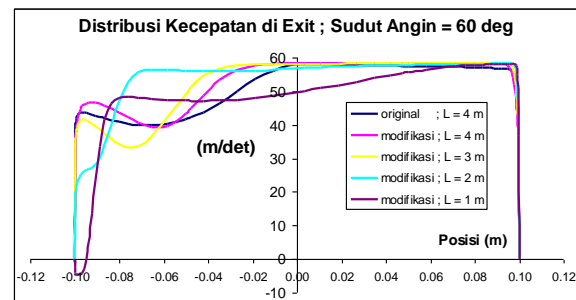
Gambar 3-1: Distribusi kecepatan di exit pada  $\alpha = 0^\circ$

Dalam Gambar 3-1 tersebut dapat dilihat bahwa semua difuser pada penelitian ini pada sudut angin 0 derajat mempunyai distribusi kecepatan angin di exit yang hampir sama. Pada sudut angin 0 derajat, bentuk difuser yang konvergen menghasilkan profil kecepatan di exit yang hampir sama.

#### 3.2.2 Distribusi kecepatan di exit pada $\alpha = 60^\circ$

Distribusi kecepatan aliran angin di exit difuser pada sudut angin 60

derajat disajikan dalam Gambar 3-2. Pada gambar tersebut disajikan perbandingan antara difuser original dan difuser modifikasi dengan berbagai variasi panjang.



Gambar 3-2: Distribusi kecepatan di exit pada  $\alpha = 60^\circ$

Posisi 0 m menyatakan posisi pada sumbu difuser. Posisi bernomor negatif merupakan posisi yang terkena dampak dari separasi aliran dari inlet difuser sehingga kecepatannya lebih kecil dari posisi yang bernomor positif.

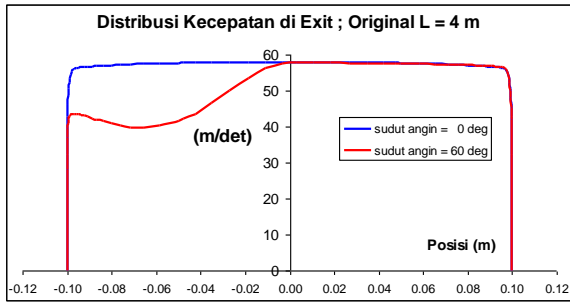
Hasil pada Gambar 3-2 menunjukkan bahwa distribusi kecepatan pada difuser modifikasi dengan  $L = 4$  m (garis berwarna merah muda) lebih besar daripada distribusi kecepatan pada difuser original (garis berwarna biru tua). Hal tersebut menunjukkan bahwa modifikasi bentuk inlet memberikan peningkatan kinerja difuser, khususnya pada sudut angin yang besar.

Pemendekan difuser modifikasi menghasilkan distribusi kecepatan di exit yang bervariasi. Dengan demikian efek pemendekan difuser terhadap kinerja rotor turbin angin yang dipasang di exit difuser belum bisa dipastikan secara langsung karena harus dihitung secara rinci menggunakan teori elemen bilah. Khusus untuk difuser modifikasi dengan  $L = 1$  m, distribusi kecepatan aliran angin di exitnya lebih kecil dari difuser lainnya sehingga dapat dipastikan akan mempunyai kinerja yang paling rendah.

#### 3.2.3 Distribusi kecepatan di exit pada difuser original ( $L = 4$ m)

Adanya sudut angin menyebabkan distribusi kecepatan menjadi tidak seragam. Perbandingan distribusi kecepatan di exit difuser pada sudut

angin 0 dan 60 derajat disajikan dalam Gambar 3-3.

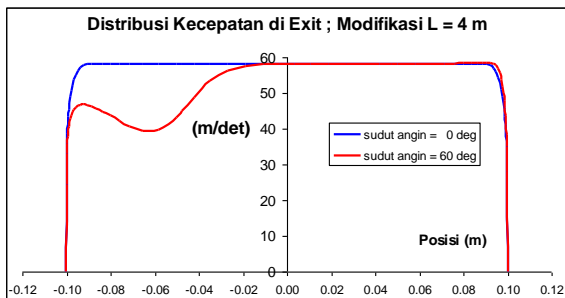


Gambar 3-3: Distribusi kecepatan di exit pada difuser original (L = 4 m)

Hasil simulasi CFD pada Gambar 3-3 menunjukkan bahwa pada sudut angin 0 derajat, distribusi kecepatan pada posisi berharga positif dan pada posisi berharga negatif adalah sama. Dengan adanya sudut angin 60 derajat, maka distribusi kecepatan pada posisi berharga negatif menjadi berubah atau menjadi berkurang. Hal tersebut diakibatkan oleh efek separasi aliran yang terjadi pada inlet difuser. Hasil pada Gambar 3-3 juga menunjukkan bahwa perubahan atau penurunan distribusi kecepatan mulai terjadi pada posisi sekitar 0 m. Posisi tersebut nantinya akan dibandingkan dengan posisi pada difuser-difuser lainnya.

**3.2.4 Distribusi kecepatan di exit pada difuser modifikasi dengan L = 4 m**

Perbandingan efek sudut angin 0 dan 60 derajat terhadap distribusi kecepatan di exit pada difuser modifikasi dengan L = 4 m disajikan dalam Gambar 3-4. Garis berwarna biru dan merah masing-masing menyatakan efek dari sudut angin 0 dan 60 derajat.



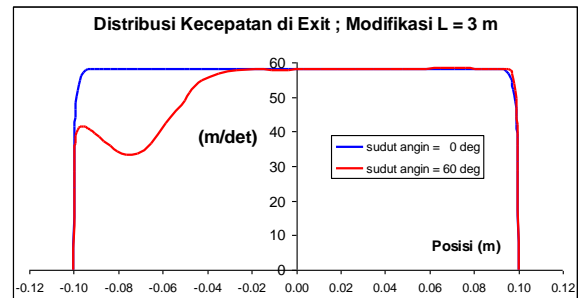
Gambar 3-4: Distribusi kecepatan di exit pada difuser modifikasi dengan L = 4 m

Pola distribusi kecepatan pada Gambar 3-4 sekilas mirip dengan pola

pada Gambar 3-3. Namun masih ada sedikit perbedaan, yaitu pada posisi dimana kecepatan mulai turun. Pada exit difuser original, kecepatan mulai turun pada posisi sekitar 0 m. Dengan kata lain efek separasi aliran masih ada pada daerah sekitar sumbu difuser. Pada exit difuser modifikasi dengan L = 4 m, kecepatan mulai turun pada posisi sekitar 0,015 m. Dengan kata lain efek separasi aliran pada daerah sekitar sumbu difuser sudah mulai berkurang. Hal tersebut menandakan bahwa modifikasi inlet difuser dapat mengurangi efek separasi aliran.

**3.2.5 Distribusi kecepatan di exit pada difuser modifikasi dengan L = 3 m**

Hal yang sama untuk difuser modifikasi dengan L = 3 m disajikan dalam Gambar 3-5. Pola distribusi kecepatan pada gambar tersebut sekilas mirip dengan pola pada gambar sebelumnya.



Gambar 3-5: Distribusi kecepatan di exit pada difuser modifikasi dengan L = 3 m

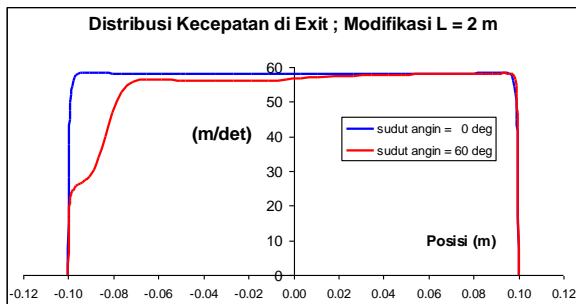
Distribusi kecepatan pada Gambar 3-5 menunjukkan bahwa kecepatan mulai turun pada posisi sekitar -0,025 m. Posisi tersebut semakin jauh dari sumbu difuser. Dengan kata lain, difuser modifikasi dengan L = 3 m mempunyai efek separasi aliran yang lebih kecil dibandingkan dengan L = 4 m.

Pada posisi -0,06 hingga -0,08 m, kecepatan di exit pada difuser L = 3 m sedikit lebih besar daripada pada difuser dengan L = 4 m. Jika pada exit difuser dipasang rotor turbin angin dengan diameter mendekati 2 m, maka difuser dengan L = 3 m akan memberikan daya yang lebih besar. Hal tersebut dikarenakan kontribusi daya pada rotor berasal dari daerah di ujung bilah atau sudu.



### 3.2.6 Distribusi kecepatan di *exit* pada difuser modifikasi dengan $L = 2$ m

Hal yang sama untuk difuser modifikasi dengan  $L = 2$  m disajikan dalam Gambar 3-6. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pola distribusi kecepatan di *exit* pada difuser ini sedikit berbeda dengan difuser-difuser sebelumnya.



Gambar 3-6: Distribusi kecepatan di *exit* pada difuser modifikasi dengan  $L = 2$  m

Gambar 3-6 menunjukkan bahwa penurunan kecepatan sudah mulai terjadi pada posisi sekitar  $+0,03$  m. Hal tersebut menandakan bahwa efek separasi dari *inlet* justru lebih besar dibandingkan dengan difuser-difuser sebelumnya.

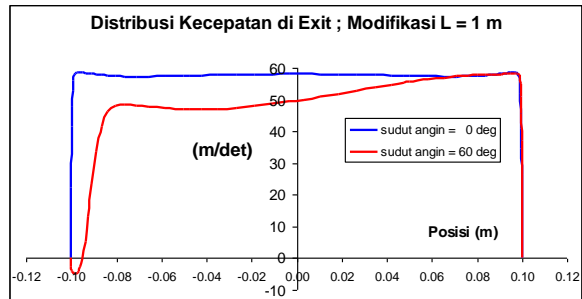
Pada posisi mendekati dinding difuser yaitu pada posisi antara  $-0,08$  hingga  $-0,10$  m, difuser dengan  $L = 2$  m ini mempunyai distribusi kecepatan yang lebih besar jika dibandingkan dengan difuser-difuser sebelumnya. Hal tersebut akan mengakibatkan daya rotor yang dihasilkan menjadi lebih besar

### 3.2.7 Distribusi kecepatan di *exit* pada difuser modifikasi dengan $L = 1$ m

Hal yang sama untuk difuser modifikasi dengan  $L = 1$  m disajikan dalam Gambar 3-7. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pola distribusi kecepatan di *exit* pada difuser ini sangat berbeda dibandingkan dengan difuser-difuser sebelumnya.

Gambar 3-7 menunjukkan bahwa penurunan kecepatan sudah terjadi pada posisi sekitar  $+0,07$  m. Dengan kata lain hampir semua daerah di *exit* difuser masih merasakan efek separasi aliran dari *inlet*. Hal tersebut dikarenakan difuser yang terlalu pendek, yaitu hanya 1 m.

Pada posisi di sekitar  $-0,10$  m, distribusi kecepatannya ada yang berharga negatif. Hal tersebut menandakan bahwa terjadi separasi aliran pada dinding *exit*, sehingga kecepatan di *exit* menjadi kecil, dan mengakibatkan kinerja/daya rotor menjadi lebih kecil.



Gambar 3-7: Distribusi kecepatan di *exit* pada difuser modifikasi dengan  $L = 1$  m

## 3.3 Hasil dan Pembahasan Kontur Kecepatan

Selain dalam bentuk kuantitatif parameter di *exit* difuser, hasil simulasi CFD juga dapat disajikan dalam bentuk kontur parameter. Dalam penelitian ini kontur parameter yang akan disajikan dan dibahas adalah kontur kecepatan di dalam setiap difuser.

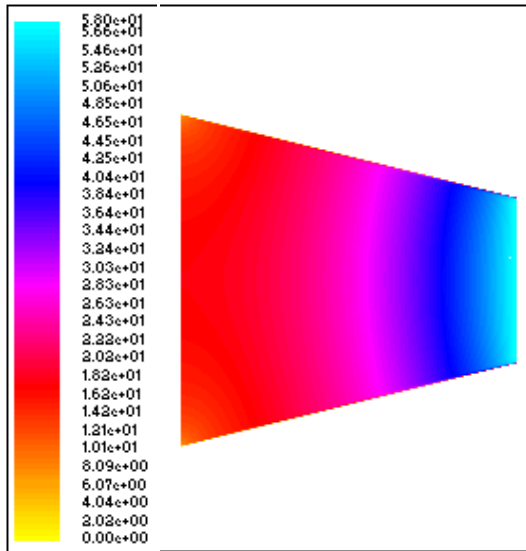
### 3.3.1 Kontur kecepatan pada difuser original

Distribusi kecepatan angin di dalam difuser original pada sudut angin 0 dan 60 derajat masing-masing disajikan dalam Gambar 3-8 dan Gambar 3-9. Distribusi kecepatan tersebut diambil dari penampang tampak samping bagian tengah.

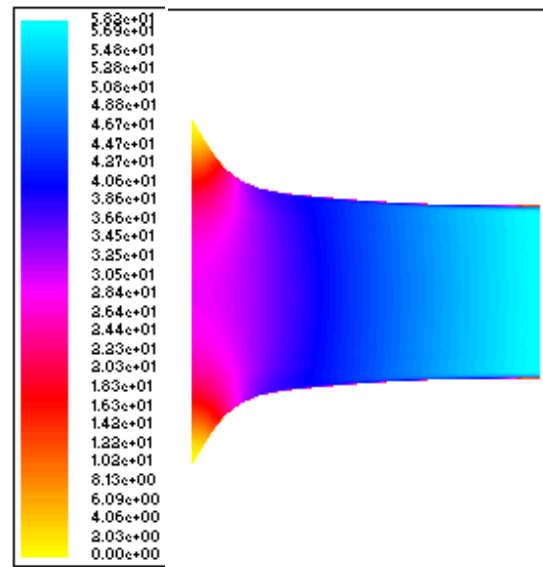
Kontur kecepatan pada Gambar 3-8 menunjukkan bahwa distribusi kecepatan angin dalam difuser adalah simetris. Hal tersebut dikarenakan sudut angin sebesar 0 derajat. Bentuk difuser yang konvergen menyebabkan kecepatan angin dalam difuser dipercepat dari *inlet* hingga *exit*.

Pada sudut angin 60 derajat, terjadi separasi aliran yang dimulai dari daerah *inlet*. Hal tersebut dapat dilihat dari kecepatan angin yang sangat rendah di sekitar dinding bagian bawah difuser.

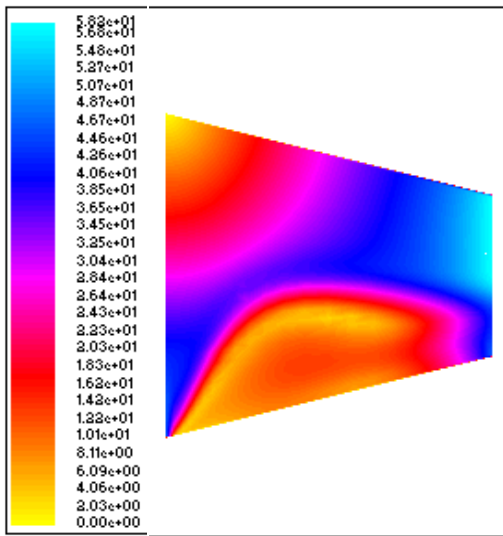




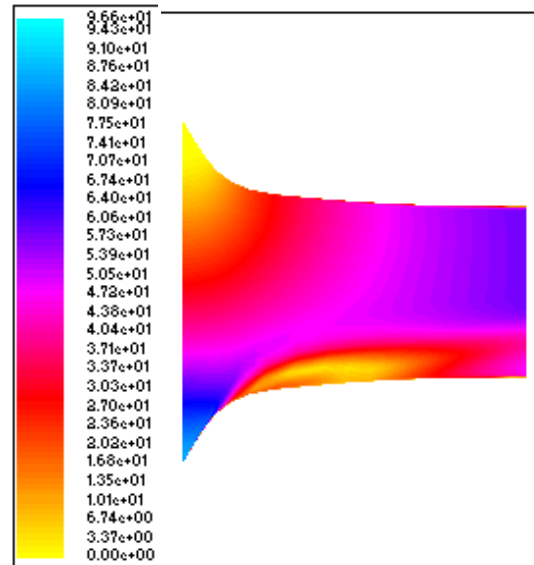
Gambar 3-8: Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser original pada  $\alpha = 0^\circ$



Gambar 3-10: Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser modifikasi dengan  $L = 4$  m pada  $\alpha = 0^\circ$



Gambar 3-9: Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser original pada  $\alpha = 60^\circ$



Gambar 3-11: Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser modifikasi dengan  $L = 4$  m pada  $\alpha = 60^\circ$

### 3.3.2 Kontur kecepatan pada difuser modifikasi dengan $L = 4$ m

Distribusi kecepatan angin di dalam difuser modifikasi dengan  $L = 4$  m pada sudut angin  $0$  dan  $60$  derajat masing-masing disajikan dalam Gambar 3-10 dan Gambar 3-11. Gambar tersebut diambil dari sudut pandang penampang yang sama dengan difuser original.

Kontur kecepatan dalam Gambar 3-10 menunjukkan bahwa kecepatan di sekitar dinding *inlet* adalah sangat rendah. Hal tersebut dikarenakan adanya sudut *inlet* yang menyebabkan sebagian aliran menabrak dinding tersebut dan tidak semuanya mengalir ke bagian tengah difuser.

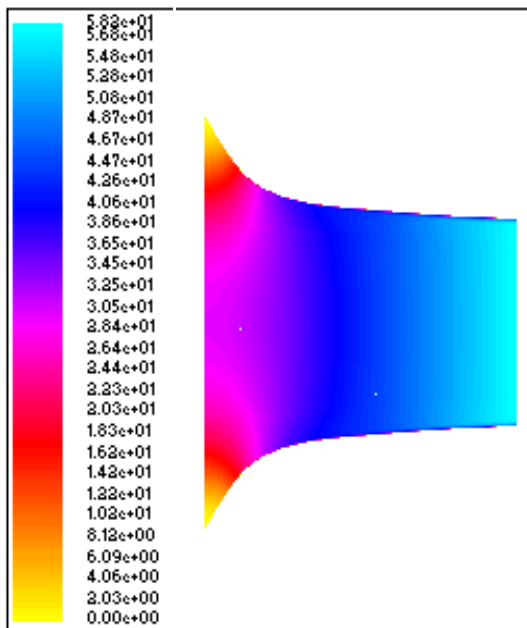
Kontur kecepatan dalam Gambar 3-11 menunjukkan bahwa kecepatan aliran angin di sekitar dinding *inlet* bagian bawah adalah cukup tinggi. Hal tersebut menandakan bahwa sudut angin terhadap sudut *inlet* adalah tepat. Separasi aliran terjadi setelah melewati daerah *inlet* bagian bawah. Hal tersebut dikarenakan radius lengkungan yang terlalu kecil.

Jika dibandingkan dengan kontur pada Gambar 3-9, maka kontur pada Gambar 3-11 mempunyai daerah separasi aliran yang lebih baik. Hal tersebut menandakan bahwa modifikasi *inlet* yang

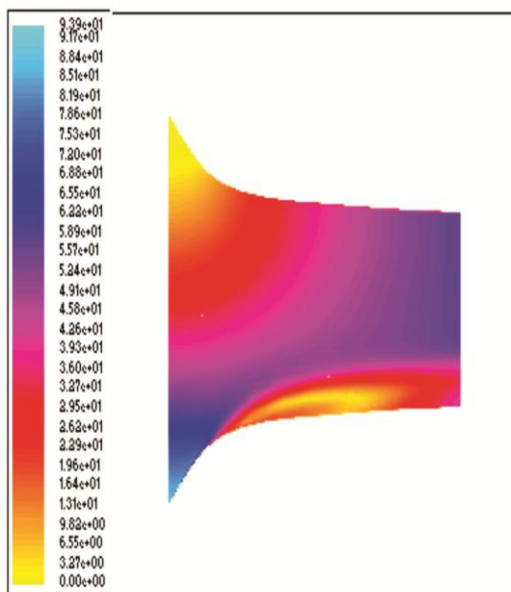
dilakukan telah berhasil mengurangi efek separasi aliran.

**3.3.3 Kontur kecepatan pada difuser modifikasi dengan L = 3 m**

Distribusi kecepatan angin di dalam difuser modifikasi dengan L = 3 m pada sudut angin 0 dan 60 derajat masing-masing disajikan dalam Gambar 3-12 dan Gambar 3-13. Gambar tersebut diambil dari sudut pandang penampang yang sama dengan difuser-difuser sebelumnya.



Gambar 3-12:Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser modifikasi dengan L = 3 m pada  $\alpha = 0^\circ$



Gambar 3-13:Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser modifikasi dengan L = 3 m pada  $\alpha = 60^\circ$

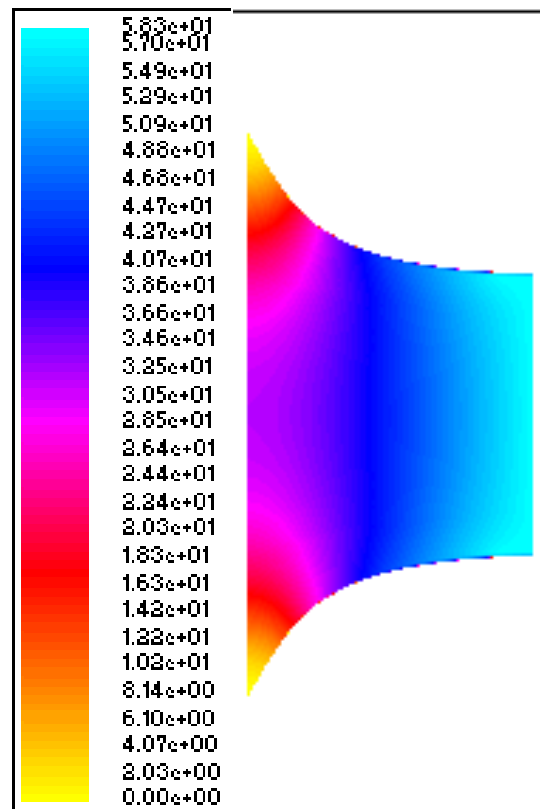
Kontur pada Gambar 3-12 serupa dengan kontur pada Gambar 3-10. Hal tersebut dikarenakan kedua difuser tersebut hanya berbeda panjang saja.

Kontur pada Gambar 3-13 juga serupa dengan kontur pada Gambar 3-11. Hal tersebut menandakan bahwa penyebab separasi pada difuser modifikasi adalah radius lengkungan yang terlalu kecil.

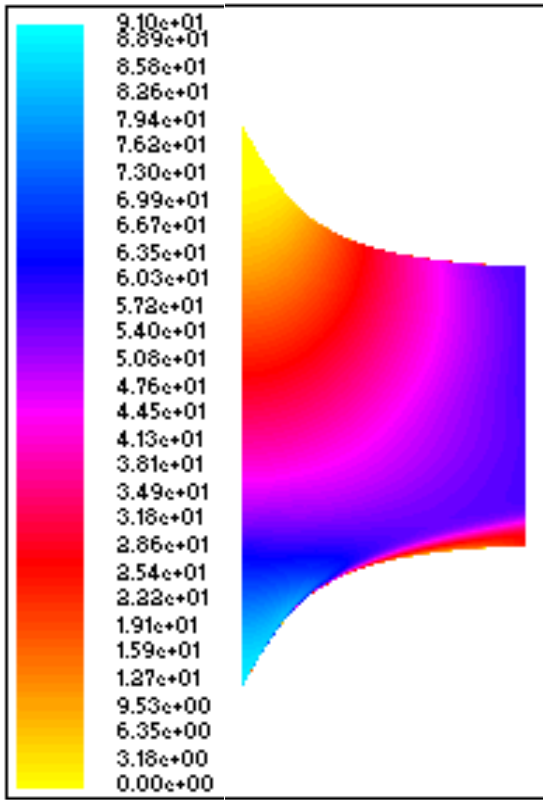
**3.3.4 Kontur kecepatan pada difuser modifikasi dengan L = 2 m**

Distribusi kecepatan angin di dalam difuser modifikasi dengan L = 2 m pada sudut angin 0 dan 60 derajat masing-masing disajikan dalam Gambar 3-14 dan Gambar 3-15. Gambar tersebut diambil dari sudut pandang penampang yang sama dengan difuser-difuser sebelumnya.

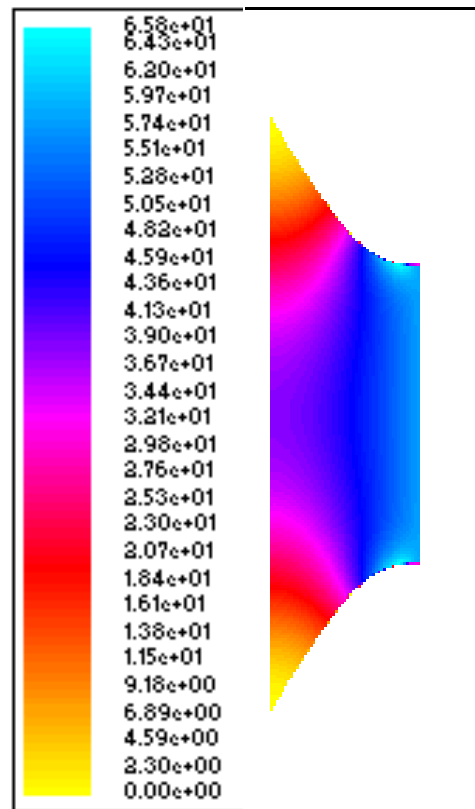
Kontur pada Gambar 3-14 serupa dengan kontur pada Gambar 3-12. Hal tersebut dikarenakan kedua difuser tersebut hanya berbeda panjang saja.



Gambar 3-14:Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser modifikasi dengan L = 2 m pada  $\alpha = 0^\circ$



Gambar 3-15:Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser modifikasi dengan L = 2 m pada  $\alpha = 60^\circ$



Gambar 3-16:Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser modifikasi dengan L = 1 m pada  $\alpha = 0^\circ$

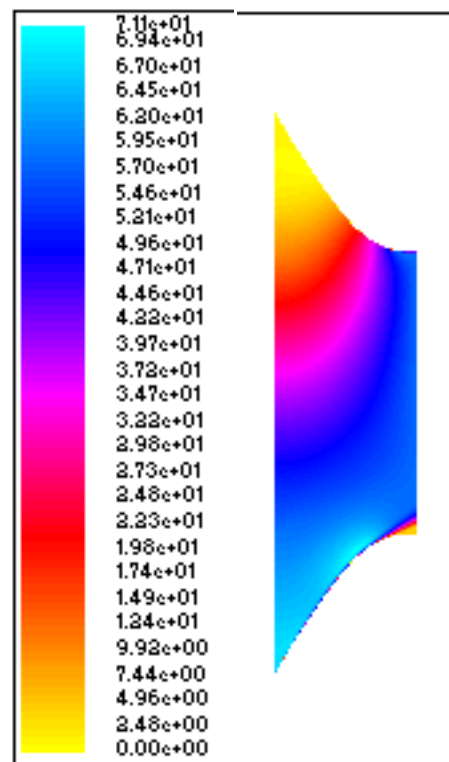
Kontur pada Gambar 3-15 menunjukkan bahwa daerah separasi alirannya lebih kecil daripada kontur pada Gambar 3-13. Hal tersebut dikarenakan difuser pada Gambar 3-15 lebih pendek sehingga efek separasi alirannya tidak terlalu menyebar.

### 3.3.5 Kontur kecepatan pada difuser modifikasi dengan L = 1 m

Kontur yang terakhir adalah kontur kecepatan pada difuser modifikasi dengan L = 1 m. Kontur tersebut disajikan dalam Gambar 3-16 dan Gambar 3-17 yang mana masing- masing untuk sudut angin 0 dan 60 derajat.

Kontur pada Gambar 3-16 serupa dengan kontur pada Gambar 3-14. Hal tersebut dikarenakan kedua difuser hanya berbeda panjang saja.

Kontur pada Gambar 3-17 menunjukkan tidak adanya separasi aliran di sekitar *inlet* difuser. Separasi aliran justru terlihat jelas pada dinding bagian bawah *exit* difuser.



Gambar 3-17:Kontur kecepatan (m/det) dalam difuser modifikasi dengan L = 1 m pada  $\alpha = 60^\circ$

## 4 KESIMPULAN

- Hasil simulasi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi *inlet*

difuser menghasilkan distribusi kecepatan di *exit* sedikit lebih baik, dengan kenaikan sebesar 1,4%. Besarnya sudut angin juga mempengaruhi distribusi kecepatan di *exit*. Semakin besar sudut angin, maka distribusi kecepatan di *exit* menjadi semakin kecil, pada sudut angin 60°, dari sudut angin 0° terjadi penurunan sebesar 2,95%, hal ini dikarenakan terjadinya separasi.

- Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa panjang difuser dapat mempengaruhi distribusi kecepatan di *exit*. Pada panjang diffuser 1 m terjadi penurunan kecepatan di *exit* maksimum sebesar 4,6 %, sehingga panjang ideal yang disarankan adalah 2 m.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Anderson, John D., 1985. *Fundamentals of Aerodynamics*, Mc. Grawhill company, Singapore.
- K. M. Foreman, 1980, *Preliminary Design and Economic Investigation of Diffuser Augmented Wind Turbine* (DAWT), Research Department, Grumman Aerospace Corporation, Bethpage, New York.
- Manual *FLUENT*.
- Manual *GAMBIT*
- Michael Moeller Jr dan Kenneth Visser, 2008. *Analysis of Diffuser Augmented Wind Turbine*, Department of Mechanical and Aeronautical Engineering, Clarkson University.
- Sulistyo Atmadi dan Ahmad Jamaludin Fitroh, 2011. *Perhitungan dan Analisis Losses, Diameter Efektif Rotor, dan Penyerapan Daya dan Energi Pada Difuser Augmented Wind Turbine (DAWT)*, Jurnal Teknologi Dirgantara edisi Desember, LAPAN.
- Sulistyo Atmadi dan Ahmad Jamaludin Fitroh, 2011. *Simulasi Penggunaan Difuser Pada Turbin Angin Sumbu Horisontal Untuk Kenaikan Daya*, Jurnal Teknologi Dirgantara edisi Juni, LAPAN.