

## KAJIAN PENGGUNAAN *HELICAL STATIC MIXER* PADA *IN-LINE BLENDING* DALAM PROSES PENCAMPURAN BIODIESEL DAN MINYAK SOLAR DI AREA PERTAMBANGAN

Feri Karuana, Bina Restituta Barus, Andrias Rahman Wimada, Wardah Kaddihani, Meta Dewi Diaztuti

Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Disain, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi  
Gedung 480, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, 15314  
[feri.karuana@bppt.go.id](mailto:feri.karuana@bppt.go.id)

### Abstrak

Proses pencampuran biodiesel dengan minyak solar merupakan salah satu hal penting dalam mendukung implementasi penggunaan campuran biodiesel berkualitas di area pertambangan secara maksimal. Salah satu metode pencampuran yang banyak diminati yaitu metode *in line blending* menggunakan *static mixer* terutama untuk proses pencampuran dengan kapasitas besar. Kajian ini akan mengukur efisiensi penggunaan *helical static mixer* dalam pencampuran biodiesel dan minyak solar dengan melakukan analisa pada pola aliran, pressure drop hingga karakteristik pencampuran dengan menggunakan *computational fluid dynamic* (CFD). Sampel campuran B-XX di area pertambangan juga diambil untuk perbandingan data secara aktual. Dari hasil simulasi, aliran dari metode ini memiliki nilai reynold (Re) 57236 yang menandakan aliran tersebut merupakan aliran turbulen yang memiliki nilai densitas 850.67 kg/m<sup>3</sup> (mendekati nilai densitas hasil pengujian laboratorium 851 kg/m<sup>3</sup>). Dimana dari hasil blending kedua fluida menunjukkan kandungan minyak solar 90.4 % dan biodiesel 9.6 % yang menandakan campuran tersebut merupakan B-10. Penurunan tekanan yang disebabkan oleh *helical static mixer* tidak terlalu tinggi hanya sekitar 3236 Pa. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan *helical static mixer* dapat memaksimalkan efisiensi campuran biodiesel dengan minyak solar yang memiliki densitas tinggi tanpa membuang energi yang berlebih.

**Kata kunci** : Blending, Static Mixer, Biodiesel, Minyak Solar, B-XX

### Abstract

The blending process of biodiesel and diesel oil is one of the important things in supporting the implementation of high quality biodiesel blends in the mining sector. One of the most popular biodiesel blending methods is in line blending method using static mixer especially for big capacity blending. This study will measure the efficiency of helical static mixer in mixing biodiesel and diesel oil by analyzing the flow patterns, pressure drops and mixing characteristics using computational fluid dynamic (CFD). For actual data comparison, Samples of biodiesel blends in the mining area are also collected. From the simulation result, the flow pattern from this method has Reynold value (Re) of 57236. It signifies a turbulent flow with density value of 850.67 kg / m<sup>3</sup> (close to density value of laboratory test result of 851 kg / m<sup>3</sup>). From the results of mixing the two fluids showed diesel oil content of 90.4% and biodiesel 9.6% which indicates that the mixture is B-10. The pressure drop caused by helical static mixer is moderate, about 6122.44 Pa. It can be concluded that the use of helical static mixer can maximize the efficiency of biodiesel mixtures with diesel oil that has a high density without wasting excess energy.

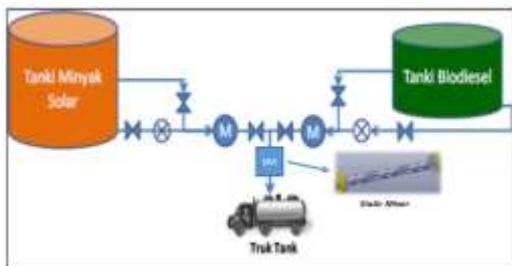
**Keywords** : Blending, Static Mixer, Biodiesel, Diesel Oil, B-XX

## PENDAHULUAN

Pada tahun 2018 pemerintah Indonesia mulai membidik sektor pertambangan untuk implementasi campuran minyak solar dan biodiesel dimana sektor non PSO (*Public Service Obligation*) merupakan salah satu pengguna minyak solar terbanyak. Kebutuhan harian operasional minyak solar di area pertambangan cukup besar antara 500 – 2000 kL per hari, ini menunjukkan perlunya fasilitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar di area produksi dapat terfasilitasi dengan baik.

Salah satu fasilitas yang harus dimiliki oleh pihak pengguna campuran minyak solar dan biodiesel yaitu fasilitas *blending*. Seperti yang kita ketahui biodiesel saat ini belum dapat digunakan langsung pada kendaraan dikarenakan dapat menimbulkan beberapa kendala pada komponen mesin seperti pada filter bahan bakar hingga komponen *seal*. Pada umumnya metode pencampuran (*blending*) dibagi menjadi dua yaitu, *in-tank blending* dan *in-line blending*. Dari kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan tergantung pada fasilitas atau infrastruktur yang tersedia. Namun, metode *in-line blending* dengan penambahan *static mixer* lebih sering diterapkan dikarenakan biaya investasi dan pengoperasian lebih rendah dibandingkan dengan *in-tank blending* dengan penambahan agitator.

Metode *in-line blending* dilakukan dengan menambahkan biodiesel kedalam aliran minyak solar dengan rasio aliran tertentu sesuai presentase campuran yang diinginkan kedalam pipa penyaluran (gambar 1). Untuk mencapai kapasitas pencampuran tersebut, kapasitas transfer pompa minyak solar dibuat konstan sedangkan pompa biodiesel akan divariasikan. Proses pencampuran terjadi akibat pergerakan turbulensi antara minyak solar dan biodiesel, serta biasanya ditambahkan dengan instalasi *mechanical static mixer*.



Gambar 1. Mekanisme pencampuran dengan metode *in-line blending*

*Static mixer* merupakan rangkaian elemen atau beberapa seri *pitch* yang berulang untuk pencampuran yang diletakkan dalam sebuah pipa dan menggunakan energi dari aliran untuk menciptakan pencampuran antara dua atau lebih fluida. Ada beberapa tipe *static mixer* yang biasa digunakan dalam pipeline yaitu a) *helical design static mixer / kenics KM static mixer* b) *blade design static mixer* c) *sulzer static mixer* d) *wafer style mixer* (gambar 2). Penggunaan *static mixer* didasarkan pada fluida dan tujuan penggunaannya seperti *blade design static mixer* dirancang untuk fluida dengan viskositas rendah hingga sedang, *helical design static mixer* dirancang untuk dua aliran fluida dengan viskositas tinggi atau untuk mencampur (*blending*) dua atau lebih bahan (*ingredients*).

Penggunaan *static mixer* memiliki peran penting dalam pencampuran (*blending*) dan diantara beberapa tipe *static mixer* tersebut, *helical (Kenics) static mixer* dianggap sebagai *mixer* yang paling efisien dalam berbagai aliran dan skala, mulai dari skala kecil hingga besar akan tetapi faktor gesekan harus mendapat perhatian khusus terhadap elemen *mixer* karena dapat menimbulkan penurunan tekanan (*pressure drop*) selain itu optimalisasi geometri *mixer* hingga jumlah elemen yang digunakan harus diperhitungkan dengan benar guna mendapatkan kualitas campuran yang diharapkan. Prinsip pencampuran yang terjadi pada *helical static mixer* ini meliputi pembagian aliran dengan mengarahkan aliran secara radial menuju dinding pipa dan kembali ke tengah. Pembalikan kecepatan tambahan dan hasil pembagian aliran dari penggabungan aliran bolak-balik pada elemen mampu meningkatkan efisiensi pencampuran.



Gambar 2. Beberapa tipe *static mixer*

Telah diketahui bahwa korelasi penurunan tekanan dalam pipa dipengaruhi oleh factor

gesekan ( $C_f$ ) dan bilangan Reynolds ( $Re$ ). Selain itu aspek rasio ( $AR$ ) dari diameter dan panjang element mixer juga penting guna meningkatkan homogenitas campuran dan meminimalisir penurunan tekanan yang terjadi.

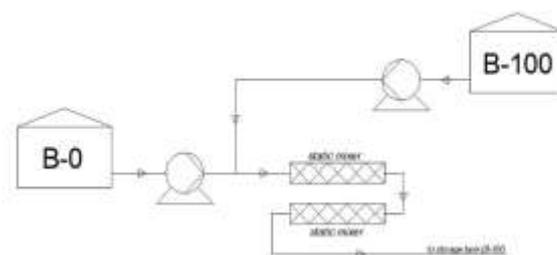
## METODE

Metode yang dilakukan pada pengkajian kali ini yaitu melakukan pendekatan secara komprehensif dengan melakukan simulasi aliran atau *computational fluid dynamic (CFD)* dengan menggunakan software solidworks 2018 untuk mengetahui laju pola aliran campuran yang terjadi pada *helical static mixer* dengan mengambil parameter densitas dan penurunan tekanan yang terjadi dengan mengkorelasikan aspek rasio *helical static mixer* yang digunakan. Pengambilan sample juga dilakukan untuk dianalisa di laboratorium guna sebagai data pembandingan dari hasil simulasi. Adapun sifat fisika-kimia pada minyak solar dan biodiesel ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisika-kimia pada minyak solar dan biodiesel

	Minyak Solar	Biodiesel
Densitas ( $\text{kg/m}^3$ )	850	857
Viskositas ( $\text{Pa.s}$ )	3.62	3.45

Telah dilakukan kunjungan ke salah satu perusahaan tambang di Indonesia yang menggunakan proses in-line blending dalam pencampuran minyak solar dan biodiesel dimana mereka telah menerapkan penggunaan B-10 pada unit alat berat disemua area. Elemen mixer dipasang di dalam pipa 6" dengan diameter 161.5 mm sebanyak 8 pcs dan memiliki aspek rasio 1.77. Pencampuran kali ini terdapat 2 tahap proses pencampuran dengan menggunakan masing – masing elemen helical static mixer 4 pcs disetiap tahap pencampuran. Presentasi pencampuran yaitu 10% biodiesel dengan flowrate minyak solar 100 m<sup>3</sup>/jam dan biodiesel 10 m<sup>3</sup>/jam. Pada umumnya element mixer yang digunakan maksimal 20 elemen yang dipasang dengan kondisi fix pada dinding pipa. Gambar 3. Merupakan gambaran skema dari proses blending minyak solar dan biodiesel di salah satu area pertambangan di Indonesia.



Gambar 3. Layout in-line blending plant

Kekasaran permukaan dinding pipa dan adanya element mixer pada pipa dapat mempengaruhi penurunan tekanan secara signifikan. Untuk itu dilakukan perhitungan dari pengaruh element terhadap aliran pipa. Dengan mempertimbangkan kecepatan aliran ( $v$ ) dan diameter mixer ( $D$ ), pada umumnya nilai factor gesekan ( $f$ ) dan Reynolds Number ( $Re$ ) adalah sebagai berikut :

$$f = \frac{\Delta P}{2\rho V^2} \frac{D}{L} \quad (1)$$

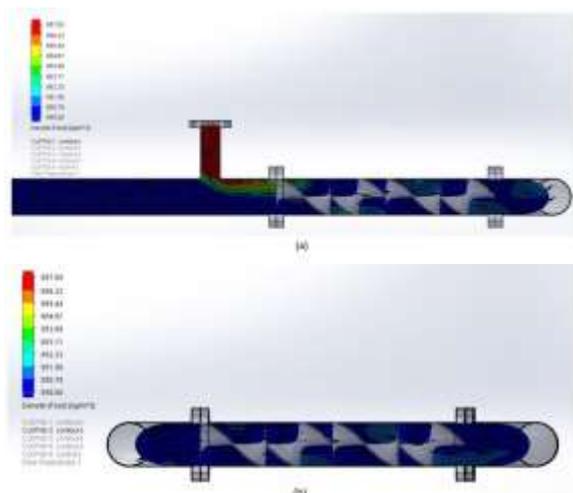
$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (2)$$

Dimana  $\mu$  dan  $\rho$  merupakan viskositas fluida dan densitas fluida, dan  $L$  merupakan panjang mixer.

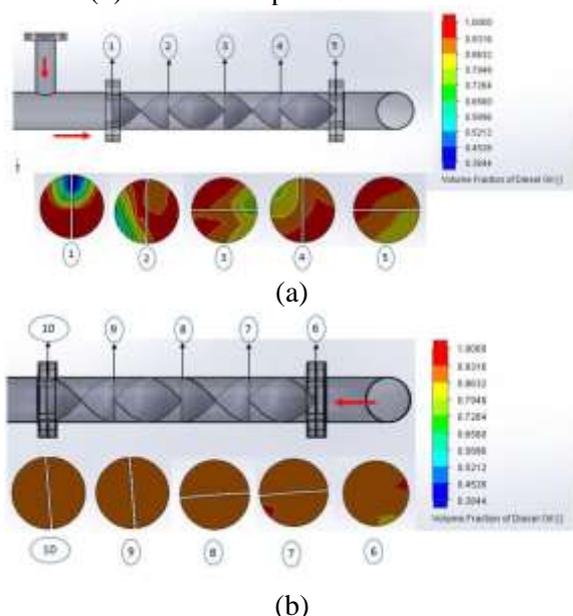
Tujuan dari penulisan ini yaitu untuk mengkaji kelayakan static mixer tipe helical (kenics) dalam pencampuran minyak solar dan biodiesel pada proses blending di area pertambangan dilihat dari laju aliran fluida dan penurunan tekanan yang terjadi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari computational fluid dynamic (CFD) (gambar 4) menunjukkan peran dari helical static mixer dimana pada saat memasuki zona mixing, fluida dibagi menjadi dua lalu fluida mengalir sepanjang elemen, kemudian fluida dirotasikan secara radial menuju dinding pipa atau dirotasikan lagi menuju center. Hal ini lah yang dapat meningkatkan efisiensi pencampuran dua fluida.



Gambar 4. (a) Arah aliran pada static mixer 1 ;  
(b)Arah aliran pada static mixer 2



Gambar 5. (a) Pencampuran fluida pada static mixer 1 ;  
(b) Pencampura fluida pada static mixer 2

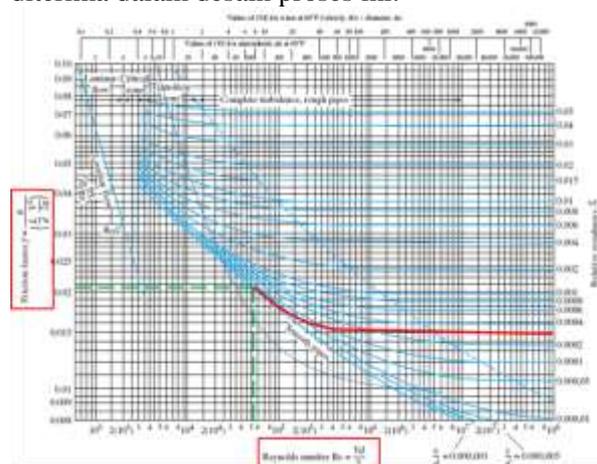
Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa jumlah elemen dan rasio sangat penting diperhitungkan dikarenakan pada saat kondisi fluida melewati static mixer 1 homogenitas antara minyak solar dan biodiesel masih belum maksimal. Persentase campuran hanya mencapai nilai 70 – 80%, Beda halnya pada fluida ketika berada pada element 7 (static mixer 2) campuran fluida terlihat stabil dan nilai persentase campuran minyak solar dengan biodiesel telah tercapai dititik 90.4 % : 9.6 %. Selain itu density dari hasil pencampuran kedua fluida memiliki nilai 850.67 kg/m<sup>3</sup> ditunjukkan pada grafik 1. Bila dibandingkan dengan hasil pengujian laboratorium dari sample yang telah diambil

dilapangan nilai dari hasil CFD tidak jauh berbeda dengan nilai real dimana nilai densitas campuran B-10 dari laboratorium adalah 851 kg/m<sup>3</sup>.



Grafik 1. Nilai densitas dari campuran minyak solar dan biodiesel

Dengan mempertimbangkan nilai kekasaran permukaan pipa ( $\epsilon$ ) dan memasukkan nilai penurunan tekanan sebesar 3236 Pa dari simulasi maka didapatkan nilai  $f = 0,0203$  dan  $Re = 57236$  yang menandakan aliran tersebut merupakan aliran turbulen (Grafik 2). Pengaruh nilai *friction* yang didapatkan tidak jauh berbeda dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (F, Theron, 2011) yang mengkorelasikan penurunan tekanan tersebut masih dapat diterima dalam desain proses ini.



Grafik 2. Hubungan antara *friction factor* dan *Reynolds Number* dengan aspek rasio 1.74

**SIMPULAN DAN SARAN**

Pendekatan melalui *computational fluid dynamic (CFD)* menunjukkan proses pencampuran minyak solar dan biodiesel menggunakan *helical static mixer* memiliki hasil campuran dengan tingkat homogenitas yang tinggi ditunjukkan dari pola aliran dan nilai densitas kedua fluida. Dari penerapan dimensi analisis, korelasi penurunan tekanan dengan *friction factor (f)*, Reynolds Number (Re) masih dapat diterima dengan nilai 3236 Pa. Dari hasil

diatas menunjukkan bahwa penggunaan *helical static mixer* dapat memaksimalkan efisiensi campuran biodiesel dengan minyak solar yang memiliki densitas tinggi tanpa membuang energi yang berlebih.

#### PERNYATAAN

Kegiatan ini didanai oleh KemenRistekDikti dengan No Perjanjian 55/INS-1/PPK/E4/2018.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al Taweel, A.M., Walker, L.D., 1983. Liquid dispersion in static in-line mixers. *Can. Jour. Chem. Eng.* 61, 527–533.
- Al Taweel, A.M., Chen, C., 1996. A novel static mixer for the effective dispersion of immiscible liquids. *Trans. IChemE* 74, 445–450.
- Berkman, P.D., Calabrese, R.V., 1988. Dispersion of viscous liquids by turbulent flow in a static mixer. *AIChE J.* 34, 602–609.
- Cybulski, A., Werner, K., 1986. Static mixers-criteria for applications and selection. *Int. Chem. Eng.* 26, 171–180.
- Das, P.K., Legrand, J., Morançais, P., Carnelle, G., 2005. Drop breakage model in static mixers at low and intermediate Reynolds number. *Chem. Eng. Sci.* 60, 231–238.
- El Hamouz, A.M., Stewart, A.C., Davies, G.A., 1994. Kerosene/water dispersions produced by Lightnin ‘in-line’ static mixer. *IChemE Symp. Ser.* 136, 457–464.
- F. Theron, N. Le Sauze, 2011, *Comparison between three static mixer for emulsification in turbulent flow.* *International journal of multiphase flow* (37), 493 – 494
- Fradette, L., Tanguy, P., Li, H.Z., Choplin, L., 2007. Liquid liquid viscous dispersions with a SMX static mixer. *Trans. IChemE* 85, 395–405.
- Gingras, J.P., Fradette, L., Tanguy, P., Bousquet, J., 2007. Inline bitumen emulsification using static mixers. *Ind. Eng. Chem. Res.* 46, 2618–2627.
- Grace, C.D., 1971. Static mixing and heat transfer. *Chem. Proc. Eng.*, 57–59.
- Haas, P.A., 1987. Turbulent dispersion of aqueous drop in organic liquids. *AIChE J.* 33, 987–995.
- Middleman, S., 1974. Drop size distributions produced by turbulent pipe flow of immiscible fluids through a static mixer. *Ind. Eng. Chem., Process. Des. Develop.* 13, 78–83.
- Shah, N.F., Kale, D.D., 1992. Pressure drop for laminar flow of viscoelastic fluids in static mixers. *Chem. Eng. Sci.* 47, 2097–2100.
- Sprow, F.B., 1967. Distribution of drop sizes produced in turbulent liquid–liquid dispersion. *Chem. Eng. Sci.* 22, 435–442.