

ANALISA CFD
PENGARUH LOKASI PEMASANGAN *FLOW STRAIGHTENER* BESUDUT 45°
TERHADAP PEMBACAAN *FLOW METER*
Pramadhony^{1*)}, Muhammad Lazim², M. Amin Fauzie³, Togar P.O.Sianipar⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang
Jln. Kapten Marzuki No. 2446 Kamboja Palembang, Indonesia
^{*)}Email: pramadhony@yahoo.com

INFORMASI ARTIKEL

Submitted:
09/06/2018
Accepted:
13/07/2018
Print-Published:
16/07/2018

ABSTRAK

Industri kimia merupakan salah satu sektor industri yang membutuhkan sejumlah instrumen berakurasi tinggi untuk menunjang proses produksi yang efisien. Flow meter merupakan salah satu instrumen yang berfungsi untuk mengetahui jumlah fluida yang mengalir. Kesalahan bacaan flow meter dapat menyebabkan sejumlah masalah seperti dosis campuran reaksi yang salah dan kesalahan jumlah produk yang ditransfer ke konsumen. Pemasangan flow meter sendiri memiliki sejumlah persyaratan yang harus dipenuhi untuk menjaga akurasi bacaan flow meter. Perubahan orientasi arah aliran dapat menyebabkan perubahan profil aliran dan memicu terjadinya aliran berpusar (swirling flow). Secara umum flow meter dirancang untuk dapat bekerja dengan baik pada kondisi aliran fluida tertentu. Kondisi aliran yang dimaksud antara lain profil kecepatan aliran yang seragam, bebas dari adanya aliran berpusar (swirling flow) dan turbulensi. Keterbatasan ruang pemasangan flow meter sering menjadi kendala dalam pemasangan flow meter yang ideal. Flow straightener bersudut 45° memiliki kemampuan yang baik dalam mereduksi adanya aliran berpusar dan memperbaiki profil kecepatan aliran fluida. Dengan memasang flow straightener pada lokasi yang bervariasi, maka profil aliran fluida yang dibutuhkan dapat diperoleh sedekat mungkin dari sisi upstream. Pada penelitian ini penulis melakukan analisis CFD terhadap aliran bio-diesel didalam pipa sebelum masuk dibaca flow meter.

Katakunci: Flow Straightener, Aliran Berpusar, Flow Meter

ABSTRACT

A chemical plant needs some high accurate instrumentations in order to support an efficient production process. Flow meter, one of instrumentation types, has function to read the flow rate of a fluid. The error of reading in flow meter can cause some problems such as incorrect reaction doses and the error in the amount of product transferred to consumer. Flow meter installation has to fulfil some requirements in order to achieve an accurate measurement. The altering of flow direction can change the flow pattern and triggers a swirling flow which has to be avoided when it flows through flow meter. Generally flow meter is designed can be work well in an ideal condition. The requirements are a uniform velocity profile, free from a swirling flow and turbulence flow regime. A limitation of space sometimes causes a problem when installing flow meter in an ideal condition. A 45° inclination of flow straightener has better performance in eliminating the swirling flow and improving the velocity profile. By installing the flow straightener in various locations, the required fluid pattern can be obtained as closer as possible form the upstream. In this research, the authors conduct a CFD analysis to the flow of bio-diesel inside the pipe before it is read by flow meter.

Keywords: : Flow Straightener, Swirling Flow, Flow Meter

1. PENDAHULUAN

Industri kimia, termasuk didalamnya industri bio-diesel, membutuhkan sejumlah instrumen dengan tingkat akurasi yang tinggi. Tingkat akurasi ini dibutuhkan untuk memastikan proses produksi berjalan dengan baik sehingga didapatkan produk yang berkualitas baik dan dengan biaya produksi yang minimum. Salah satu jenis instrumen yang digunakan oleh industri tersebut adalah *flow meter*. *Flow meter* ini berfungsi untuk mendapatkan dosis reaksi kimia yang tepat dan menentukan jumlah bahan baku masuk dan produk yang dihasilkan.

Flow meter terbagi menjadi beberapa jenis, masing-masing *flow meter* memiliki sejumlah kelebihan dan kekurangan. Salah satu jenis *flow meter* yang dapat digunakan untuk mengukur laju alir bio-diesel adalah jenis *Liquid Ultrasonic flow meter (LUFM)*. *Flow meter* ini memiliki sejumlah kelebihan diantaranya memiliki realibilitas yang baik dan *pressure drop* yang rendah (Friedrich, 2000). Namun *flow meter* ini juga memiliki sejumlah kekurangan terkait tingkat akurasi pembacaan jumlah fluida yang mengalir (Iranian Ministry of Petroleum, 2012).

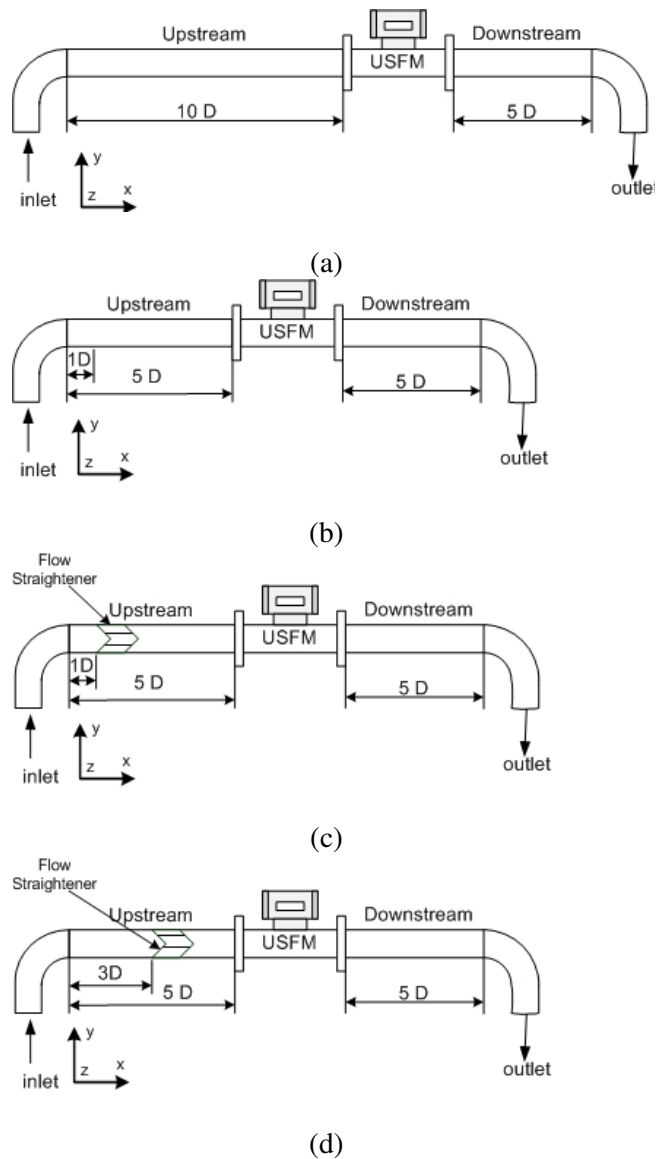
Dalam pemasangannya *flow meter* harus dipasang dengan ketentuan-ketentuan tertentu. Salah satu ketentuan yang dimaksud adalah jarak minimal *flow meter* dari gangguan aliran *upstream* dan *downstream* adalah secara berturut-turut 10D dan 5D. Namun terkadang ketentuan ini terkendala dalam hal ketersediaan ruang yang terbatas. Maka dari itu penulis mencoba melakukan analisa *CFD* terhadap pengaruh jarak *upstream* terhadap kualitas aliran yang mempengaruhi pada pembacaan *flow meter*. Selain itu juga dilakukan analisa *CFD* terhadap pengaruh lokasi pemasangan *flow straightener* terhadap modifikasi kualitas aliran fluida yang melalui *flow meter*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Geometri penelitan

Langkah pertama dalam analisa *CFD* ini adalah dengan membuat geometri aliran bio-diesel yang dianalisa. Untuk geometri pertama, pada sisi *upstream flow meter* berjarak 10D dan pada sisi *downstream flow meter* berjarak 5D dari elbow. Untuk menghemat ruangan, maka pada geometri kedua jarak sisi *upstream* dipangkas menjadi 5D. Sementara itu pada geometri ke-tiga dan ke-empat dibuat dengan memasang *flow straightener* pada geometri kedua. *Flow straightener* pada geometri ketiga dan ke-empat dipasang secara berturut-turut

berjarak 1D dan 3D dari elbow pada sisi *upstream*. Ke-empat Geometri tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. *Flow meter* yang dipasang pada ke-empat geometri berdimensi panjang sebesar 4D (*DanielTM Model 3804 Liquid Ultrasonic Flow Meter*, 2011).

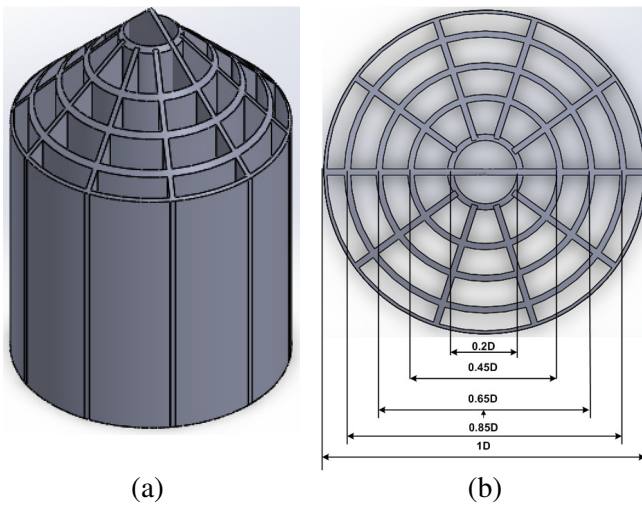


Gambar 1. Geometri simulasi aliran biodiesel melalui *flow meter*.

- (a) *Flow meter* berjarak 10D dari elbow *upstream*
- (b) *Flow meter* berjarak 5D dari elbow *upstream*
- (c) *Flow meter* berjarak 5D dan *flow straightener* berjarak 1D dari elbow *upstream*.
- (d) *Flow meter* berjarak 5D dan *flow straightener* berjarak 3D dari elbow *upstream*.

Flow straightener yang dipasang adalah *flow straightener* berbentuk kerucut bersudut 45° yang memiliki kemampuan baik dalam mereduksi aliran berpusar dan menyeragamkan kecepatan aliran

(Pramadhony, 2017). *Flow straightner* ini dibuat dengan tinggi total $1,5D$ dan diameter seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2 (b).



Gambar 2. *Flow straightner* yang digunakan.

(a) *Flow straightner* tampak isometik

(b) Dimensi *flow straightner*

2.2. Kondisi Batas

Setelah geometri selesai dibuat, maka penulis menentukan kondisi-kondisi batas dalam analisa CFD. Aliran bio-diesel ditentukan berdasarkan kapasitas maksimum *flow meter* yaitu dengan kecepatan $12,2$ m/s atau jika dialirkan melalui pipa berdiameter $2''$ dan dengan densitas bio-diesel sebesar 870 kg/m³ maka massa yang mengalir adalah sebesar $21,5$ kg/s. Bio-diesel tersebut mengalir melalui inlet dengan komponen arah pada sumbu x,y, dan z secara berturut-turut sebesar $0,2$, 1 dan $0,2$. Hal ini untuk mensimulasikan terjadinya aliran berpusar.

Temperatur yang beroperasi disesuaikan dengan temperatur produk akhir yang diproduksi yaitu sebesar 50°C . Viskositas kinematik bio-diesel yang digunakan adalah nilai viskositas kinematik bio-diesel murni tanpa campuran yaitu sebesar $4,35$ cSt (Lia Laila, 2017). Nilai densitas bio-diesel diasumsikan menyerupai nilai bio-diesel yang dipasarkan oleh PT. Pertamina ("MSDS (bio-diesel)," 2007). Secara lengkap spesifikasi bio-diesel ini diterangkan oleh **Tabel 1**.

Tabel 1. Data fisik bio-diesel

Sifat bio-diesel	Nilai	Satuan
Densitas	870	Kg/m ³
Viskositas	4,35	cSt
Temperatur operasi	50	$^{\circ}\text{C}$
Kecepatan alir	12,2	m/s

2.3. Analisa CFD

Simulasi CFD dilakukan dengan menggunakan mesh berbentuk *hexahedron* berukuran $6/100D$ pada aliran didalam pipa dan elbow. Sementara pada bagian dalam *flow straightener*, mesh diperkecil untuk meningkatkan akurasi simulasi CFD yaitu sebesar $4/100D$. Untuk bagian inlet outlet, mesh dibuat dengan ukuran $7/100D$. Simulasi dilakukan dengan menggunakan model viskos $K-\epsilon$ (*realizable*) yang memiliki kemampuan baik dalam mensimulasikan aliran berpusar (Maele, Merci, & Dick, 2003).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui pengaruh lokasi pemasangan *flow straightener* terhadap akurasi pembacaan *flow meter*, penulis melakukan simulasi CFD dan menganalisa empat parameter utama yang mempengaruhi pembacaan *flow meter*. Empat parameter yang dianalisa meliputi profil kecepatan aliran, keseragaman kecepatan alir, helisitas dan sudut kemiringan arah aliran.

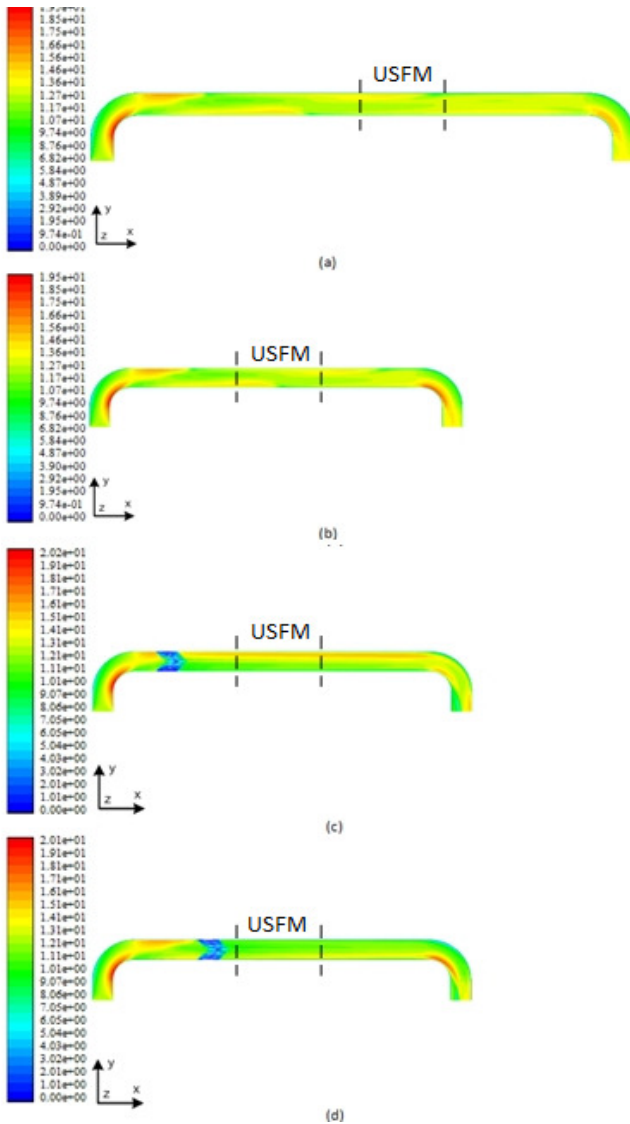
3.1. Profil kecepatan

Profil kecepatan menunjukkan pola kecepatan aliran bio-diesel didalam pipa. Berdasarkan Gambar 3, panjang pipa pada sisi *upstream* tidak efektif dalam mereduksi aliran berpusar. Hal ini dapat dilihat dari fluktuasi kecepatan pada bagian atas dan bawah pipa yang menandakan terjadinya aliran berpusar.

Disisi lain pemasangan *flow straightener* pada sisi *upstream* yang panjangnya hanya $5D$ bekerja efektif dalam mereduksi aliran berpusar. Namun pemasangan *flow straightener* yang berjarak $1D$ dari elbow memiliki efek negative yaitu pada distribusi kecepatan yang terkonsentrasi pada bagian atas pipa (arah sumbu-y positif). Sementara pada pemasangan *flow straightener* yang berjarak $3D$ dari elbow memiliki profil aliran yang lebih baik dari pemasangan *flow straightener* berjarak $1D$. Hal ini dapat dilihat dari profil kecepatan aliran yang lebih merata pada seluruh bagian pipa terutama setelah melalui *flow straightener*.

Perbedaan hasil yang dihasilkan oleh perbedaan lokasi pemasangan *flow straightener* dipengaruhi oleh perubahan orientasi arah aliran yang keluar dari elbow. Pada *flow straightener* yang berjarak $1D$ dari elbow, aliran yang masuk melalui *flow straightener* terpengaruh oleh kecepatan vertikal (arah sumbu-y positif) yang keluar dari elbow. Sementara itu pada *flow straightener* yang berjarak $3D$ dari elbow tidak

lagi terpengaruh oleh kecepatan vertikal yang keluar dari elbow. Profil kecepatan aliran ini ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Profil kecepatan aliran bio-diesel didalam pipa.

- (a) *Flow meter* bejarak 10D dari elbow *upstream*
- (b) *Flow meter* bejarak 5D dari elbow *upstream*
- (c) *Flow meter* bejarak 5D dan *flow straightener* bejarak 1D dari elbow *upstream*.
- (d) *Flow meter* bejarak 5D dan *flow straightener* bejarak 3D dari elbow *upstream*

3.2. Keseragaman kecepatan alir

Keseragaman aliran diukur dengan cara menghitung koefisien variasi rata-rata pada bidang y-z yang berada pada sisi awal, tengah dan akhir *flow meter*. Koefisien variasi ini dihitung berdasarkan persamaan (1).

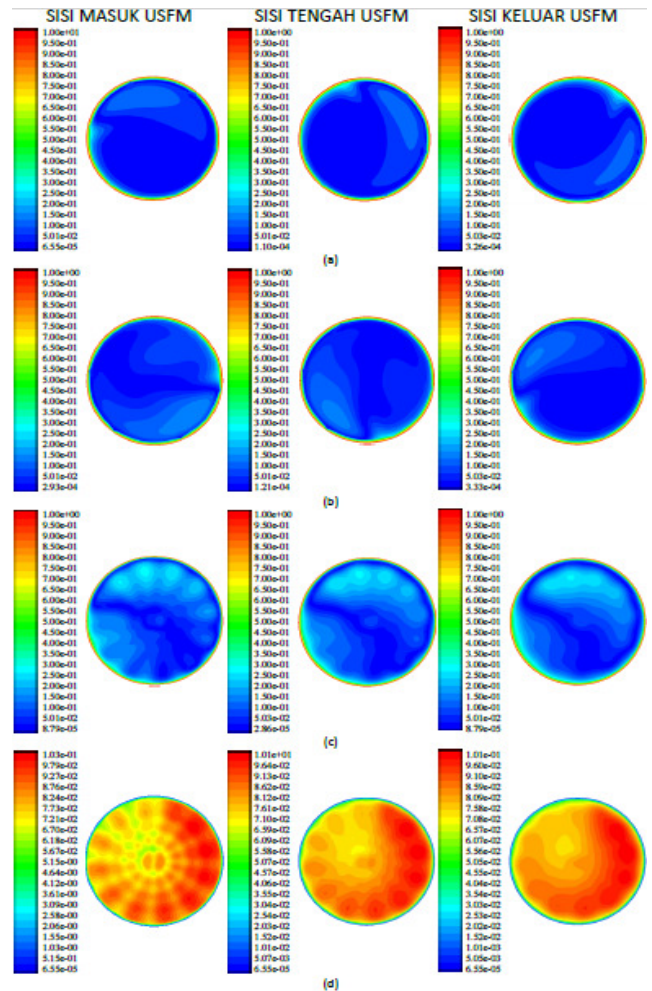
$$KV = \frac{|v - \bar{v}|}{\bar{v}} \times 100\% \tag{1}$$

Dimana :

v = kecepatan actual pada arah sumbu x (m/s)

\bar{v} = kecepatan rata-rata pada arah sumbu-x (m/s)

Nilai ini menunjukan penyimpangan nilai actual dari nilai rata-rata kecepatan. Semakin kecil nilai koefisien variasi menandakan semakin baik keseragaman kecepatan alir. Berdasarkan formula tersebut maka didapat kontur koefisien variasi seperti dtunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Koefisien variasi pada aliran di USFM.

- (a) *Flow meter* bejarak 10D dari elbow *upstream*
- (b) *Flow meter* bejarak 5D dari elbow *upstream*
- (c) *Flow meter* bejarak 5D dan *flow straightener* bejarak 1D dari elbow *upstream*.
- (d) *Flow meter* bejarak 5D dan *flow straightener* bejarak 3D dari elbow *upstream*

Pada gambar 4(d) terlihat bahwa koefisien variasi yang dihasilkan oleh kondisi simulasi dengan *flow straightener* bejarak 3D dari elbow cenderung

berwarna merah. Namun hal ini hanya diakibatkan perbedaan legenda pada tiap hasil simulasi. Berdasarkan simulasi CFD, kondisi (a) memiliki koefisien variasi yang terbaik. Pemendekkan pipa pada sisi upstream mengakibatkan meningkatnya nilai koefisien variasi. Penambahan *flow straightener* juga berperan dalam meningkatnya nilai koefisien variasi. Namun dengan merubah posisi *flow straightener* dari 1D menjadi 3D dari elbow secara signifikan mampu memperbaiki nilai koefisien variasi yang ditimbulkan oleh pemasangan *flow straightener*. Secara rata-rata nilai koefisien variasi ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien variasi rata-rata

Kondisi simulasi	Lokasi pada USFM (%)		
	Titik awal	Titik tengah	Titik akhir
Kondisi a	6,190	6,410	6,920
Kondisi b	7,262	6,533	6,248
Kondisi c	12,731	12,839	12,920
Kondisi d	8,193	8,191	8,191

3.3. Helisitas

Besarnya helisitas dapat ditunjukkan dengan nilai helisitas. Helisitas merupakan proyeksi antara vortisitas terhadap kecepatan aksial, dalam hal ini kecepatan dalam arah sumbu x positif. Persamaan ini dapat dijelaskan dengan persamaan berikut:

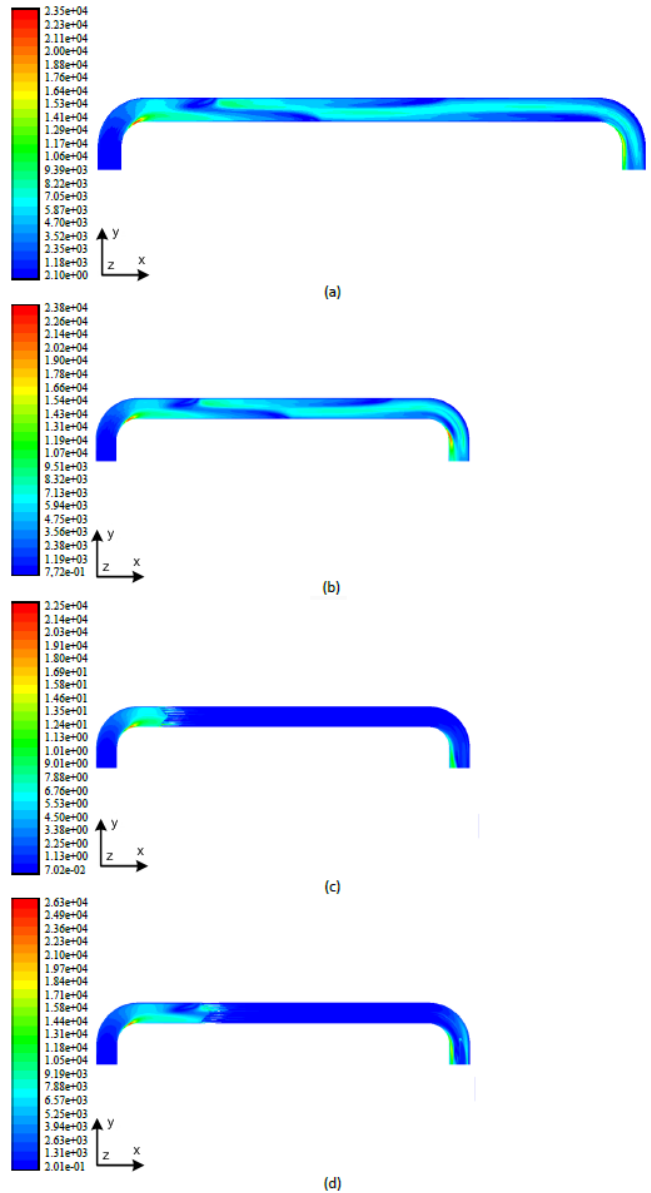
$$H = \frac{(\vec{v} \cdot \vec{\omega})\vec{v}}{|\vec{v}|} \quad (2)$$

Dimana:

- H = Helicitas
- \vec{v} = Vektor kecepatan
- $\vec{\omega}$ = Vektor vortisitas
- $|\vec{v}|$ = Besaran kecepatan
- $|\vec{\omega}|$ = Besaran vortisitas

Nilai rata-rata helisitas rata-rata pada bidang di dalam USFM ditunjukkan oleh Tabel 3. Nilai helisitas terendah diperoleh oleh simulasi dengan pemasangan *flow straightener* yang berjarak 1D dari elbow dengan nilai pada titik awal, tengah dan akhir secara berturut-turut 205,890, 135,89 dan 116,806 m/s². Helisitas yang dihasilkan oleh *flow straightener* berjarak 3D dari elbow juga tereduksi

dengan cukup baik. Dari hasil ini dapat dilihat semakin jauh jarak dari gangguan *upstream*, baik itu elbow maupun *flow straightener*, maka nilai helisitas akan semakin mengecil. Helisitas absolut yang terjadi sepanjang aliran bio-diesel ditunjukkan dengan gambar 5.



Gambar 5. Nilai helisitas absolut sepanjang aliran
 (a) *Flow meter* bejarak 10D dari elbow *upstream*
 (b) *Flow meter* bejarak 5D dari elbow *upstream*
 (c) *Flow meter* bejarak 5D dan *flow straightener* berjarak 1D dari elbow *upstream*.
 (d) *Flow meter* bejarak 5D dan *flow straightener* berjarak 3D dari elbow *upstream*

Tabel 3. Helisitas absolut yang melalui USFM

Kondisi simulasi	Lokasi pada USFM (m/s ²)		
	Titik awal	Titik tengah	Titik akhir
Kondisi a	3889,000	3687,204	3492,466
Kondisi b	4410,854	4188,541	4027,182
Kondisi c	205,890	135,894	116,806
Kondisi d	685,401	210,880	145,915

3.4 Sudut kemiringan arah aliran

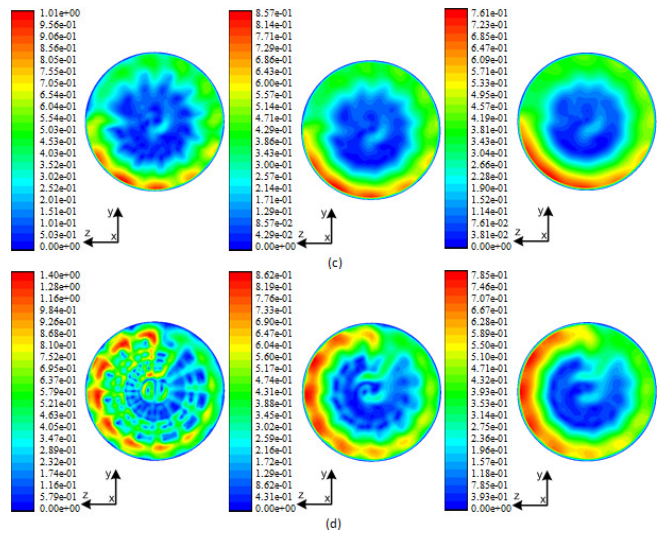
Salah satu parameter untuk melihat adanya aliran berpusar adalah dengan melihat sudut kemiringan arah aktual aliran terhadap arah aliran utama (arah sumbu-x positif). Sudut kemiringan didapat dengan membandingkan kecepatan radial dengan kecepatan arah utama aliran. Besar sudut kemiringan arah aliran didapat dengan formula berikut:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{v_{rad}}{v_x} \right) \tag{3}$$

Dimana:

v_{rad} = Kecepatan radial yang merupakan resultan dari v_y dan v_z
 v_x = Kecepatan pada arah sumbu x

Berdasarkan formula diatas didapatkan kontur koefisien variasi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6. Semakin kecil derajat kemiringan menandakan semakin baik aliran.

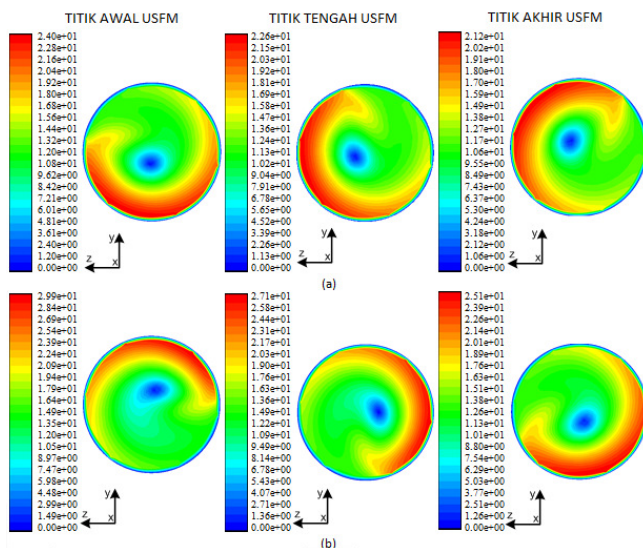


Gambar 6. kontur koefisien variasi derajat kemiringan

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5, Sudut rata-rata terkecil dan maksimum terkecil didapatkan dari kondisi pemasangan *flow straightener* berjarak 1D dari elbow. Besar sudut kemiringan rata-rata tersebut pada titik awal, tengah, dan akhir USFM secara berturut-turut adalah sebesar 0,071°, 0,065° dan 0,062°. Sedangkan untuk kemiringan maksimum pada titik awal, tengah dan akhir USFM secara berturut-turut adalah sebesar 1,001°, 0,857° dan 0,761°. Pada pemasangan *flow straightener* berjarak 3D dari elbow, sudut kemiringan aliran arah aliran juga tereduksi dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan sudut kemiringan rata-rata yang dihasilkan pada titik awal, tengah dan akhir yaitu sebesar 0,506°, 0,368° dan 0,347°. Sementara untuk sudut kemiringan maksimum secara berturut-turut adalah sebesar 1,158°, 0,862° dan 0,785°.

Tabel 4. Sudut kemiringan arah aliran rata-rata

Kondisi simulasi	Titik awal USFM	Titik tengah USFM	Titik akhir USFM
Kondisi a	15,304°	14,555°	13,806°
Kondisi b	17,080°	16,423°	15,813°
Kondisi c	0,071°	0,065°	0,062°
Kondisi d	0,506°	0,368°	0,347°



Tabel 5. Sudut kemiringan arah aliran maksimum

Kondisi simulasi	Titik awal USFM	Titik tengah USFM	Titik akhir USFM
Kondisi a	15,304°	14,555°	13,806°
Kondisi b	17,080°	16,423°	15,813°
Kondisi c	1,001°	0,857°	0,761°
Kondisi d	1,158	0,862°	0,785°

4. KESIMPULAN

Simulasi *CFD* ini dilakukan untuk mengetahui kualitas aliran fluida yang melalui *flow meter* (*USFM*). Parameter yang diukur adalah parameter yang menentukan tingkat akurasi pembacaan *flow meter*. Parameter yang diukur meliputi tingkat keseragaman kecepatan alir (Profil kecepatan alir dan koefisien variasi kecepatan) dan aliran berpusar yang terjadi (helisitas dan sudut kemiringan arah aliran)

Berdasarkan hasil simulasi, pemasangan *flow straightener* berdampak pada menurunnya tingkat keseragaman kecepatan alir. Namun dengan menggeser lokasi pemasangan *flow straightener* menjauhi elbow pada sisi *upstream* secara signifikan dapat meminimalisir penurunan tingkat keseragaman kecepatan alir. Disisi lain pemasangan *flow straightener* secara efektif mampu mereduksi aliran berpusar. Nilai helisitas dan derajat kemiringan arah aliran akan menurun seiring bertambahnya jarak dari gangguan pada sisi *upstream*. Sementara itu penambahan panjang pipa pada sisi *upstream* tidak efektif dalam mereduksi aliran berpusar. Secara keseluruhan kualitas aliran terbaik diperoleh oleh kondisi (d), dimana *flow straightener* dipasang pada jarak 3D dari elbow.

DAFTAR PUSTAKA

- Lia Laila, L. O. (2017). Kaji Eksperimen Angka Asam dan Viskositas Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit dari. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, 2(1), 3–6.
- Maele, K. Van, Merci, B., & Dick, E. (2003). Comaparative Study of $k - \epsilon$ Turbulence Models in Inert and Reacting Swirling Flows, (June), 1–10.
- DanielTM Model 3804 Liquid Ultrasonic Flow Meter. (2011). Houston, Texas: Daniel Measurement and Control, Inc.
- Friedrich, H. (2000). *Fundamentals of Ultrasonic flow measurement for industrial applications*. Duisburg: KROHNE Messtechnik GmbH & Co. KG.

Iranian Ministry of Petroleum. (2012). *Engineering Standard for (Custody Transfer) November 2012* (Vol. 240).

MSDS (bio-diesel). (2007). PT. Pertamina (Persero) Direktorat – Pemasaran dan Niaga.

Pramadhony. (2017). Modifikasi Pengaruh Aliran (*Flow Straightener*) dan Analisa Aliran Pada Ceorobong Gas Buang Menggunakan *Software Fluent.*, Master Thesis, Universitas Sriwijaya, unpublished.