

PENGARUH POSISI REKOMBINASI TERHADAP KINERJA SEPARATOR *GLCC METERING LOOP*

Marwan Effendy

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A.Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosura

email : effendy@ums.ac.id

ABSTRAKSI

Industri perminyakan telah menunjukkan ketertarikannya mempergunakan separator siklon silinder vertikal (gas-liquid cylindrical cyclone) atau lebih dikenal separator GLCC. Berkaitan dengan separator GLCC, tulisan ini mengkaji mengenai efek posisi titik rekombinasi terhadap karakteristik GLCC metering loop. Diharapkan dari kajian ini akan memberikan informasi dalam desain GLCC. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan membuat spesimen skala laboratorium. GLCC metering loop memiliki sistem masukan tunggal, diameter 7,62cm dan tinggi 150cm. Pada spesimen uji dilengkapi enam variasi posisi rekombinasi yang posisinya dari bidang inlet berturut-turut dari atas ($H=80, 60, 40, 20, 0,$ and -20cm). Fluida yang dipisahkan diasumsikan terdiri dari komponen udara-air. Hasil penelitian yang diukur pada tekanan kerja di ruang pencampur $0 \text{ kg/cm}^2(\text{G})$ dan temperatur $27\sim 30^\circ\text{C}$, menunjukkan bahwa level cairan kesetimbangan (L_{eq}) akan meningkat seiring dengan kenaikan posisi rekombinasi. Dalam kondisi yang lain, yakni dengan mempertahankan level di sekitar inlet (rata-rata 85cm) maka makin rendah posisi rekombinasi produktivitas separator meningkat.

Kata-kata kunci: separator, GLCC metering loop, posisi rekombinasi

PENDAHULUAN

Menurut perkembangannya separator konvensional tipe *vessel* merupakan generasi paling matang. Berpuluh-puluh tahun industri perminyakan telah menggunakan tipe *vessel* untuk pemisahan aliran [Mohan dan Shoham, 1999]. Menurut Wang dkk [2001] karena dimensinya relatif panjang, berat, dan biaya investasi yang mahal timbul gagasan untuk menggali model yang telah ada, kemudian dikembangkan menjadi model separator yang ekonomis. *GLCC* (*gas-liquid cylindrical cyclone*) merupakan alternatif menarik untuk menggantikan tipe *vessel* [Motta dkk, 1997].

Beberapa dekade terakhir industri perminyakan telah menunjukkan ketertarikannya terhadap separator *GLCC* [Erdal dkk, 1998]. *GLCC* selain sederhana, ringan, kecil dan mudah pengoperasiannya, juga murah harganya. *GLCC* terdiri dari selongsong pipa vertikal dengan saluran pemasukan ditengah siklon yang dipasang miring terhadap sumbu horisontal. Saluran pengeluarannya terdiri dari dua buah yakni satu terletak di atas untuk pengeluaran gas dan satu lagi di bawah untuk penyaluran cairan. Kedua saluran setelah melalui *flowmeter* digabung kembali pada titik rekombinasi apabila *GLCC* dipakai untuk keperluan pengukuran.

Sampai saat ini, lebih dari 150 unit separator *GLCC* telah diaplikasikan berbagai industri di seluruh dunia. Ukuran *GLCC* diameternya bervariasi mulai dari 3 in hingga 5 ft dan tingginya 7-30 ft. *GLCC* terbesar di dunia adalah milik PT. Caltex Pasific Indonesia yang diameternya mencapai 5-ft dan tinggi 20-ft. Separator tersebut terletak di Minas dipasang pada instalasi *bulk separation/metering loop*[Wang, 2000].

GLCC sebenarnya merupakan separator sederhana kemudian dimodifikasi dan dikembangkan menjadi teknologi mutakhir. Meski demikian masih sedikit informasi yang tersedia mengenai kinerja dan desain yang optimum. Hanya sedikit orang yang melakukan penyelidikan masalah ini. Riset dilakukan secara eksperimental maupun kaji numerik dipandang masih perlu dikembangkan lebih lanjut[Gomez dkk, 1998].

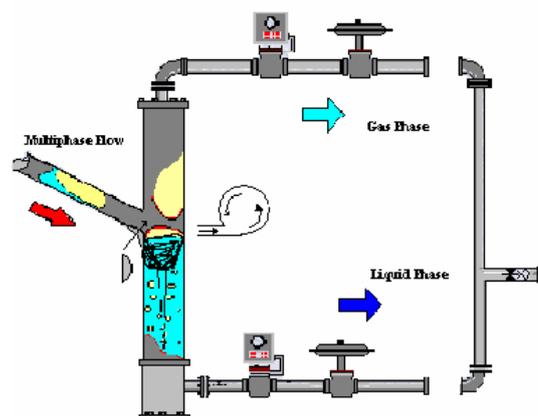
Mengacu berbagai riset yang telah dilakukan beberapa ilmuwan, selanjutnya akan diungkap pengaruh posisi rekombinasi terhadap kinerja pemisahan fasa gas-cair pada separator siklon silinder (*GLCC*) yang disusun secara *metering loop configuration*.

TINJAUAN PUSTAKA

Studi mengenai separator *GLCC* telah banyak dilakukan oleh ilmuwan terdahulu, dinataranya Davies, Watson, dan Oranje dalam Gomez dkk[1998] telah meneliti separator kecil untuk keperluan produksi di industri lepas pantai. Separator tipe siklon tersebut ternyata mampu untuk standar aplikasi di *offshore*. Dalam Wang[2000] juga dituliskan bahwa penerapan separator *compact* untuk produksi di lepas pantai amat menguntungkan, karena mampu mereduksi ukuran, berat, harga dan kinerja separator dapat ditingkatkan efisiensinya.

Zhikarev dkk[1985] dalam Gomez dkk[1998] mengembangkan separator siklon *hollow* untuk memisahkan gas-cairan dengan membuat penampang saluran pemasukan segiempat dan bekerja secara tangensial yang ditempatkan pada bagian bawah siklon. Cowie[1991] dalam Wang [2000] meneliti unjuk kerja konfigurasi sistem *inlet* radial dan tangensial. Sistem *inlet* tangensial memberikan kinerja yang baik pada kondisi *liquid carry-over*.

Prototipe separator *GLCC* telah dibuat memakai pipa berdiameter 3-in dan saluran *inlet* 2-in yang dipasang 27° terhadap horisontal[Arpandi dkk, 1996].



Gambar 1. Separator *GLCC Metering Loop* (Gomez, 1998)

Hasil riset yang telah dilakukan memungkinkan untuk memprediksi perilaku aliran hidrodinamika dalam *GLCC* pada kondisi operasi *liquid carry-over*, level cairan, bentuk vorteks, dan hubungan kecepatan superfisialgas-cairan.

Movafaghian dkk[2000] meneliti pengaruh properti fluida, geometri *inlet* dan tekanan terhadap perilaku aliran dalam *GLCC*. Penelitian dilakukan melalui pendekatan teoritis dan eksperimental dengan membuat *GLCC* skala laboratorium diameter 3-in dan 2-in. Penyelidikan yang dilakukan Movafaghian dkk[2000] meliputi sistem saluran *inlet* tunggal maupun ganda, pengaruh perubahan viskositas cairan yang dipergunakan, pengaruh perbedaan tekanan pengoperasian, dan efek penggunaan *surfactant*. Hasil riset menunjukkan makin besar jarak titik rekombinasi di bawah *inlet*, maka kecepatan superfisial cairan makin tinggi seiring dengan meningkatnya kecepatan gas.

TEORI PENUNJANG

Perilaku aliran hidrodinamika yang terjadi di dalam separator *GLCC* amatlah kompleks. Kompleknya perilaku aliran dipengaruhi banyak faktor, yakni geometri *GLCC*, kemiringan saluran *inlet*, tekanan masuk *GLCC*, regim aliran yang masuk *GLCC*, serta properti fluida yang dioperasikan. Pada sistem *multiphase metering loop* perilaku aliran dipengaruhi posisi titik pertemuan kembali setelah aliran terpisah dari *GLCC* (*recombination point*).

Level Cairan Kesetimbangan (L_{eq})

Level cairan kesetimbangan menunjukkan sejumlah cairan di dalam

GLCC. Untuk aliran dua fase, level cairan kemungkinan berada di bawah atau di atas saluran *inlet*. Posisi level cairan amat bergantung pada kondisi pengoperasiannya. Level cairan dapat diukur dengan menempatkan skala indikator pada *GLCC*.

Supaya tercapai kondisi pengoperasian yang optimal, level cairan kesetimbangan sebaiknya dijaga di bawah saluran *inlet* untuk menghindari terbawanya butiran cairan ke dalam saluran percabangan gas. Demikian pula level cairan perlu dijaga di atas saluran pengeluaran agar tidak terjadi *gas carry-under*. Berkaitan dengan level cairan(L_{eq}), maka dalam desain *GLCC* perlu mempertimbangkan penempatan posisi saluran keluaran terhadap saluran *inlet* secara tepat[Movafaghian dkk, 2000]

Menurut beberapa peneliti yakni Kouba dkk[1995], Arpandi dkk[1996], Marti dkk[1996] dan Movafaghian dkk[2000] bahwa level cairan kesetimbangan ditentukan dengan menyamakan tekanan dalam gas dan cairan antara posisi inlet P₁ terhadap posisi titik outlet P₂. Penurunan tekanan gas dan cairan dapat dihitung dengan mengabaikan interaksi hidrodinamik antara kedua fasenya. Penurunan tekanan dalam saluran cairan

$$\Delta P_l = \rho_l g(L_{eq} - L_{l_s}) + \rho_g g(L_{in} - L_{eq}) - \left(\Phi_l + \frac{f_l L_{eq} \rho_l v_l^2}{D_l} \right) \dots\dots\dots (1)$$

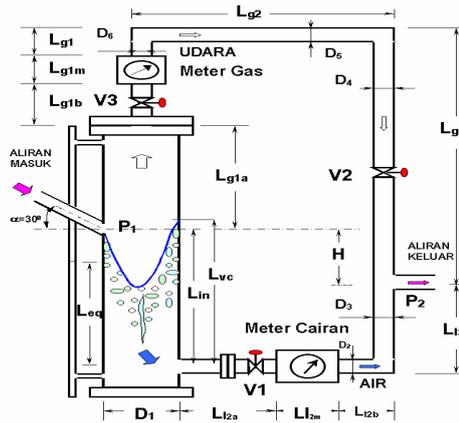
Penurunan tekanan dalam saluran gas

$$\Delta P_g = \rho_g g(L_{g_3} - L_{g_1}) - \Phi_g \dots\dots\dots (2)$$

Rugi tekanan karena gesekan dalam cairan dan gas masing-masing :

$$\Phi_l = \frac{\rho_l}{2} \left(\sum_{i=1}^m \frac{f_i L_i v_i^2}{D_i} + \sum_{i=1}^n K_i v_i^2 \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$\Phi_g = \frac{\rho_g}{2} \left(\sum_{i=1}^p \frac{f_i L_i v_i^2}{D_i} + \sum_{i=1}^q K_i v_i^2 \right) \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 2. Parameter Seksi Uji GLCC

Bagian depan dari persamaan (3) dan (4) merepresentasikan rugi-rugi gesekan dalam segmen pipa yang berbeda dan bagian kedua merupakan rugi-rugi yang berupa belokan serta percabangan. Notasi m dan n masing-masing menunjukkan jumlah segmen pipa dan percabangan dalam saluran cairan, sedangkan p dan q merupakan elemen saluran gas.

Dengan mempersamakan penurunan tekanan gas dan cairan serta mengabaikan interaksi hidrodinamik antara kedua fasenya, level cairan kesetimbangan dirumuskan :

$$L_{eq} = \frac{\Phi_l - \Phi_g + \rho_l g L_{t_3} - \rho_g g (L_{t_m} + L_{g_1} - L_{g_3})}{g(\rho_l - \rho_g) - \left(\frac{f_l \rho_l v_l^2}{D_1 \cdot 2} \right)}$$

.....(5)

METODOLOGI PENELITIAN

Konfigurasi sistem separator GLCC yang dipergunakan pada penelitian ini didesain secara *metering loop*. Sistem tersebut biasanya diterapkan pada instalasi di industri perminyakan untuk pengukuran aliran(*metering*), pengetesan(*testing*), pemisahan awal(*pre-separation*) dan *bulk separation*.

Dalam kegiatan penelitian perlu dipersiapkan bahan dan alat yang

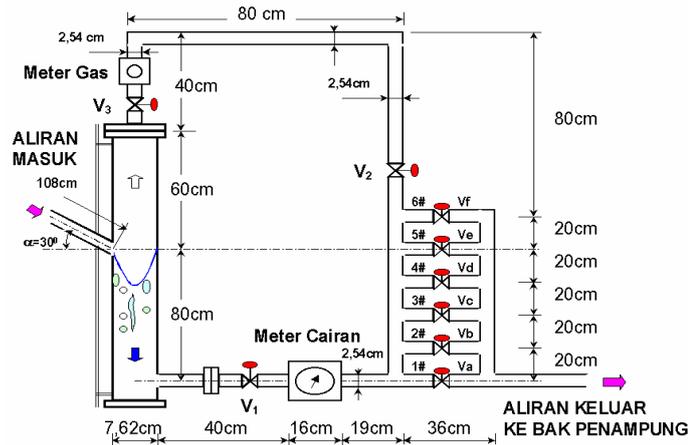
diperlukan untuk merakit spesimen uji separator GLCC, rangka dudukan untuk menempatkan spesimen uji, alat pengukur maupun perangkat penunjang eksperimen.

Spesimen Uji GLCC (Test Section)

Untuk menyelidiki fenomena aliran dalam separator GLCC, prototipe dibuat dalam skala laboratorium dari pipa transparan (*plexyglass*) berdiameter 3 inchi dan panjang 150 cm dipasang secara vertikal. Jarak 60 cm dari bagian atas GLCC diberi saluran pemasukan aliran dua fase sepanjang 108 cm dan diameter 1 inchi. Pipa transparan untuk saluran pemasukan dipasang menurun pada sudut inklinasi 30⁰ terhadap bidang horisontal.

Sesuai dengan prinsip desain *metering loop*, aliran yang telah terpisah tersebut digabung kembali dengan pipa PVC vavin diameter 1 inchi, kemudian disalurkan ke bak penampung air. Posisi penggabungan kembali ini dinamakan *recombination point*. Pada seksi uji didesain 6 titik posisi pengujian yakni 1#, 2#, 3#, 4#, 5#, dan 6#. Pemilihan posisi pengujian dengan mengatur katup yang terpasang pada rangkaian yaitu Va, Vb, Vc, Vd, Ve, dan Vf

Separator GLCC juga dilengkapi dengan indikator pengukur level cairan kesetimbangan (L_{eq}) dan tinggi vorteks. Indikator terbuat dari selang diameter ±5mm yang diberi skala meter satuan cm. Selang dihubungkan jarak 10 cm dari dasar GLCC dan 5 cm dari bagian atas.



Gambar 3. Dimensi *GLCC*

Instalasi Pengukuran (*Metering Section*)

Aliran campuran dua fase atau dua komponen dibentuk pada ruang pencampur yang terbuat dari pipa dan diteruskan ke seksi uji. Untuk mengatur komposisi campuran dilakukan dengan mengendalikan katup *V6* dan *V7*. Fluida yang dipergunakan dalam eksperimen diasumsikan udara dan air yang masing-masing mewakili gas dan cairan. Asumsi ini diambil dengan alasan aspek praktisnya. Udara dan air merupakan fluida yang mudah didapatkan serta sangat murah. Selain itu udara dan air merupakan zat yang tidak berbahaya. Pengambilan asumsi udara dan air sebagai komponen campuran diharapkan mampu menggambarkan fenomena aliran di dalam *GLCC* pada penerapan fluida lainnya.

Udara yang dipergunakan sebagai fase gas disuplai dari tangki gas bertekanan pada kompresor model *CPT-280* type *C* berkapasitas 280 liter/menit pada 7 kg/cm^2 . Aliran gas dikendalikan dengan katup (*V5*, *V6*) dan untuk melihat debit aliran dipergunakan *rotameter* gas kapasitas 0~70 scfh.

Fase cair disuplai dari tangki penampung air berkapasitas 100 liter pada tekanan atmosfer dan dialirkan

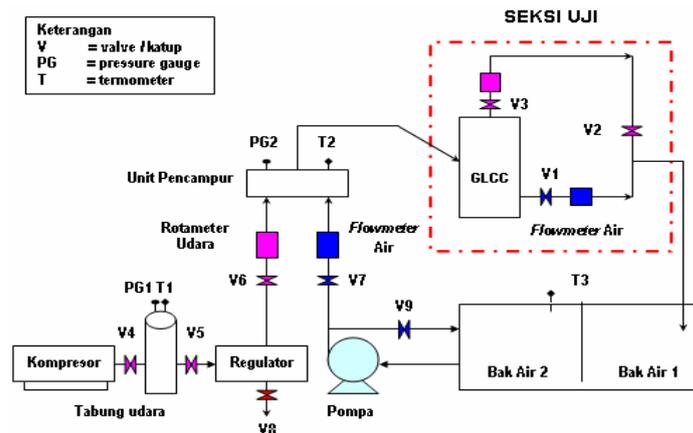
dengan pompa merk *National GP-125 JB* kapasitas 125W. Aliran air dikendalikan dengan kombinasi katup (*V7*) dan katup by pass. Untuk mengukur debit dipasang *flowmeter* kapasitas 0-14 gpm.

Bagian pencampur dilengkapi pengukur tekanan (*pressure gauge*) dan termometer untuk mengontrol tekanan pengoperasian dan suhunya. Dari kotak pencampur aliran dua komponen (udara-air) diteruskan ke seksi uji *GLCC*.

Pada instalasi penelitian bak penampung air terdiri dari dua buah yaitu bak air 1 dan 2. Pemisahan ini dimaksudkan supaya air yang akan dipompa seminimal mungkin tidak terdapat butiran udara yang terjebak dalam air.

Prosedur Penelitian

Eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin UGM Jogjakarta. Dalam eksperimen perlu diyakinkan bahwa instalasi yang terpasang tidak terdapat kebocoran. Oleh karena itu, instalasi perlu dites pada tekanan yang akan dioperasikan dalam penelitian. Caranya dengan mengalirkan air dan udara secara kontinu dengan tekanan yang semakin tinggi melalui seksi uji *GLCC*. Tekanan pengelasan ditingkatkan hingga mencapai di atas tekanan pengoperasian yang direncanakan dalam penelitian, yakni tekanan pada unit pencampur kurang 1 kg/cm^2 .



Gambar 4. Susunan Peralatan Percobaan

Setelah instalasi dinyatakan baik selanjutnya dilakukan penelitian dengan tahapan :

1. Pilih posisi titik rekombinasi 1#
2. Buka secara penuh katup V1, V2, dan V3
3. Alirkan gas dari tabung udara bertekanan menuju ruang pencampur dengan mengatur V5 dan V6
4. Pilih laju aliran gas masuk pencampur $Q_g = 10 \text{ scfh}$ dengan mengatur katup V6 dan *by pass* V8
5. Hidupkan pompa sehingga air mengalir menuju ruang pencampur, melewati GLCC, dan selanjutnya menuju bak air 1. Pilih laju aliran air masuk pencampur $Q_1 = 5 \text{ gpm}$.
6. Atur katup V1 atau V3 untuk mendapatkan level cairan disekitar *inlet* (84~86cm).
7. Catatlah data-data : temperatur dan tekanan di ruang pencampur, tinggi level cairan, debit air dan debit udara keluar melalui tabung GLCC, perbedaan tekanan ($P_2 - P_1$), pola aliran dalam selongsong tabung GLCC.
8. Ulangi langkah 5 sampai 6 dengan memvariasi debit air masuk pencampur mulai 4,5; 4; 3,5; 3; 2,5; 2; 1,5; dan 1gpm. Variasi dilakukan

dengan mengatur katup V7 dan *by pass* V9.

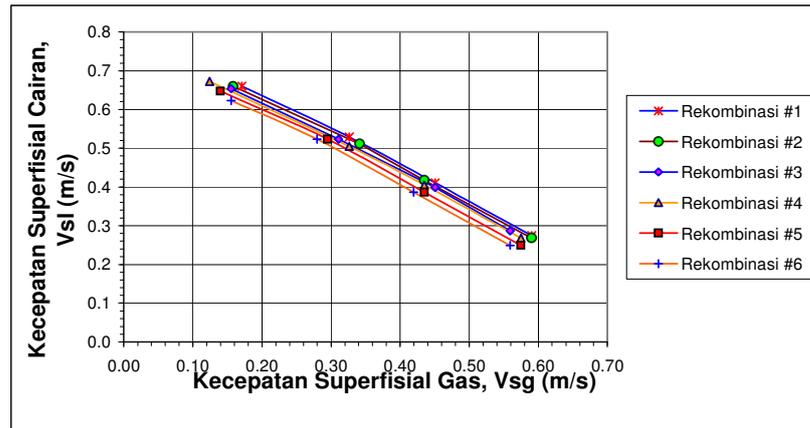
9. Ulangi langkah 4 sampai 7 dengan memvariasi debit udara masuk pencampur mulai 20, 30, 40, 50, 60 dan 70cfh.
10. Ulangi langkah 1 sampai 8 untuk titik rekombinasi yang lain mulai #2, #3, #4, #5, dan #6

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengungkapkan kinerja GLCC biasanya dengan kecepatan superfisial. Kecepatan superfisial gas (v_{sg}) didefinisikan sebagai laju aliran udara aktual dibagi luas penampang melintang pipa, sedangkan kecepatan superfisial cairan (v_{sl}) didefinisikan sebagai laju aliran air aktual dibagi luas penampang melintang pipa [Ramirez, 2000]. Penentuan kecepatan superfisial diperlukan informasi luas penampang lintang (A) dan laju aliran (Q).

Pengaruh Posisi Rekombinasi terhadap Hubungan v_{sg} vs v_{sl}

Dalam penelitian ini pada prinsipnya mempertahankan posisi level cairan kesetimbangan pada daerah pengoperasian yang optimal. Level di usahakan berada di sekitar *inlet* untuk berbagai komposisi debit pencampuran udara-air. Enam posisi rekombinasi yang diselidiki (#1 sampai #6) jaraknya dari bidang *inlet* berturut-turut adalah 80, 60, 40, 20, 0 dan -20cm.



Gambar 5. Hubungan v_{sg} vs v_{sl} pada Level Cairan Rata-rata 85cm

Hasil eksperimen dengan mempertahankan pada level cairan di sekitar 84~86cm diilustrasikan pada gambar 10. Dengan mengkondisikan level cairan di sekitar *inlet*, fenomena menyusupnya gas ke dalam saluran cairan (*gas carry-under*) pada rekombinasi #1 bisa direduksi. Posisi mampu diperluas ke arah *liquid carry-over* dengan meningkatkan level cairan lebih tinggi. Konsekuensi perubahan ini akan berimplikasi pada hubungan kecepatan superfisial gas terhadap kecepatan superfisial cairan.

Dalam menerapkan grafik prestasi *GLCC* yang diperoleh dalam penelitian hendaknya memperhatikan level cairan kesetimbangan. Posisi *inlet* terletak 83 cm dari dasar saluran pengeluaran *GLCC*. Posisi ini merupakan posisi yang optimal untuk pengoperasian sebuah separator. Level di atas 83cm mengindikasikan awal terjadinya peristiwa *liquid carry-over*, sedangkan di bawah nilai 83cm sebagai awal fenomena *gas carry-under*. Kedua peristiwa tersebut sepanjang tidak berlebihan masih bisa diterapkan dalam mengoperasikan separator. Fenomena *liquid carry-over* yang berlebihan artinya level cairan kesetimbangan menyentuh

bagian atas *GLCC*, sehingga butiran-butiran air akan menyusup ke dalam saluran udara. Demikian halnya *gas carry-under* yang berlebihan, yakni terdapatnya gelembung-gelembung gas menyusup ke dalam cairan dan akhirnya melewati saluran cairan di bagian bawah *GLCC*.

Kedua fenomena di atas akan mengurangi efektifitas pemisahan separator. Untuk mereduksi adanya *liquid carry-over* dan *gas carry-under*, yaitu mengusahakan level cairan berada di sekitar lubang *inlet*. Kondisi pengoperasian optimal bisa dicapai dengan menerapkan sistem kendali pada separator *GLCC*. Pada komposisi laju aliran udara-air yang berubah-ubah akan menyulitkan dalam mempertahankan level cairan, apabila hanya mengandalkan kendali katup secara manual.

KESIMPULAN

Unjuk kerja separator *GLCC* yang disusun secara *metering loop* dipengaruhi posisi saluran pengeluaran aliran (*recombination point*). Unjuk kerja separator diekspresikan dalam hubungan kecepatan superfisial gas terhadap kecepatan superfisial cairan. Hasil penelitian dengan mempertahankan pada level cairan rata-rata 85cm

menunjukkan bahwa makin besar jarak titik rekombinasi di bawah *inlet* maka kecepatan superfisial gas meningkat. Perlu diingat bahwa efektifitas pengoperasian dibatasi dua fenomena yang tidak diharapkan yaitu *LCO* dan *GCU*. Sehingga

apabila dipilih konfigurasi yang makin dekat dengan dasar *GLCC*, maka level cairan dalam *GLCC* tereduksi yang pada akhirnya akan terjadi peristiwa *gas carry-under*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arpandi, I.A., Joshi, A.R., Shoham, O., Shirazi, S.A., and Kouba, G.E., 1996, *Hydrodynamics of Two-Phase Flow in Gas-Liquid Cylindrical Cyclone Separators*, SPE-30683, presented at the 70th SPE Annual Meeting October 22-25, 1995, Dallas, U.S.A., SPE Journal vol. 1 (December 1996), p.427-436.
- Erdal, F.M., Shirazi, S.A., Mantilla, I., and Shoham, O., 1998, *CFD Study of Bubble Carry-Under in Gas-Liquid Cylindrical Cyclone Separators*, SPE-49309, presented at the 73rd SPE Annual Technical Conference and Exhibition September 27-30, 1998, New Orleans, Louisiana.
- Gomez, L.E., Mohan, R.S., Shoham, O., and Kouba, G.E., 1998, *Enhanced Mechanistic Model and Field Application Design of Gas-Liquid Cylindrical Cyclone Separators*, SPE-49174, Presented at the 73th SPE Annual Technical Conference and Exhibition September 27-30, 1998, New Orleans, Louisiana.
- Kouba, G.E., Shoham, O. and Shirazi, S.A., 1995, *Design and Performance of Gas-Liquid Cylindrical Cyclone Separators*, Presented at the BHR Group 7th International Conference on "Multiphase 95" June 7-9, Cannes, France. p.307-327.
- Marti, S., Erdal, Shoham, O., Shirazi, S.A., and Kouba, G.E., 1996, *Analysis of Gas Carry-Under in Gas-Liquid Cylindrical Cyclone*, presented at the Hydrocyclones International Meeting April 2-4, 1996, St.John College, Cambridge, England.
- Mohan, R. and Shoham, O., 1999, *Technologies Under Development: Design and Development of Gas-Liquid Cylindrical Cyclone Compact Separators for Three-Phase Flow*, Presented at Oil and Gas Conference-Technology Options for Producers Survival June 28-30, 1999, Dallas, TX.
- Movafaghian, S., Jaua-Marturet, J.A., Mohan, R.S., and Shoham, O., 1999, *The Effects of Geometry Fluid Properties and Pressure on the Hydrodynamics of Gas-Liquid Cylindrical Cyclone Separators*, International Journal of Multiphase-Flow.
- Wang, S., 2000, *Dynamic Simulation, Experimental Investigation and Control System Design of Gas-Liquid Cylindrical Cyclone Separators*, Ph.D. Dissertation, The Discipline of Mechanical Engineering, The University of Tulsa, Oklahoma.
- Wang, S., Gomez, L.E., Mohan, R.S., and Shoham, O., 2001, *GLCC Compact-Separators for Wet Gas Applications*, ECTE2001-17137, Proceedings of ETCE 2001 Engineering Technology Conference on Energy February 5-7, Houston, TX.