

Karakteristik Aliran Fluida di Dalam Asymmetric Diffuser dengan Penambahan Vortex Generator

Yiyin Klistafani^{1,a}

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea, Makassar, 90245, Indonesia

^ayiyin_klistafani@poliupg.ac.id

Abstract—A numerical investigation of asymmetric diffuser which equipped with vortex generator is presented. The investigation is aimed to know fluid flow characteristic in asymmetric diffuser which equipped with vortex generator on the up side of its diverging wall and to determine the effectiveness of using vortex generator on diffuser performance. Numerical investigation method was done by using Computational Fluid Dynamics (CFD) method with Fluent 6.3.26 software and with software of GAMBIT 2.4.6 to designed geometry and discriminated (meshing) it. The procedures performed on numerical investigation were pre-processing, solving, and post-processing stages. The results show that the flow of fluid simulated shear stress transport (SST) $k-\omega$ did not suffer a deflection toward the straight wall shortly at the time when entering the diffuser. Standard $k-\epsilon$ predicted the flow was deflected when entering the diffuser. Addition of vortex generator was not able to reduce the amount of adverse pressure gradient effect that occurred within the diffuser so using vortex generator was not effective to improve diffuser performance.

Keywords—*asymmetric diffuser; vortex generator; numerical; CFD.*

Abstrak—Studi numerik karakteristik aliran fluida di dalam *Asymmetric diffuser* dengan penambahan *vortex generator* dilakukan untuk mengetahui fenomena aliran fluida di dalam *asymmetric diffuser* yang dilengkapi dengan *vortex generator* pada sisi atas diverging wall, dan untuk menentukan efektivitas penggunaan *vortex generator* terhadap performa *diffuser*. Metode penelitian numerik dilakukan dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan software *Fluent 6.3.26* dan dengan software *GAMBIT 2.4.6* untuk membuat model geometri awal dan melakukan diskritisasi (meshing) pada model tersebut. Prosedur yang dilakukan pada penelitian numerik adalah tahap pre-processing, tahap solving, dan tahap post-processing. Hasil yang didapat yaitu aliran fluida hasil simulasi *shear stress transport (SST) k- ω* tidak mengalami defleksi ke arah *straight wall* sesaat ketika memasuki *diffuser*. Sedangkan pada *standard k- ϵ* , aliran mengalami defleksi ketika memasuki *diffuser*.

Kata Kunci—*asymmetric; vortex generator; numerik; CFD.*

I. Pendahuluan

Dalam perkembangan teknologi saat ini, *diffuser* merupakan salah satu bagian yang memiliki peranan penting dalam bidang keteknikan, dimana *diffuser* sebagai konstruksi yang mampu mengendalikan perilaku fluida. Penggunaan *diffuser* sering dijumpai dalam komponen-komponen pendukung diantaranya pada pompa sentrifugal, *subsonic* dan *supersonic wind tunnel*, *ducting system* pada *Central Air Conditioner*, dan *rear bumper* pada mobil.

Dalam perkembangan dunia otomotif, *diffuser* digunakan untuk meningkatkan *down force* dan mengurangi adanya *drag force* pada mobil. Penambahan *vortex generator* di dalam *diffuser* ditujukan untuk menunda terjadinya separasi aliran dan mereduksi *drag force*. Studi mengenai karakteristik aliran fluida di dalam *diffuser* dapat dilakukan dengan menggunakan metode numerik. Dalam kemajuan teknologi, pemakaian metode numerik semakin berkembang mengingat pemakaiannya yang cukup efisien dari segi waktu dan biaya.

Penelitian karakteristik aliran fluida di dalam *diffuser* telah banyak dilakukan. Pada penelitian terdahulu ditunjukkan terjadinya gejala separasi dan *vortex* yang sangat besar di bagian *diverging area diffuser* [1] yang mengakibatkan nilai C_p tidak maksimal. Menurut Firchi [2], peningkatan bilangan *Reynolds* tidak mampu secara signifikan menunda terjadinya separasi. Sedangkan penggunaan *vortex generator* yang diterapkan oleh Khanafi [3] pada *symmetric flat walled diffuser* mampu meningkatkan performa *diffuser*. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Fahmi [4] memberikan hasil bahwa penggunaan

vortex generator tidak memberikan kenaikan nilai C_{pr} yang signifikan. Berdasarkan dari hasil yang diperoleh para peneliti terdahulu, maka perlu ditinjau kembali efektifitas penambahan *vortex generator* terhadap performa *diffuser*.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik aliran fluida di dalam *asymmetric diffuser* dengan penambahan *vortex generator* dan mengetahui efektifitas penggunaan *vortex generator* terhadap performa *diffuser*. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui visualisasi aliran hasil *software FLUENT*.

Separasi aliran yang terjadi di dalam *diffuser* adalah akibat dari semakin besarnya *adverse pressure gradient*. Hal tersebut tentunya berpengaruh terhadap menurunnya performa *diffuser*, terlebih lagi jika separasi aliran terjadi terlalu dini. Oleh karenanya diperlukan penelitian lebih lanjut secara numerik terhadap karakteristik aliran fluida di dalam *Asymmetric diffuser* dengan penambahan *vortex generator*. Pada penelitian-penelitian terdahulu peletakkan *vortex generator* yaitu pada sisi *straight wall diffuser*, manun pada penelitian ini letak *vortex generator* yaitu pada sisi *diverging wall*.

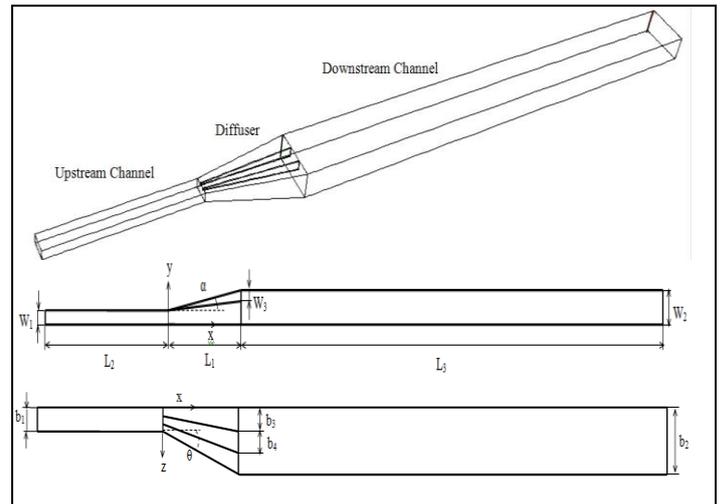
II. Metode Penelitian

Metode penelitian numerik dilakukan dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan *software Fluent 6.3.26* dan dengan *software GAMBIT 2.4.6* untuk membuat model awal dan melakukan diskritisasi (*meshing*) pada model tersebut. Prosedur yang dilakukan pada penelitian numerik adalah tahap *pre-processing*, tahap *solving*, dan tahap *post-processing*.

II.1 Tahap Pre-processing

Tahap *pre-processing* terdiri atas membuat model dan geometri, membuat *meshing*, dan menentukan kondisi batas. Pembuatan model dan geometri *asymmetric flat-walled diffuser* dengan *vortex generator* (gambar 1) beserta detail spesifikasi dapat dilihat pada tabel 1.

Jenis *mesh* yang digunakan yaitu *meshing volume* tipe *hexahedral-map* mengacu pada penelitian sebelumnya [1][5] dengan *grading* pada arah vertikal dengan distribusi *mesh* yang semakin rapat pada semua dinding, baik *diverging wall* maupun *straight wall*. Hal ini dilakukan sebagai efek adanya *wall function*. Kondisi batas inlet dan outlet secara berurut yaitu *velocity inlet* dan *outflow*.



Gambar 1. Model *asymmetric flat-walled diffuser* dengan *vortex generator*

Tabel 1. Dimensi Geometri *asymmetric flat-walled diffuser*

Spesifikasi	Simbol	Besar (mm)
Panjang <i>diffuser</i>	L_1	500
Panjang <i>downstream channel</i>	L_2	850
Panjang <i>upstream channel</i>	L_3	2900
Lebar inlet span <i>diffuser</i>	b_1	100
Lebar outlet span <i>diffuser</i>	b_2	280
Jarak <i>vortex generator</i> dengan dinding <i>diffuser</i>	b_3	90
Jarak antara kedua <i>vortex generator</i>	b_4	100
Tinggi inlet <i>diffuser</i>	W_1	50
Tinggi outlet <i>diffuser</i>	W_2	140
Tinggi <i>vortex generator</i>	W_3	50
Sudut divergensi dinding atas	θ	10°
Sudut divergensi dinding depan	α	20°

II.2 Tahap Solving (running)

Pada tahap *solving*, langkah awal yaitu membaca data hasil ekspor GAMBIT, diikuti dengan pengecekan grid, penentuan skala, pemilihan *model solver* dan model turbulensi. *Stress transport (SST) k-omega* dengan *standard k-epsilon* adalah model turbulensi yang digunakan pada penelitian ini. Pada penentuan kondisi batas, daerah inlet diasumsikan sebagai *velocity inlet* dengan nilai kecepatan sebesar 26,4 m/s. Nilai intensitas turbulen dan *turbulent length scale* yang ditentukan yaitu 3.7% dan 0,00467 m. Sedangkan *outlet* adalah *outflow, wall* untuk batasan semua dinding *diffuser* termasuk *vortex generator*.

II.3 Tahap Post-processing

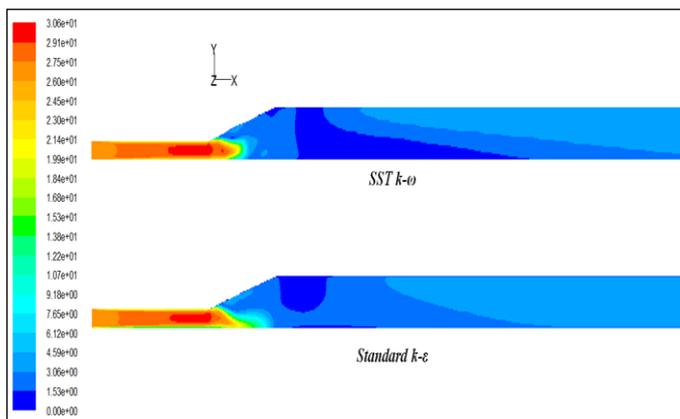
Tahap *Post-processing* merupakan tampilan hasil yang telah diperoleh yaitu berupa visualisasi kontur

kecepatan bidang $x-y$, $x-z$, dan $z-y$, serta visualisasi detail vektor kecepatan pada bidang $x-y$.

III. Hasil dan Pembahasan

III.1 Kontur Kecepatan

Fenomena separasi di dalam *asymmetric diffuser* secara detail dapat ditunjukkan dengan visualisasi numerik melalui tampilan kontur dan vektor kecepatan. Gambar 2 menunjukkan hasil kontur kecepatan dari dua model turbulensi yang diukur pada sisi *mid span* bidang vertikal. Sedangkan gambar 3 merupakan hasil visualisasi kontur kecepatan pada *mid span* horisontal. Namun sebagai analisa lebih lanjut maka ditampilkan pula kontur dan vektor kecepatan pada bidang melintang (Gambar 4 dan 5) agar mampu menginformasikan detail aliran tiga dimensi (3D) yang melintasi *asymmetric diffuser*, terutama besar *vortex* yang terbentuk.

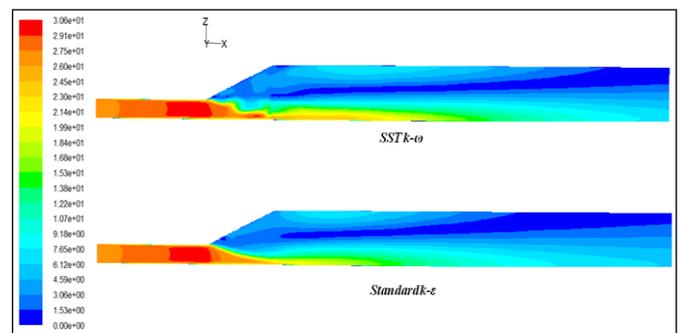


Gambar 2. Kontur Kecepatan pada *Mid Span* Bidang Vertikal (*velocity magnitude* dalam *m/s*)

Kontur kecepatan untuk kedua model turbulensi memiliki perbedaan pada sisi *downstream*. Terlihat pada gambar 2 bahwa ukuran *vortex* yang terbentuk pada sisi *downstream* diantara kedua model turbulensi berbeda. Seperti yang terlihat dari distribusi kontur kecepatan yang berwarna biru tua. *Vortex* yang terbentuk pada kontur kecepatan *shear stress transport (SST) k-omega* mendominasi sisi *straight wall* dan mengalami peningkatan kecepatan secara bertahap hingga *outlet downstream channel*. *Vortex* pada *mid span* vertikal hasil *standard k-epsilon* terbentuk pada saat aliran memasuki *downstream channel*, dimana lokasi *vortex* terlihat di dekat dinding atas. Kemudian aliran mulai mengalami peningkatan kecepatan hingga sisi keluaran *downstream channel*.

Kontur kecepatan pada *mid span* bidang vertikal untuk kedua model turbulensi terlihat tidak ada perbedaan yang signifikan pada sisi *upstream*. Dimana

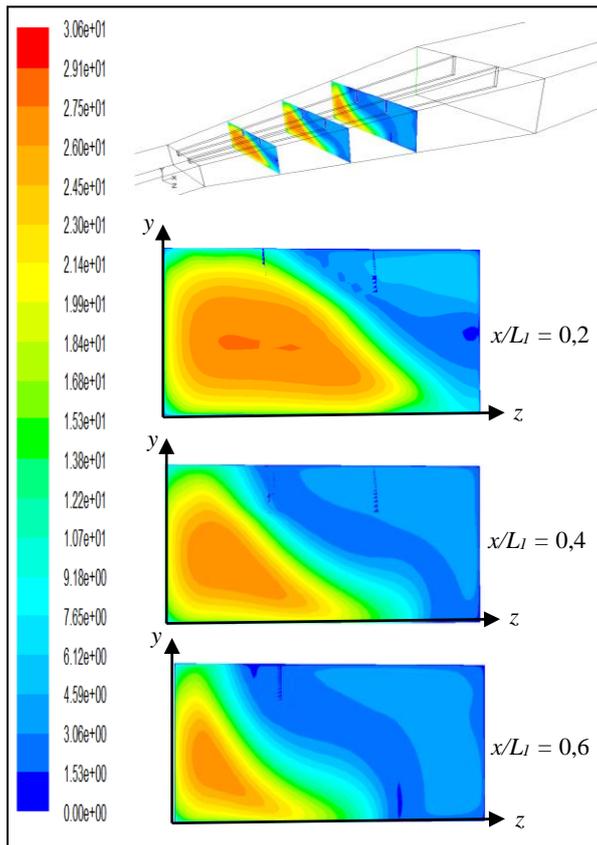
aliran mengalami peningkatan kecepatan dengan ditunjukkan oleh gradasi warna jingga menjadi merah. Kontur kecepatan *mid span* vertikal hasil dari *SST k-omega* dan *standard k-epsilon* terlihat berbeda ketika aliran memasuki *diffuser*. Pada kontur kecepatan hasil *SST k-omega* menunjukkan bahwa aliran dari *upstream channel* dengan kecepatan tinggi seakan menyembur linear masuk ke dalam *diffuser*. Hal ini dikarenakan tegangan geser pada dinding cukup besar dan menjadikan *boundary layer* cepat berkembang. Aliran tidak mengalami defleksi ke arah *straight wall* sesaat ketika memasuki *diffuser*, sehingga pada sisi *straight wall* kecepatan aliran tidak lebih besar dibandingkan sisi *diverging wall*. Seperti yang terlihat bahwa kontur yang berwarna jingga tepat memasuki *diffuser* dan mengalami penurunan kecepatan secara kontinyu. Pada kontur kecepatan *standard k-epsilon* memperlihatkan bahwa aliran dari *upstream channel* dengan kecepatan tinggi mengalami penurunan kecepatan secara kontinyu ketika memasuki *diffuser* hingga sisi *downstream channel*. Pada sisi dinding lurus (*straight wall*), kecepatan aliran sangat tinggi dibandingkan dengan kecepatan aliran pada sisi dinding divergen.



Gambar 3. Kontur Kecepatan Pada *Mid Span* Bidang Horisontal (*velocity magnitude* dalam *m/s*)

Pada gambar 3 terlihat secara general bahwa kedua model turbulensi memiliki kesamaan kontur kecepatan pada *mid span* horisontal, terutama pada sisi *upstream*. Sedangkan kontur kecepatan di dalam *diffuser* terdapat perbedaan antara *shear stress transport (SST) k-omega* dengan *standard k-epsilon*. Kecepatan tinggi pada sisi *straight wall* hasil *shear stress transport (SST) k-omega* memiliki distribusi lebih luas di dalam *diffuser* dibandingkan dengan *standard k-epsilon*. Selain itu ditemukannya kecepatan aliran yang sangat rendah pada daerah diantara perubahan penampang dari dinding divergen menuju dinding lurus. Sedangkan pada sisi *downstream*, *vortex* yang terbentuk (dilihat dari distribusi kontur yang berwarna biru tua) diantara kedua model turbulensi memiliki kesamaan, dimana *vortex* ditemukan sepanjang

downstream channel hingga sisi keluaran. Namun volume vortex untuk hasil *standard k-ε* terlihat lebih besar dibandingkan hasil *shear stress transport (SST) k-ω*.



Gambar 4. Kontur Kecepatan Hasil Simulasi Numerik *Standard k-ε* Pada Bidang Melintang *z-y* (*velocity magnitude* dalam *m/s*)

Gambar 4 merupakan kontur kecepatan hasil simulasi numerik *standard k-ε* pada bidang melintang *z-y* yang memotong *diffuser* tegak lurus dengan arah aliran utama pada *cross section* $x/L_1 = 0,2$, $x/L_1 = 0,4$, dan $x/L_1 = 0,6$. Analisa kontur kecepatan pada bidang tersebut dimaksudkan untuk mengetahui secara jelas pola kecepatan aliran pada *diffuser* sebagai analisa lanjut *3D* setelah analisa *mid span* bidang vertikal (bidang *x-y*) dan *mid span* bidang horisontal (bidang *x-z*) yang telah dipaparkan sebelumnya.

Pada gambar 4 dapat dilihat secara general bahwa ketiga kontur pada bidang melintang tersebut memiliki kecepatan aliran dekat *straight wall* (dinding belakang) yang lebih tinggi dibandingkan kecepatan aliran yang berada di dekat *diverging wall* (dinding depan). Hal tersebut dibuktikan oleh warna aliran pada kontur kecepatan yaitu berwarna jingga di dekat *straight wall*

namun tergradasi secara *circle* (melingkar) hingga warna berubah menjadi biru ketika di dekat *diverging wall*.

Kontur kecepatan bidang *z-y* pada *cross section* $x/L_1 = 0,2$ didominasi oleh warna jingga yang tergradasi *circle* hingga biru muda, sedangkan kontur dengan warna biru tua relatif kecil walaupun *vortex* sudah terbentuk di dekat dinding depan (warna biru tua). Pada saat aliran semakin melaju menuju tengah *diffuser* ($x/L_1 = 0,4$) maka akan terjadi penurunan kecepatan secara kontinu. Seperti yang terlihat pada kontur kecepatan bidang *z-y* pada *cross section* $x/L_1 = 0,4$, luasan kontur yang berwarna jingga lebih kecil dibandingkan pada bidang *z-y* pada *cross section* $x/L_1 = 0,2$. Hampir separuh luasan bidang tersebut memiliki kontur yang berwarna biru, terlihat bahwa *vortex* yang terbentuk semakin besar. Kontur kecepatan pada bidang *z-y* pada *cross section* $x/L_1 = 0,6$ didominasi oleh warna biru. Luasan kontur yang berwarna jingga pada bidang tersebut paling kecil dibandingkan dengan kontur pada bidang *z-y* di $x/L_1 = 0,2$ dan $x/L_1 = 0,4$. Hal ini mengindikasikan bahwa kecepatan aliran semakin kecil seiring mendekati *outlet diffuser*.

5.1.3 Vektor Kecepatan

Tampilan vektor kecepatan pada *mid span* bidang vertikal ditunjukkan pada gambar 5. Berdasarkan pada hasil sebelumnya [6], letak titik separasi hasil numerik berdasarkan profil kecepatan pada *mid span* bidang vertikal hanya dapat diketahui berada diantara jarak $x/L_1 = 0$ dan $x/L_1 = 0,2$. Dari perbesaran (*detail*) vektor kecepatan pada tiap *cross section* pada gambar 5, letak titik separasi (*separation point*) dapat ditunjukkan dengan lebih detail pada jarak tertentu.

Detail vektor kecepatan diambil pada jarak antara $x/L_1 = 0$ dan $x/L_1 = 0,19$ yang direpresentasikan dengan titik A, B, C, D, E, F, G dan H. Dengan perubahan jarak x/L_1 , aliran mengalami separasi dengan *separation point* berada di sekitar titik C ($x/L_1 = 0,14$) untuk kedua model turbulensi *standard k-ε* dan *shear stress transport (SST) k-ω*. Dengan kata lain awal terjadinya separasi terletak pada jarak $x = 0,07$ m dari *inlet diffuser*. Separasi aliran terjadi di dekat dinding atas *diffuser*. Sesaat setelah separasi terjadi maka diikuti dengan adanya *back flow*.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya [6], dimana *diffuser* tidak dilengkapi dengan *vortex generator*, maka titik separasi terletak pada $x/L_1 = 1,8$ (prediksi dari model turbulensi *standard k-ε*) dan $x/L_1 = 1,4$ (prediksi dari model turbulensi *shear stress transport (SST) k-ω*). Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan *vortex generator* tidak mampu memberikan dampak penundaan separasi aliran, karena letak titik separasi tidak berubah yaitu x/L_1

= 1,4 untuk prediksi dari *shear stress transport (SST) k- ω* . Hasil prediksi model turbulensi *standard k- ϵ* justru memberikan hasil fenomena separasi yang justru terjadi lebih awal untuk aliran melintasi *diffuser* dengan penambahan *vortex generator*, yaitu dari $x/L_1 = 1,4$, dimana sebelumnya separasi terjadi pada $x/L_1 = 1,8$ pada aliran fluida melintasi *diffuser* tanpa *vortex generator*. Sehingga penambahan *vortex generator* pada sisi atas *diverging wall asymmetric diffuser* tidak mampu meningkatkan performa *diffuser* tidak tertunda. Hal ini diakibatkan oleh tidak efektifnya penambahan *vortex generator* dalam meredam besarnya efek *adverse pressure gradient*.

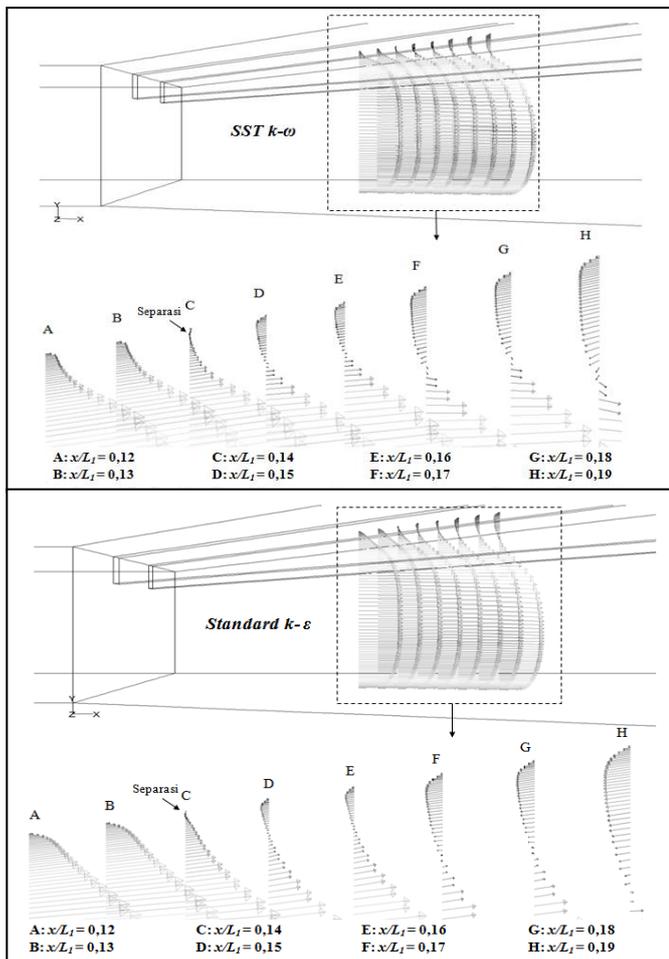
IV. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Kontur kecepatan pada *mid span* bidang vertikal untuk model turbulensi *standard k- ϵ* dan *shear stress transport (SST) k- ω* memiliki perbedaan yang signifikan pada daerah *diffuser* dan *downstream channel*.
2. Berdasarkan kontur kecepatan pada *mid span* bidang vertikal, aliran fluida hasil simulasi *shear stress transport (SST) k- ω* tidak mengalami defleksi ke arah *straight wall* sesaat ketika memasuki *diffuser*. Sedangkan pada *standard k- ϵ* , aliran mengalami defleksi ketika memasuki *diffuser*.
3. *Vortex* yang terbentuk pada sisi *downstream channel* hasil *shear stress transport (SST) k- ω* lebih besar dari pada hasil *standard k- ϵ* pada *mid span* bidang vertikal, dan sebaliknya pada *mid span* bidang horizontal.
4. Hasil simulasi numerik model turbulensi *standard k- ϵ* dan *shear stress transport (SST) k- ω* memberikan prediksi yang sama terkait letak awal titik separasi, yaitu di *cross section* $x/L_1 = 0,14$.
5. Penambahan *vortex generator* pada sisi atas *diverging wall asymmetric diffuser* tidak mampu meningkatkan performa *diffuser* karena separasi aliran tidak tertunda (hasil *shear stress transport (SST) k- ω* menunjukkan titik separasi tidak berubah), dan justru mengakibatkan terjadinya separasi lebih awal (hasil *standard k- ϵ*).
6. Penambahan *vortex generator* tidak mampu meredam besarnya efek *adverse pressure gradient* yang terjadi di dalam *diffuser*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan dana kegiatan penelitian ini melalui Hibah DIPA PNUP sehingga kegiatan penelitian dapat terlaksana dengan baik.



Gambar 5. Vektor Kecepatan Hasil Simulasi Numerik Pada *Mid Span* Bidang Vertikal

Daftar Pustaka

- [1] Klistafani, Y., “Studi Numerik Pengaruh Penambahan Vortex Generator Terhadap Karakteristik Aliran Fluida di Dalam Asymmetric Diffuser”. Prosiding Seminar Nasional Tellu Cappa, Makassar, 2017.
- [2] Firchi, I., “Studi Eksperimen dan Numerik Karakteristik Boundary Layer Turbulen di dalam Asymmetric Flat-Walled Diffuser 20°. Tugas Akhir. Teknik Mesin ITS, Surabaya, 2011.
- [3] Khanafi, “Numerical Study Of Fluid Flow Characteristic in Symmetric Flat- Flat-Diffuser With Constant b/W Ratio and $(\theta_1) = 8^\circ$ and $(\theta_1) = 12^\circ$ Divergence Angles Modified With Vortex Generator “ Case studies for Reynolds number $Re_{w1}=8.7 \times 10^4$ ”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.
- [4] Fahmi, khafidul H., “Studi Eksperimen Karakteristik Aliran dalam Diffuser dengan dan Tanpa Vortex Generator”. Jurnal Teknik ITS; vol.5 no.2. ISSN: 2337-3539, 2016.
- [5] El-Behery, S.M., Hamed, M.H, 2011, “A Comparative Study of Turbulence Models Performance for Turbulent Flow in a Planar Asymmetric Diffuser”, International Journal of Mechanical Systems Science and Engineering, vol.2 no.2, 78-89, 2011.
- [6] Klistafani, Y., “Studi Numerik Steady RANS Aliran Fluida di Dalam Asymmetric Diffuser”, Journal INTEK, vol 4(1), 20-26, 2017.