

ANALISA PERFORMA STEAM JET EJECTOR PLTP SKALA KECIL PADA KONDISI OPERASI BERBEDA

Zulfa Khalida¹⁾, Sukir Maryanto¹⁾, Taufan Surana²⁾

1) Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya Malang

2) Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, BPPT-PUSPITEK Serpong

Email : zulfakhalida@gmail.com

Telah dilakukan penelitian *ejector* untuk proses ekstraksi *Non Condensable Gas* (NCG) dengan menggunakan *steam* yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Pada penelitian ini dilakukan variasi tekanan kondenser untuk mengetahui performa *ejector* pada kondisi operasi tekanan kondenser yang berbeda. Performa *ejector* dapat dilihat dari *entrainment ratio* yang dihasilkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi operasi berbeda akan menghasilkan *entrainment ratio* yang berbeda. Nilai *entrainment ratio* menunjukkan kondisi desain *ejector* dan pada penelitian ini didapatkan kondisi operasi *ejector on-design* dan *off-design*.

Kata Kunci : *Steam Jet Ejector*, Tekanan Kondenser, *on-design*, *off-design*.

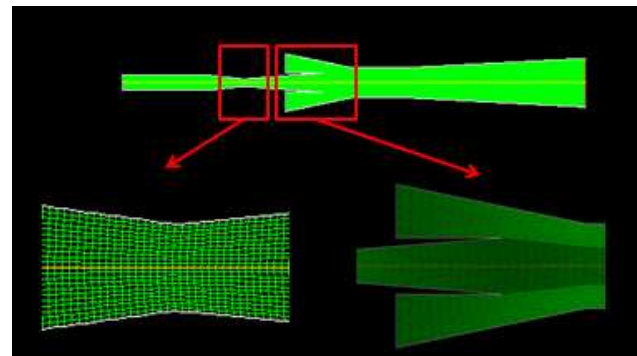
1. Pendahuluan

Pengembangan sumber daya panas bumi untuk pembangkit listrik diproyeksikan akan menjadi sumber energi andalan seiring dengan semakin menipisnya cadangan migas di dunia. Dalam mengembangkan potensi geothermal di Indonesia, Pemerintah berusaha mengembangkan PLTP skala kecil secara bertahap^[1]. Fluida panas bumi yang digunakan untuk menggerakkan turbin pada PLTP skala kecil mengandung campuran air dan uap serta beberapa komponen lainnya yang tidak dapat terkondensasi secara maksimal yang disebut *Non Condensable Gas* (NCG). Kandungan NCG dalam fluida geothermal dapat menyebabkan penurunan efisiensi *heat flow* di kondenser dan menyebabkan penurunan tekanan sehingga mengurangi efisiensi turbin dan daya keluaran PLTP menurun. Untuk menghasilkan *output* listrik yang efisien, NCG di dalam kondensor harus diekstraksi dengan menggunakan *steam jet ejector*^[1,2,3].

Untuk mengetahui kinerja dari *ejector* dengan berbagai kondisi operasi dapat dilakukan dengan analisa *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan *Software Fluent*.

2. Metodologi

Untuk mengetahui performa *ejector* dapat dilakukan dengan menganalisa *entrainment ratio* yaitu perbandingan antara *mass flow CO₂* terhadap *mass flow* uap. Performa *ejector* terhadap variasi tekanan kondenser akan menjadi objek penelitian. Pada penelitian ini kandungan NCG diasumsikan hanya terdiri dari *CO₂*. Dan untuk geometri dari *ejector* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Geometri *steam jet ejector* dan *gridding*

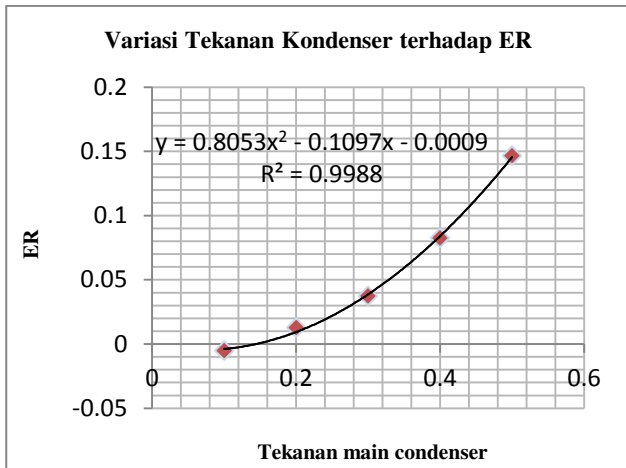
3. Pembahasan

3.1 Analisa Performa *Ejector* berdasarkan Tekanan Kondenser

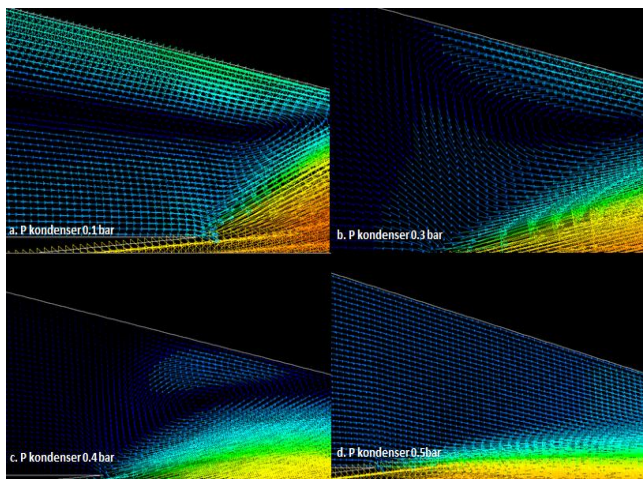
Performa *ejector* dapat dianalisa dengan berbagai variasi kondisi operasi. Dan pada penelitian ini dilakukan analisa performa *ejector* berdasarkan operasi tekanan kondenser. Tekanan *outlet* kondenser merupakan tekanan awal NCG atau *CO₂*.

Variasi tekanan kondenser akan mengakibatkan perbedaan laju alir NCG. Fluida mengalir dari tekanan tinggi menuju tekanan rendah. Semakin tinggi perbedaan tekanan maka potensi mengalir fluida tersebut semakin besar. Untuk tekanan kondenser yang lebih besar, NCG akan lebih mudah mengalir dibandingkan NCG yang berada di kondenser dengan tekanan kondenser yang lebih rendah^[2,4].

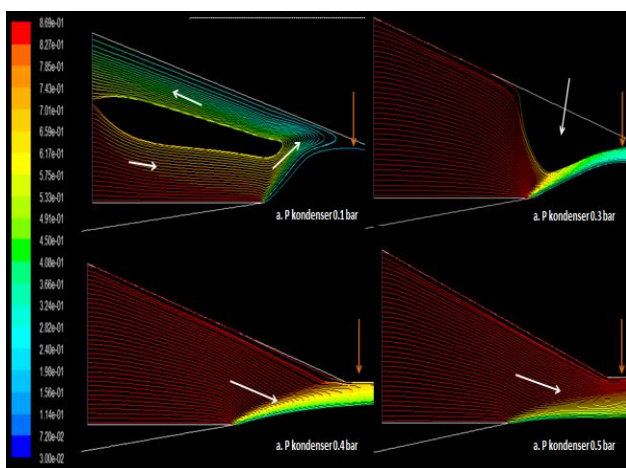
Pada Gambar 2 menunjukkan terjadi kenaikan *Entrainment ratio* (ER) yang sebanding dengan kenaikan tekanan kondenser.



Gambar 2 Kurva tekanan kondenser terhadap ER



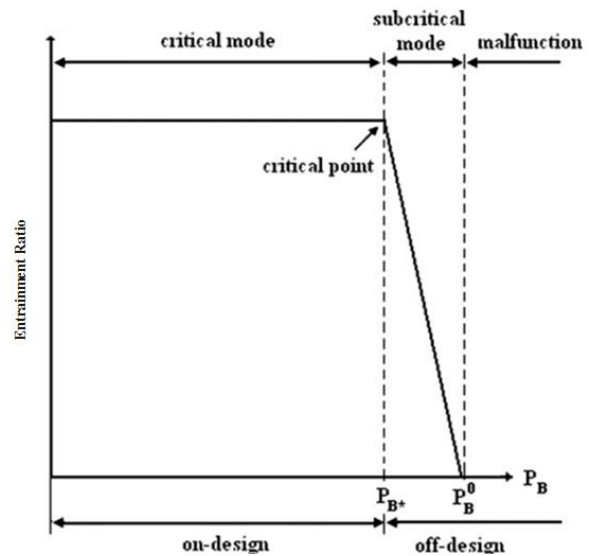
Gambar 3 Aliran kecepatan dengan variasi tekanan kondenser (a. 0.1 bar; b. 0.3 bar; c. 0.4 bar; d. 0.5 bar)



Gambar 4 Garis fraksi CO₂ pada tekanan kondenser (a. 0.1 bar; b. 0.3 bar; c. 0.4 bar; d. 0.5 bar)

Pada kurva ER pada kondisi tekanan kondenser yang berbeda (Gambar 2) terdapat nilai ER yang negatif yang menunjukkan adanya *steam* yang keluar ke daerah *inlet* CO₂. Peristiwa tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 (aliran vektor kecepatan) dan 4 (garis fraksi CO₂) yang menunjukkan adanya aliran balik pada *ejector* yang beroperasi pada tekanan kondenser 0.1 bar.

Untuk menjelaskan peristiwa aliran balik pada tekanan kondenser 0.1 bar dapat dianalisa dengan menggunakan kurva pada Gambar 5.



Gambar 5 Kurva operasi tekanan balik / back pressure (Wang, 2010)

Gambar 5 merupakan kurva tekanan balik (*back pressure*) terhadap *entrainment ratio*. Terdapat tiga wilayah yaitu mode kritis (*mixing chamber* mengalami keadaan maksimal untuk mengalirkan massa fluida atau yang disebut *choked*), mode subkritis (*mixing chamber* tidak mengalami *choked*) dan *malfunction* (terjadi aliran balik di *mixing chamber*). Ketika P_B (*back pressure*) yaitu tekanan *outlet* dibawah tekanan balik kritis P_{B*} maka *entrainment ratio* konstant. Ketika P_B lebih besar dari P_{B*} maka *entrainment ratio* akan menurun secara drastis^[5].

Untuk gambar 3 dan 4 (a) terjadi aliran balik dikarenakan *back pressure* (0.439 bar) lebih besar dibandingkan *critical back pressure* (0.1 bar) dan terjadi keadaan *malfunction* dimana terjadi aliran balik dimana CO₂ kembali keluar melalui inlet CO₂ (tempat masuknya CO₂) sehingga menyebabkan *entrainment ratio* bernilai negatif.

Sedangkan untuk Gambar 3 dan 4 (b) terjadi aliran balik yang memutar dengan keadaan *subcritical mode* yaitu tekanan balik (b. 0.45 bar) lebih besar dari tekanan balik kritis (b. 0.3 bar) tetapi tidak sampai menyebabkan *malfunction* hanya terjadi penurunan *entrainment ratio*.

Berbeda dengan Gambar 3, 4 (a) dan 3, 4 (b), untuk Gambar 3, 4 (c) dan 3, 4 (d) terjadi aliran yang lurus di *mixing chamber*. Tekanan balik pada gambar 3, 4 (c) yaitu 0.257 bar kurang dari tekanan balik kritis (0.4 bar) sedangkan tekanan balik pada gambar 3, 4 (d) yaitu 0.45 bar kurang dari tekanan balik kritis (0.5 bar) dan *entrainment ratio* yang dihasilkan positif. Operasi *ejector* pada keadaan ini disebut *critical mode*. Untuk gambar a dan b merupakan kondisi *off design*. Pada kondisi *off-design* terjadi penurunan *entrainment ratio* dan dalam mendesain *ejector* direkomendasikan untuk bekerja pada keadaan *critical mode*^[5].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan kondenser maka CO_2 semakin mudah mengalir dikarenakan perbedaan tekanan semakin tinggi antara tekanan kondenser dengan tekanan *outlet* dan sifat dasar fluida mengalir dari tekanan tinggi menuju tekanan yang lebih rendah. Pada penelitian ini didapatkan dua *mode* operasi yaitu untuk tekanan kondenser 0.1 bar dan 0.2 bar adalah *off-design* dengan ER pada 0.1 bar bernilai negatif. Dan untuk

tekanan kondenser 0.4 bar dan 0.5 bar merupakan *mode on-design*.

Daftar Pustaka

- [1] Surana, Taufan, Lina Agustina and Himawan Sutriyanto. 2013. *Analisa Computational Fluid Dynamics (CFD) Untuk Optimasi Sistem Ekstraksi Non-Condensable Gases Pada PLTP Skala Kecil*. Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi Kedeputian Teknologi Informasi, Energi dan Material – BPPT, Puspiptek Serpong, Balai Termodinamika Motor dan Propulsi Kedeputian Teknologi Industri Rancang Bangun dan Rekayasa – BPPT Komplek Puspiptek Serpong.
- [2] Perry, R.H. 2007. *Perry's Chemical Engineers*. McGraw Hill.USA.
- [3] Saptadji, Nenny Miryani. 2001. *Teknik Panasbumi*. ITB. Bandung
- [4] Mawardi. 1998. *Economic Optimization of Gas Extraction System at Different Levels of Non Condensable Gas Content*. Geothermal Institute. Aucland University
- [5] Wang, Xiao-Dong dan Jing-Liang Dong. 2010. *Numerical Study on the Performances of Steam-Jet Vacuum Pump at Different Operating Condition*. Elsevier. Vacuum 84(2010) 1341-1346.