ISBN 978-979-3541-25-9

Pengaruh Rasio Diameter T-*Junction* Terhadap Pemisahan Aliran Kerosen-Air

Dewi Puspitasari[1,2], Indarto[2], Purnomo[2],Khasani[2]

[1]Jurusan Teknik Mesin,FakultasTeknik-Universitas Sriwijaya
[2]Program Pascasarjana Jurusan Teknik Mesin dan Industri,
Fakultas Teknik-Universitas Gadjah Mada
Email:dewiunsri70@yahoo.co.id, indarto@ugm.ac.id,
purnomo_tm@yahoo.com, khasani@ugm.ac.id

Abstrak

Penelitian mengenai aliran kerosen-air (liquid-liquid) masih terus dilakukan. Penelitian mengenai karakteristik pemisahan kerosen-air telah dilakukan dengan menggunakan T-junction yang berorientasi pada side arm vertikal keatas dengan sudut kemiringan 90^o dan radius belokan 15 mm. Untuk mengamati pengaruh rasio diameter terhadap pemisahan fase yang dihasilkan T-junction maka dibuatlah seksi uji dengan diameter pipa horisontal 36 mm, sedangkan diameter side arm 26 mm dan 19 mm (rasio diameter 0,7 dan 0,5) dengan menggunakan pipa jenis plexyglass. Berdasarkan data hasil eksperimen dan visualisasi aliran pada seksi uji, kondisi terbaik pada rasio diameter 0,5 dicapai pada watercut 70% dengan efisiensi pemisahan maksimum sebesar 96%, Fk = 1 dan Fw = 0.04. Sedangkan pada rasio diameter 0,7 kondisi terbaik dicapai pada water cut 49% dengan efisiensi pemisahan maksimum sebesar 95%, Fk = 0.95 dan Fw = 0.03. Semua kondisi terbaik diatas dicapai pada pola aliran stratified.

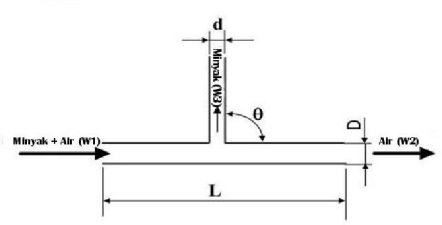
Kata kunci: *T-junction, rasio diameter, efisiensi pemisahan,fraksi massa, pola aliran*

1. PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas alam belakangan ini terus berusaha untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang selalu meningkat dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan teknik. Untuk menjamin ketersediaan bahan bakar minyak dan gas alam secara kontinu, maka perlu digunakan teknologi yang lebih efisien dan ekonomis. Dalam aplikasi sistem perpipaan sering dijumpai percabangan-T(T-junction) yang didalamnya mengalir fluida multi fase baik dalam bentuk liquid-liquid maupun gas-liquid. Dari contoh diatas, industri minyak dan gas alam harus menyadari pentingnya pengembangan pemahaman tentang aliran fase banyak (multiphase) dalam menentukan model analisis atau korelasi eksperimen yang dapat digunakan untuk memprediksi perilaku aliran fluida. Diantara aliran multifase yang kurang menjadi perhatian adalah fenomena aliran di dalam pipa terutama pada bagian percabangan T-junction. Umumnya T-junction berperan membagi aliran, akan tetapi karena kenyataan di lapangan sering dijumpai beberapa kendala yang disebabkan oleh adanya aliran multiphase yang dapat menyebabkan turunnya efisiensi dari peralatan maka tugas T-junction mulai berkembang menjadi pemisah aliran/pemisah fase.

Secara umum, sebuah bejana (vessel) besar digunakan untuk proses pemisahan fase tersebut, namun alat ini memerlukan ruang yang besar dan harganya mahal.Berdasarkan pada kondisi praktis tersebut, beberapa peneliti mengajukan alternatif yang lebih ekonomis dan sederhana untuk menggantikan tugas bejana/vessel tersebut dengan menggunakan T-junction. Cara ini dipilih karena biaya pembuatan dan materialnya relatif murah, selain itu konstruksi dan instalasinya lebih sederhana (Azzopardi dkk.,1982).

Kesederhanaan metode ini dapat dilihat pada Gambar 1.

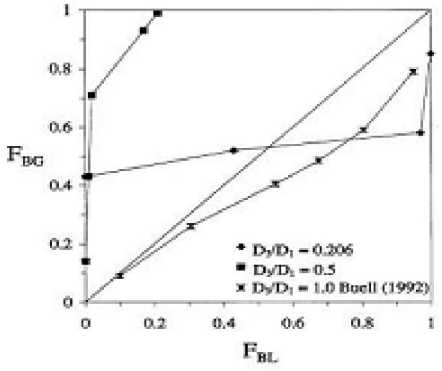


Gambar 1. Model sederhana dari T-junction

Fenomena pemisahan fase melalui T-junction, baik secara eksperimen maupun secara analisa teoritis telah banyak dilakukan oleh para penelititerdahulu untuk mempelajari fenomena pemisahan fase yang terjadi didalam T-junction dengan harapan akan diperoleh geometri terbaik yang dapat menghasilkan pemisahan fase terbaik.

Wang dkk.,(2008) menjelaskan dalam laporan penelitiannya bahwa metode pemisahan dengan menggunakan T-junction pertama kali diperkenalkan oleh Orenje pada tahun 1973 yang meneliti tentang pemisahan aliran dua fase gas-cair.
Berdasarkan hasil penelitiannya dinyatakan bahwa rasio pemisahan dipengaruhi oleh berbagai macam faktor diantaranya adalah perbedaan tekanan, mass inertia dari cairan, pola aliran di upstream, dan geometri T-junction.
Pembagian aliran fluida yang melalui T-junction sangat tidak mudah untuk memprediksi seberapa besar cairan yang mengalir ke side arm dan run arm. Geometri T-junction, pola aliran di upstream, kemiringan side arm merupakan variabel-variabel penting dalam menentukan pemisahan fase cairan diantara arm junction. Guna memudahkan dalam memprediksi fenomena di T-junction maka ditetapkan delapan variabel yang berhubungan dengan pemisahan aliran fluida yaitu laju aliran massa gas dan cairan $\dot{m}_1, \dot{m}_2, \dot{m}_3$,kualitas ditiap cabang x_1, x_2,x_3 dan pressure drop yang berhubungan dengan junction (Wren dan Azzopardi,2004).
Yang dkk.,(2006) melakukan Penelitian pemisahan fase liquid-liquiddengan menggunakan T-junction horisontal dansidearm vertikal keatas. Peneliti menggunakan kerosen dan air sebagai fluida kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi pemisahan tertinggi dicapai ketika pola aliran di inlet T-junction adalah stratified dan ketika pola aliran dispersedmaka pemisahan yang dihasilkan kurang baik. Untuk keperluan penelitian dibuatlah sebuah model yang dapat memprediksi terjadinya phase maldistribution di T-junction, dilanjutkan dengan penelitian yang sama pada tahun berikutnya dan difokuskan pada kajian pola aliran stratified with mixture interface dan dispersed. Dari hasil penelitian, mereka menyatakan bahwa pemisahan fase dapat diukur berdasarkan fraksi massa yang berbeda-beda, water cut, dan kecepatan superfisial campuran pada pola aliran yang berbeda-beda.

Walter L.C.,dkk pada tahun 1997 melakukan penelitian tentang pengaruh rasio diameter terhadap penurunan tekanan dan distribusi fase udara-air pada T-junctionside arm vertical upward. Peneliti menggunakan pipa inlet horisontal 38,1 mm dan diameter branch 19 mm dan 7,85 mm. Kemudian dibandingkan dengan data yang diambilsebelumnya dilaboratorium yang sama oleh Buell dkk.,(1994) dengan rasio diameter 1.
Hasil distribusi fase menunjukkan bahwa pada D_3/D_1=0,5 paling banyak fase gas yang mengalir ke side arm dibandingkan dengan D_3/D_1=0,206. Pengaruh rasio diameter untuk aliran stratified terhadap laju ekstraksi di branch dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2.Pengaruh rasio diameter terhadap Pemisahan fase pada J_L=0,0021m/s Dan J_G=2,7m/s(Walter L.C dkk.,1997)

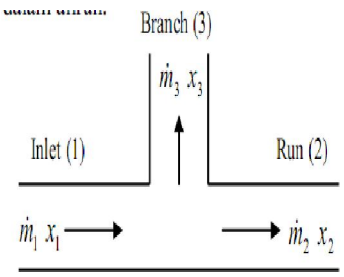
Ega B.T.,(2009) telah melakukan studi eksperimental tentang pengaruh variasi sudut kemiringan T-junction terhadap karakteristik pemisahan kerosen-air. Variasi sudut yang digunakan adalah 30^o,45^o,60^odan 90^o. Seksi uji menggunakan pipa dari kaca dengan diameter pipa inlet 1 inchi dan diameter side arm 0,5

inchi. Dilaporkan bahwa pola aliran yang terjadi adalah Stratified(ST), Stratified Wavy(SW), Three Layer(3L) dan Dispersed (Do/w atau Dw/o). Pola aliran akan berubah seiring dengan meningkatnya kecepatan superfisial dan pemisahan yang baik terjadi pada pola aliran stratified(ST). Efisiensi pemisahan tertinggi terjadi pada sudut 90^o untuk water cut 64% dan J_{mix} =0,23 m/s. Semakin tinggi nilai water cut maka efisiensi pemisahan akan semakin tinggi.

2. LANDASAN TEORI

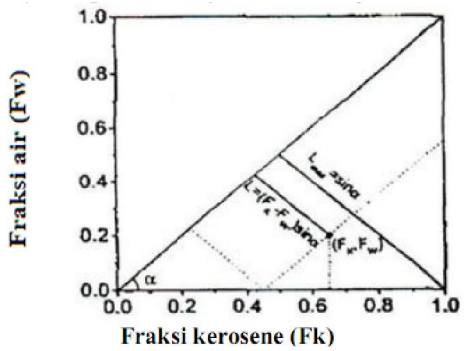
Efisiensi Pemisahan

Untuk mengetahui hasil pemisahan fase dan optimalisasi kondisi operasi di T-junction, maka diusulkanlah sebuah kriteria baru yaitu efisiensi pemisahan (Yang dkk.,2006). Beberapa parameter yang digunakan dalam penelitian adalah :Subscript**1** (sisi inlet), **2**(sisi setelah percabangan/run), dan **3** (sisi percabangan/branch/sidearm) dari T-junction seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Parameter aliran dua fase di T-junction (Yang dkk.,2006)

k dan w subscript untuk fase kerosene dan water, x adalah kualitas massa kerosen (rasio laju aliran massa kerosene terhadap laju aliran massa total) dan $\dot{m}$ laju aliran massa. Secara umum hasil pemisahan fase di T-junction ditunjukkan dengan menggunakan perbandingan fraksi dari fase yang meninggalkan inlet menuju side arm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Kriteria untuk menunjukkan pemisahan fase di T-junction (Yang dkk., 2006)

Fraksi kerosen dan air yang meninggalkan inlet menuju side arm dapat dituliskan :

$$F_k = \frac{\dot{m}_{k3}}{\dot{m}_{k1}} \quad \text{.....(1)}$$

$$F_w = \frac{\dot{m}_{w3}}{\dot{m}_{w1}} \quad \text{.....(2)}$$

$L=(F_k - F_w)$ siná .....(3)

$$\eta = \frac{L}{Lmaks} = |F_k - F_w| \quad \text{.....(4)}$$

Pemisahan Ideal

Ketika efisiensi yang ideal terjadi (100%), maka fraksi massa yang masuk ke sidearm dapat ditulis sebagai :

$$\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1} = x_1 \quad \text{.....(5)}$$

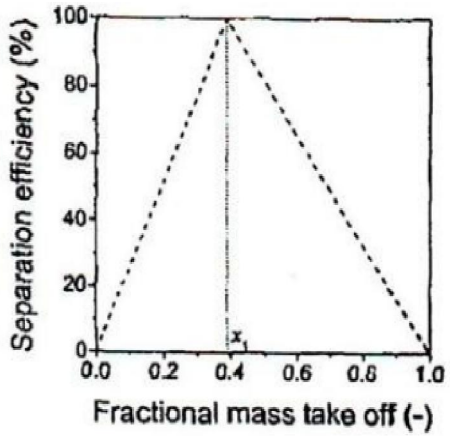
Untuk garis pemisahan ideal pertama, kerosen murni dihasilkan di side arm dan campuran mengalir ke run. Ini berarti bahwa fraksi air di branch F_w = 0 dan kualitas massa kerosen x_3=1.

Maka sebuah persamaan untuk garis ini dapat ditulis :

$$\eta = F_k = \frac{1}{x_1}\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1}\left(\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1} \leq x_1\right) \quad \text{.....(6)}$$

Untuk garis pemisahan ideal kedua, air murni keluar di run arm sedangkan campuran menuju ke side arm. Ini berarti kualitas massa kerosen di run x_2=0. Persamaan untuk garis ini dapat ditulis :

"η = " [("1-F" □↓"w" " = -" "1" /(□"(1-x" □↓"1" .....(7)

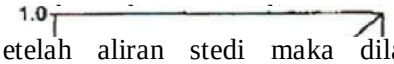


Gambar 5. Metode penyajian efisiensi pemisahan dan pemisahan ideal T-junction (Yang dkk.,2006)

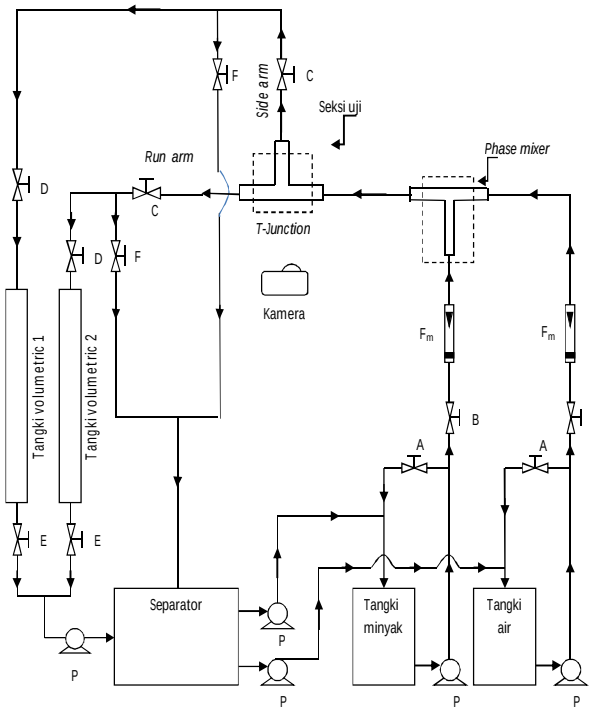
Untuk mengidentifikasi optimalnya kondisi aliran yang naik ke side arm maka data pemisahan digambarkan sebagai efisiensi pemisahan (ç) versus fraksi massa yang menuju side arm (m_3/m_1) seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Data yang berada pada garis diagonal sebelah kiri mewakili persamaan 6 dan data yang berada disebelah kanan mewakili persamaan 7. Garis yang memotong kedua diagonal menunjukkan pemisahan yang ideal.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Rangkaian peralatan yang digunakan dalam eksperimen ini ditunjukkan pada gambar 6. Material pipa terbuat dari bahanflexyglass, pipa horisontal berdiameter 36 mm dan pipa branch vertikal berdiameter 26 mm dan 19 mm. Perbandingan diameter pipa horisontal dan branch (D_3/D_1) 0,7 dan 0,5. Fluida kerja yang digunakan adalah airρ=998 kg/m^3 dan kerosen ρ=819 kg/m^3. Mula mula air terlebih dahulu dipompakan dari tangki penampungan ke dalam saluran pipa sampai penuh, selanjutnya kerosen dipompakan dari tangki penampungan ke dalam pipa saluran sehingga air dan kerosen akan bercampur di dalam mixing area. Setelah air dan kerosen bercampur di dalam mixing area kemudian laju aliran keduanya diatur dengan menggunakan katup dan diukur oleh flow meter dengan nilai besaran sesuai dengan matriks tes penelitian (tabel1). Aliran



uji. Setelah aliran stedi maka dilakukan pengambilan data untuk beberapa parameter pengujian yaitu level air dan kerosen didalam tabung volumetrik yang berasal dari aliran keluaran sidearm dan run arm persatuan waktu, hambatan di downstream dan pola aliran di inlet dan percabangan. Pola aliran diperoleh dari hasil visualisasi aliran dengan menggunakan handycam yang direkam pada sisi inlet dan branch (percabangan) T-junction.



Gambar 6. Skematik diagram eksperimental

Tabel 1.Matrik tes penelitian

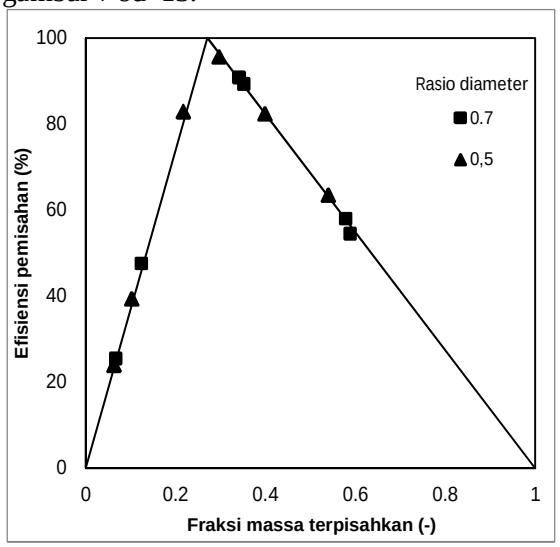
Jw	Jk	Watercut
m/s	m/s	(%)
0.20	0.14	60
0.20	0.22	49
0.23	0.25	49
0.29	0.2	60
0.36	0.15	70
0.39	0.17	70
0.39	0.25	60

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

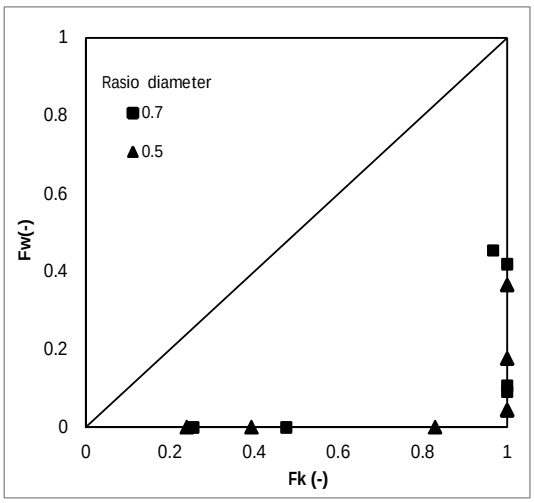
Data hasil pemisahan disajikan dalam bentuk grafik efisiensi pemisahan fase dan fraksi fase yang mengalir ke side arm. Kondisi diatas

diamati berdasarkan kondisi terbaik yang dicapai oleh hasil eksperimen dan visualisasi aliran.pada seksi uji (T-junction).

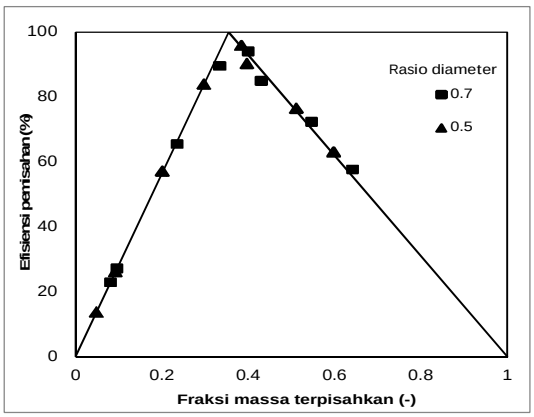
Grafik hasil pemisahan fase ditunjukkan pada gambar 7 sd 13.



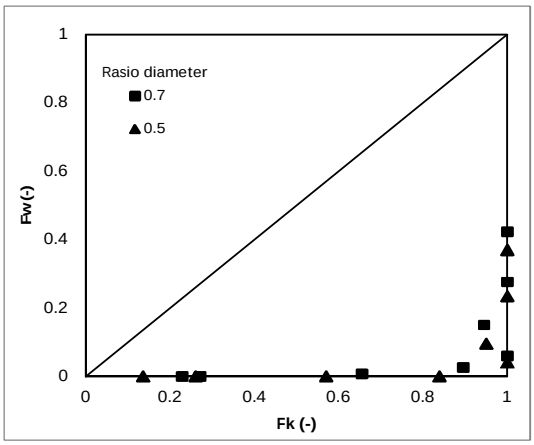
Gambar 7. Efisiensi pemisahan fase pada Watercut 70%,



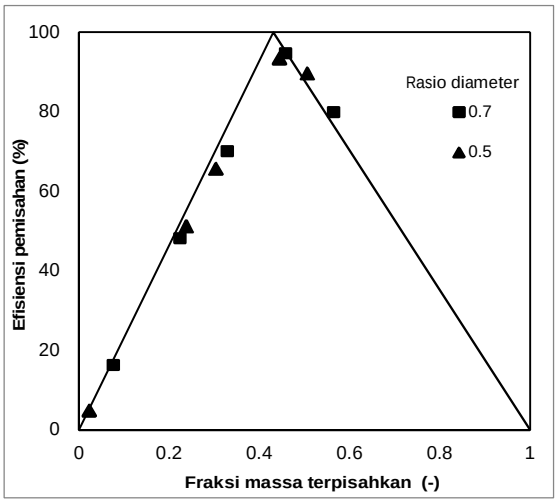
Gambar 8. Hasil pemisahan fase pada Watercut 70%



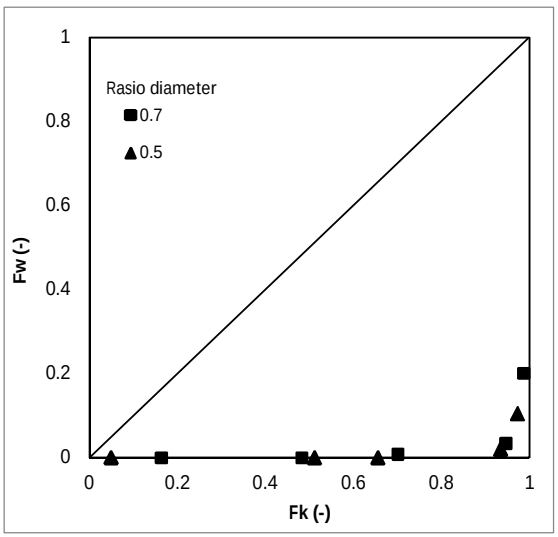
Gambar 9. Efisiensi pemisahan fase pada Watercut 60%



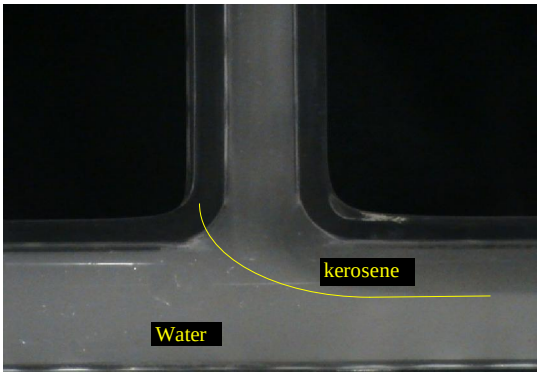
Gambar 10. Hasil pemisahan fase pada watercut 60%



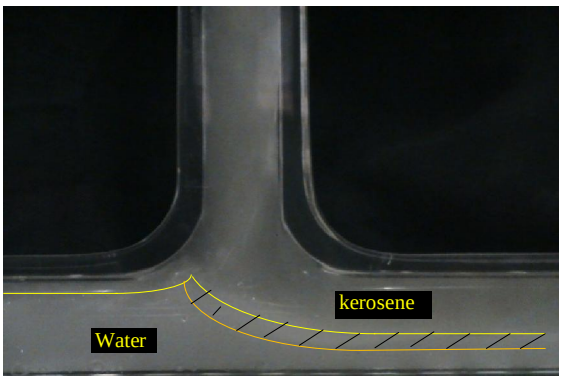
Gambar 11. Efisiensi pemisahan fase pada Watercut 49%



Gambat12. Hasil pemisahan fase pada watercut 49%



Gambar 13. Visualisasi aliran untuk kondisi terbaik pada r_D = 0,5



Gambar 14. Visualisasialiran untuk kondisi terbaik pada r_D = 0,7

Gambar 7 pada water cut 70% memperlihatkan efisiensi pemisahan tertinggi dicapai pada r_D = 0,5 sebesar 96%.

Gambar 9 pada water cut 60% memperlihatkan efisiensi pemisahan tertinggi dicapai pada r_D = 0,5 sebesar 96%.

Gambar 11 pada water cut 49% memperlihatkan efisiensi pemisahan tertinggi dicapai pada r_D = 0,7 sebesar 95%.

Gambar 8 pemisahan fase terbaik untuk water cut 70% menghasilkan nilai Fk = 1 dan Fw = 0,04, kondisi ini diperoleh pada Jk = 0,36 m/s dan Jw = 0,15 m/s

Gambar 10 pemisahan fase terbaik untuk water cut 60% menghasilkan nilai Fk = 1 dan Fw = 0,04,kondisi ini diperoleh pada Jk = 0,20 m/s dan Jw = 0,14 m/s

Gambar 12 pemisahan fase terbaik untuk water cut 49% menghasilkan nilai Fk = 0,95 dan Fw = 0,03, kondisi ini diperoleh pada Jk = 0,20 m/s dan Jw = 0,22 m/s

Gambar 13 memperlihatkan pada rasio diameter 0,5 semua fase kerosene diarahkan ke branch hal ini disebabkan penampang branch pada rD 0,5 lebih kecil dibanding pada rD 0,7, sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada radius belokan terutama pada arah run akan memaksimalkan aliran fase kerosene menuju branch untuk pola aliran Stratified.
Pada rasio diameter 0,7 seperti terlihat pada

Gambar 14 hampir keseluruhan fase kerosen mengalir ke branch akan tetapi karena penampang branch lebih besar maka gaya sentrifugal yang bekerja pada radius belokan menyebabkan sedikit kerosene ikut terdorong ke arah run.Kondisi ini terjadi pada pola aliran Three layer (3L).

5. KESIMPULAN

1. Geometri T-junction sangat berperan terhadap kinerja pemisahan fase. Dengan adanya perubahan pada rasio diameter branch dan inlet maka secara umum akan berpengaruh terhadap efisiensi pemisahan fase yang menuju side arm.
2. Pada rasio diameter 0,5 semua fase kerosene diarahkan menuju ke branch, sedangkan pada rasio diameter 0,7 lebih banyak fase kerosene menuju ke branch akan tetapi masih ada fase kerosene yang masuk ke run.
3. Pola aliran stratified akan menghasilkan efisiensi pemisahan fase lebih tinggi dibanding pola aliran stratified with mixture interface (3L).

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Azzopardi,B.J, Whalley,P.B., 1982,The effect of Flow Patterns Two Phase Flow in a T-junction, Int. Journal of Multiphase Flow, vol.8,pp.491-507.
2. Ega , T.B., 2009, Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut T-junction Terhadap Karakteristik Pemisahan Kerosen-Air,Tesis Magister Teknik Jurusan Teknik Mesin dan Industri,FT-UGM.

3. Wang,L.Y, Wu,Y.X.,, Zheng,Z.C, Guo,J, Zhang,.J.,Tang,C., 2008, Oil Water Two Phase Flow Inside T-Junction, Journal of Hydrodynamic,vol.20(2),pp.147-153.
4. Walters,L.C., Soliman,H.M., Sims,G.E., 1997, Two-Phase Pressure Drop and Phase Distribution at Reduced Tee Junctions, Int. Journal of Multiphase Flow,vol.24,pp775-792.
5. Wren,E., azzopardi,B.J., 2004, Affecting The Phase Split at a Large Diameter T-junction by Using Baffles, Int. Journal of Multiphase Flow,vol.28,pp.835-841.
6. Yang,L., Azzopardi,B.J., Belghazi,A., 2006, Phase Separation of Liquid-Liquid Two Phase Flow at a T-junction, AIChE Journal,vol.52(1),pp.141-149.
7. Yang,L., Azzopardi,B.J., 2007, Phase Split of Liquid-Liquid Two Phase Flow at a HorizontalT-junction,AIChE Journal,vol.52(1), pp.141-149.