

Studi Literatur Kritis *Entrainment Ratio* pada Ejektor

Akrimni Al Habil dan Jooned Hendrarsakti

Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10, Bandung 40132
Email: jooned@ftmd.itb.ac.id

Abstrak

Studi ini menekankan pada studi literature dari perbandingan perumusan untuk mencari Entrainment Ratio (ER) yang telah dilakukan oleh mahasiswa ITB dan literatur dari luar negeri baik yang diturunkan berdasarkan analisis numerik, analitik maupun eksperimen. Saat ini penelitian di Indonesia mengenai ER, dan performansi ejektor (seperti perhitungan Dry Air Equivalent dan *motive steam*) hanya mengacu pada usulan HEI. Padahal ada banyak literatur yang memberikan usulan pada tujuan yang sama yang mungkin pendekatan dan keakurannya lebih baik Hasil studi penelitian dalam perbandingan literatur menunjukkan bahwa literatur yang dilakukan oleh mahasiswa ITB banyak menggunakan perangkat lunak FLUENT dalam melakukan analisis numerik. ER dicari nilai optimumnya dengan melakukan perubahan variabel pada dimensi ejektor seperti diameter leher nosel, diameter leher diffusor, jarak keluaran nosel terhadap inlet diffusor, dan perubahan variabel lainnya. Hasil studi komparatif terhadap literatur luar negeri menunjukkan bahwa untuk mencari nilai ER, *Dry Air Equivalent*, dan laju uap tidak hanya menggunakan persamaan yang pernah dipublikasikan oleh Mauricio (2011). Ada lima perumusan lain yang dapat digunakan oleh lapangan untuk mencari performansi ejektor dengan menghitung ER yaitu literatur Maqsood, Chandler, Liao, Stanley, dan Richard dkk.

Keywords: Ejektor, Non Condensable Gas, PLTP

Pendahuluan

Saat ini penelitian lebih lanjut tentang ejektor sudah banyak dikembangkan. Seperti perumusan geometri yang dapat memberikan disain yang ideal sehingga Untuk meningkatkan performansi, analisis terhadap performansi ejektor terpasang, dan analisis sistem GRS (Gas Removal System) dalam pemilihan alat antara ejektor, LRVP, dan kompresor sentrifugal untuk meningkatkan daya isap keseluruhan sistem GRS dalam menarik NCG (Non Condensable Gas).

Tulisan ini dilakukan untuk membahas studi yang telah dilakukan sebelum di Institut Teknologi Bandung untuk membahas mengenai ejector di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) dan nilai penting dari penelitian-penelitian tersebut. Tulisan ini juga akan membahas persamaan-persamaan dari literature yang membahas performansi dari ejector dengan menggunakan *Entrainment Ratio* (ER) sebagai parameter utama.

Studi Literatur dari Penelitian *Entrainment Ratio* Pada Ejektor

Adanya NCG dapat meningkatkan tekanan pada kondensor utama yang itu berarti perubahan entalphi yang terjadi pada turbin akan semakin kecil.

Semakin kecil perubahan entalphi maka semakin kecil pula daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin uap tersebut. Ejektor adalah salah satu dari tiga macam peralatan utama pada GRS umumnya. Selain ejektor, GRS memiliki pilihan lain yaitu LRVP dan *Centrifugal Compressor*. Ejektor lebih murah harganya, lebih mudah dalam hal pemeliharaan dan tidak membutuhkan daya listrik untuk mendukung proses.

Entrainment Ratio adalah perbandingan laju massa dari *secondary fluid* atau fluida yang berasal dari kondensor dibandingkan dengan *primary fluid* yang masuk ke ejektor melalui nosel. Semakin tinggi nilai *Entrainment Ratio* maka semakin baik performa yang dimiliki oleh ejektor tersebut. Karena akan semakin banyak NCG yang dapat ditarik atau diisap dari kondensor. Selain itu pengertian dari naiknya *Entrainment Ratio* adalah semakin turunnya *motive steam inlet* yang dibutuhkan sehingga uap yang sebelumnya dipisah dari menuju ejektor bisa dialihkan lebih banyak menuju turbin untuk dihasilkan daya

Untuk mencari nilai ER optimum, dicari dengan menggunakan analisis numerik, eksperimen, dan analitik. Penelitian yang dilakukan di ITB mengenai *Entrainment Ratio* ditemukan lebih berfokus pada numerik menggunakan simulasi FLUENT. Penelitian

dilakukan dengan memainkan variabel geometri ejektor dan melihat pengaruhnya terhadap ER sehingga dari grafik yang dibuat didapatkan ER tertinggi.

Analisis analitik dan numerik terkadang diperlukan juga dalam penelitian ER pada ejektor. Penelitian oleh Hasan (2007) dan Akbari (2013) menyinggung persamaan dan grafik ER yang pernah dipublikasikan oleh Mauricio pada tesisnya. Penggunaan persamaan DAE (Dry Air Equivalent) yang diusulkan oleh HEI (2000) juga dilakukan oleh Hasan, Akbari, dan Putri (2012) dalam tulisan mereka yang digunakan untuk mencari performa ejektor.

Pemaparan dilakukan pada beberapa literatur yang dikumpulkan mengenai perhitungan ER. Manfaat kepada penelitian selanjutnya adalah memberikan alternatif perumusan lainnya dalam perhitungan nilai ER yang optimum. Persamaan yang digunakan untuk mencari ER saat ini di Indonesia lebih banyak menggunakan persamaan dan grafik yang dipublikasikan oleh Mauricio. Begitu pun dalam perhitungan DAE, penelitian saat ini lebih banyak menggunakan literatur HEI. Padahal baik perhitungan ER maupun DAE, masih banyak usulan persamaan lain yang juga lebih komparatif.

Tabel 1 Tabel literatur tugas akhir di ITB yang melakukan penelitian terhadap ejektor

No	Nama peneliti	Judul Literatur	Studi Parameter
1	Muhammad Hasan (2007)	Analisis Kinerja Ejektor Terhadap Kenaikan Presentase Gas Tak Terkondensasi Unit 1 dan 2 PLTP Gunung Salak	a. Studi perhitungan NCG sebelum dan sesudah dilakukan pencampuran dua sumur. b. Studi perhitungan laju uap penarik yang dibutuhkan untuk menarik NCG setelah dua sumur dicampur c. Studi perhitungan kapasitas ejektor setelah laju uap dinaikkan
2	Akbari (2013)	Analisis Kinerja Ejektor PLTP Menggunakan Metode Empiris dan Metode Numerik	Studi perhitungan batas kemampuan ejektor dalam mengantisipasi kenaikan NCG yang disimulasikan dengan FLUENT
3	Ari Mahyudin (2013)	Optimasi Entrainment Ratio pada <i>Steam Jet Ejektor</i> menggunakan FLUENT	Studi simulasi untuk mengetahui pengaruh dari memainkan nilai diameter nosel dan jarak nosel terhadap inlet diffusor pada Entrainment Ratio
4	Putri Kusumawardhani (2012)	Analisis dan Optimasi Operasi Sistem Ekstraksi Gas pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	a. Studi evaluasi terhadap kinerja ejektor, interkondensor, dan LRVP kondisi aktual. b. Simulasi kinerja ejektor untuk mencari kondisi optimum.
5	Raushan Fikri (2012)	Analisis Performa <i>Steam Jet Ejector</i> Pada PLTP Studi Kasus PLTP Kamojang Unit 3 dan PLTP Wayang Windu	Studi simulasi untuk mengetahui pengaruh dari memainkan nilai diameter leher nosel dan diameter diffusor terhadap Entrainment Ratio

Tabel 1 berisi ulasan mengenai kesamaan dan perbedaan yang ada. Kelima tulisan menggunakan FLUENT sebagai perangkat lunak untuk melakukan analisis numerik dalam melakukan analisis.

Tugas akhir yang disusun oleh Hasan (2007) berbicara mengenai laju *motive steam* yang dibutuhkan untuk menarik NCG karena ada

perubahan persentasenya di lapangan. Bermula dari kasus dimana laju *motive steam* kasus satu sumur dapat menarik kadar NCG yang ada pada sumur tersebut. Pihak lapangan menginginkan pencampuran dua sumur agar uap yang masuk ke *Power Station* makin bertambah. Namun setelah penggabungan dua sumur panas bumi, kadar NCG

naik dan analisis menggunakan FLUENT mengatakan bahwa laju *motive steam* yang semula digunakan untuk kasus satu sumur tidak dapat menarik massa NCG secara optimum dari kondensor setelah dua sumur dicampur. Oleh karena itu, Hasan menggunakan persamaan dan grafik yang pernah diusulkan oleh untuk mencari laju *motive steam*. Setelah menggunakan persamaan yang diusulkan oleh Mauricio, Hasan melakukan validasi menggunakan FLUENT. Hasil akhir dari penelitian yang Hasan lakukan mengatakan bahwa laju *motive steam* yang didapatkan dari persamaan yang diusulkan oleh

Mauricio dapat menarik NCG untuk kasus dua sumur yang telah dicampur.

Penelitian Ari Mahyudin (2012) dan Raushan Fikri (2012) memiliki kesamaan tujuan yaitu mencari nilai Entrainment Ratio tertinggi dengan melakukan permainan variabel tertentu dari geometri ejektor dan mensimulasikannya pada FLUENT. Variabel yang dimainkan oleh Ari Mahyudin adalah diameter keluaran nosel dan jarak dari mulut nosel ke inlet diffusor. Sedangkan variabel yang dimainkan oleh Raushan Fikri adalah diameter leher nosel dan diameter leher diffusor.

Tulisan yang disusun Hasan (2007) dan Akbari (2013) memiliki beberapa kesamaan, yakni menjustifikasi keadaan lapangan. Akbari menggunakan metode analitik dan metode numerik terhadap performa sistem di lapangan. Selain itu Akbari memberikan masukan mengenai lebih akuratnya simulasi 3D pada FLUENT dibandingkan simulasi 2D.

Berbeda dengan tulisan yang dibuat oleh keempat peneliti lainnya, Putri (2012) tidak hanya melakukan analisis performa pada satu ejektor di sistem GRS. Putri juga melakukan analisis terhadap interkondensor dan LRVP yang ada pada GRS. Penelitian dilakukan dengan melakukan simulasi terhadap kondisi disain, aktual, dan model yang dimainkan variabelnya.

Kelima tulisan tersebut pada intinya berbicara mengenai cara yang dapat dilakukan untuk menaikkan ER dengan berbagai keadaan masing-masing lapangan. Penelitian yang sudah dikembangkan saat ini selain berbicara mengenai ER juga berbicara mengenai usaha untuk memaksimalkan NCG yang dapat ditarik dari kondensor atau mengenai laju *motive steam* yang paling minimum dengan samanya jumlah NCG yang dapat ditarik dari kondensor. Penelitian mengenai peningkatan laju *motive steam* saat ini lebih dikembangkan karena berbicara tentang efisiensi yang dapat dilakukan pada ejektor dan GRS sehingga uap yang tadinya mengalir ke ejektor dapat

dipindahalirkan ke turbin untuk menghasilkan daya sistem yang lebih besar.

Pengembangan Persaman Entrainment Ratio Pada Ejektor

Penelitian mengenai optimasi ER juga telah banyak digunakan oleh berbagai peneliti di luar baik melakukan pendekatan analitik maupun numerik. Penggunaan grafik maupun persamaan yang diusulkan oleh mereka seharusnya dapat digunakan untuk analisis yang lebih lanjut mengenai optimasi ER.

Dalam perhitungan ER, ada beberapa usulan perhitungan yang dilakukan dalam perhitungan ER, DAE, dan perhitungan laju *motive steam* seperti Mauricio (2011), Chandler (1955), Maqsood (2008), Stanley M Walas (1990), Wood dkk (1966), dan Liao (2008). Persamaan-persamaan yang diusulkan oleh peneliti-peneliti tersebut yang digunakan untuk menghitung ER.

Grafik dan persamaan yang dipublikasikan oleh Mauricio (2011)

Grafik dan persamaan yang membahas mengenai ATSR (Air To Steam Ratio) masih belum diketahui apakah berdasarkan analisis numerik, eksperimen, atau analitik. Namun perhitungan DAE yang ada pada persamaan *Steam Consumption* (SC) atau *motive steam* merupakan perhitungan yang sudah diusulkan sebelumnya oleh Heat Exchange Institute (HEI).

HEI (2000) memberikan pengertian lain mengenai parameter performansi dari laju massa NCG yang ditarik dari kondensor. Parameter ini dinamakan DAE atau *Dry Air Equivalent*. DAE adalah parameter performansi suatu ejektor dalam satuan kg/s atau lb/h dimana sifat fluida campuran diekivalensikan pada suhu 70°F. Persamaan DAE adalah :

$$DAE = \frac{\dot{m}_{wv}}{T_{cfwv} \times Mer_{wv}} + \frac{\dot{m}_{NCG}}{T_{cfNCG} \times Mer_{NCG}} \quad (1)$$

Keterangan :

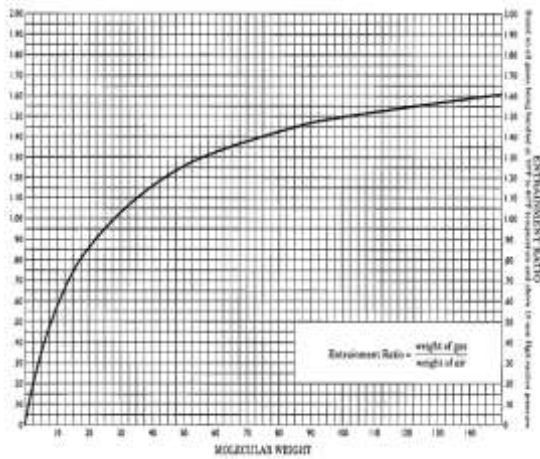
DAE = Dry Air Equivalent (kg/s)

\dot{m}_{wv} = laju massa *water vapor* dalam kandungan *entrained fluid* (kg/s)

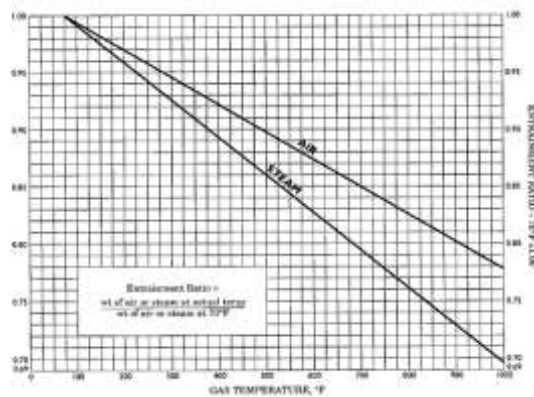
\dot{m}_{NCG} = laju massa NCG dalam kandungan *entrained fluid* (kg/s)

Tcf = Koreksi faktor temperatur berdasarkan Gambar 1

Mer = Koreksi faktor temperatur massa molekul relatif berdasarkan Gambar 2



Gambar 1 Koreksi faktor temperatur dari HEI (2000)

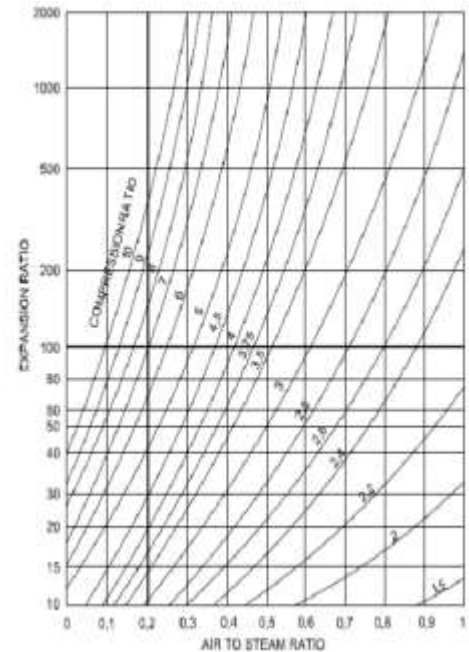


Gambar 2 Koreksi faktor Massa molekul relatif HEI (2000)

Mauricio menggunakan Persamaan (2) untuk mendapatkan laju *steam consumption*. Persamaan dipublikasikan oleh Mauricio (2011) bukan berarti bahwa dia yang melakukan analisis sehingga didapatkanlah grafik ATSR. Publikasi serupa pernah diusulkan oleh Freeston (1996) dalam catatan kuliah yang dia berikan. DAE yang didapat dari HEI digunakan untuk mendapatkan SC yang memiliki hubungan pada persamaan 2 diatas.

Persamaan yang dipublikasikan oleh Maqsood (2008)

Persamaan yang dipublikasikan oleh Maqsood masih belum diketahui apakah berdasarkan analisis numerik, eksperimen, atau analitik. Maqsood memberikan usulan penggunaan Persamaan (3) untuk menghitung ER.



Gambar 3 ATSR (Air To Steam Ratio) oleh Maqsood (2008)

$$\text{Expansion Ratio} = \frac{P_{\text{motive steam}}}{P_{\text{suction}}}$$

$$\text{Compression Ratio} = \frac{P_{\text{discharge}}}{P_{\text{suction}}}$$

$$SC = \frac{DAE}{ATSR} \quad (2)$$

Keterangan ;

- SC = Steam Consumption / laju uap penarik (kg/s)
- DAE = Dry Air Equivalent yang didapatkan dari Eq. (1) (kg/s)
- ATSR = Air to Steam Ratio yang didapatkan dari Gambar 3
- $P_{\text{motive steam}}$ = Tekanan pada masukkan nosel (barA)
- P_{suction} = Tekanan pada *suction inlet* (barA)
- $P_{\text{discharge}}$ = Tekanan pada keluaran ejektor (barA)

$$ER = \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_p} = \frac{\rho_s}{\rho_p} \left[0.22 \frac{D_m}{D_n} + 1.07 \right] \quad (3)$$

Subskrip s,p,m, dan n mengandung pengertian berturut-turut *secondary fluid*, *primary fluid*, *mixing chamber*; dan Nozzel. \dot{m} , ρ , dan D mangandung pengertian laju massa, massa jenis, dan diameter. Dengan memasukkan parameter-parameter ini, dengan mudah akandipapatkan nilai ER.

1. Grafik dan persamaan yang dipublikasikan oleh Chandler (1955)

Tabel yang dipublikasikan oleh Chandler mengenai faktor koreksi masih belum diketahui apakah

berdasarkan analisis numerik, eksperimen, atau analitik. Berbeda dengan persamaan perhitungan DAE yang dilakukan oleh HEI, Chandler menghitung nilai *secondary fluid* atau fluida yang ditarik melalui *suction inlet* menggunakan Tabel 2

Tabel 2 Tabel Koreksi oleh Chandler (1955)

Air per cent.	0	2	4	6	8
0	1.32	1.31	1.30	1.30	1.29
10	1.28	1.28	1.27	1.26	1.26
20	1.25	1.24	1.23	1.23	1.22
30	1.21	1.21	1.20	1.19	1.19
40	1.18	1.18	1.17	1.16	1.16
50	1.15	1.14	1.14	1.13	1.13
60	1.12	1.11	1.11	1.10	1.09
70	1.09	1.08	1.08	1.07	1.06
80	1.06	1.05	1.05	1.04	1.03
90	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01
100	1.00	---	---	---	---

Contoh penerapan perhitungan DAE yang dilakukan, diketahui massa campuran NCG dan uap adalah 100 lb/h dimana presentase NCG dalam campuran adalah 86%. Untuk mencari koreksi faktor pada Tabel untuk presentase udara 86%, ditarik baris 80 ke kanan pada kolom *Air Percent* dan kolom 6 ke bawah. Maka didapatkan nilai 1.04 berdasarkan perpotongan dua baris dan kolom tadi. Maka nilai DAE adalah 100 lb/h dibagi dengan 1.04 atau sama dengan 96.154 lb/h.

Untuk mencari laju *motive steam*, Chandler mengusulkan penggunaan persamaan dibawah ini :

$$S = A \left(\frac{6090}{(P_s - 52)^2 (P_c - 1.95)} + \frac{5}{P_c - 1.95} + N \right) \quad (4)$$

Keterangan :

- S = Steam Consumption (lb/hr)
- A = nilai DAE yang didapatkan dari perhitungan menggunakan Tabel 2 (lb/hr)
- P_s = Perbedaan tekanan antara masukkan uap dan bagian keluaran (psig)
- P_v = Tekanan inlet (inHgA)
- N = konstanta (nilai N bervariasi dari 0.5 hingga 2 untuk variasi P_s yang bervariasi dari 80-125 psig)

Chandler (1955) membatasi penggunaan persamaan ini dimana kevalidan persamaan ini hanya berlaku untuk nilai P_v diantara 3 hingga 6 inHgA dan P_s terletak antara 80-125 psig.

2. Persamaan yang dipublikasikan oleh Liao (2008)

Liao menurunkan persamaan untuk mencari ER menggunakan persamaan fluida kompresibel. Perbedaanannya adalah adanya pendefinisian ulang persamaan pada volume atur di *mixing chamber* dan

diffusor.

$$ER = \frac{m_{s1}}{m_{p1}} = \frac{P_{s1} A_{s1}}{P_{p1} A_{p1}} \left(\frac{T_{p0}}{T_{s0}} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{R_p}{R_s} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{f_2(\gamma_s, Ma_{s1})}{f_2(\gamma_p, Ma_{p1})} \quad (5)$$

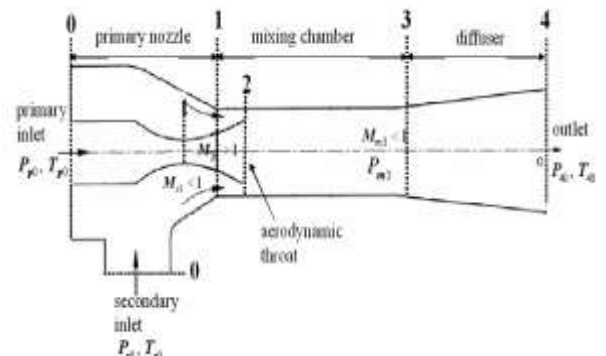
R adalah konstanta gas yang didapatkan dari $R = \frac{\bar{R}}{M}$, dimana \bar{R} adalah konstanta gas yang bernilai 8,314 J/mol.K dan M adalah massa molekul relatif gas. Arti dari $f_2(\gamma, Ma)$ adalah :

$$f_2(\gamma, Ma) = \frac{m}{PA} (RT_0)^{\frac{1}{2}} = Ma[\gamma(1 + 0.5(\gamma - 1)Ma^2)]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

s₀ dan p₀ masing-masing menyatakan keadaan sesaat masuk *inlet* pada *secondary fluid* dan nosel. Sedangkan s₁ dan p₁ masing-masing menyatakan keadaan setelah masuk *secondary fluid* dan setelah keluar nosel. Pengertian lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar4

Grafik dan persamaan yang dipublikasikan oleh Stanley M Walas (1990)

Grafik hubungan DAE dan tekanan *suction* juga persamaan DAE yang dipublikasikan oleh beliau masih belum diketahui apakah berdasarkan analisis numerik, eksperimen, atau analitik. Perhitungan DAE yang diusulkan dalam tulisan Stanlet M. Walas adalah :



Gambar 4 Pengertian keadaan 0 dan 1 pada ejektor dari Walas (1990)

$$DAE = \dot{m} \cdot \ln(M/2) \cdot [1 - 0.0024(T - 70)] \quad (7)$$

Dimana \dot{m} adalah laju massa total yang masuk ke dalam *suction inlet*. M adalah massa molekul relatif rata-rata dari campuran fluida dan T adalah temperatur campuran dalam satuan Fahrenheit. Perhitungan Laju *motive steam* didapatkan menggunakan Tabel 3 dengan bantuan informasi tekanan *suction pressure*.

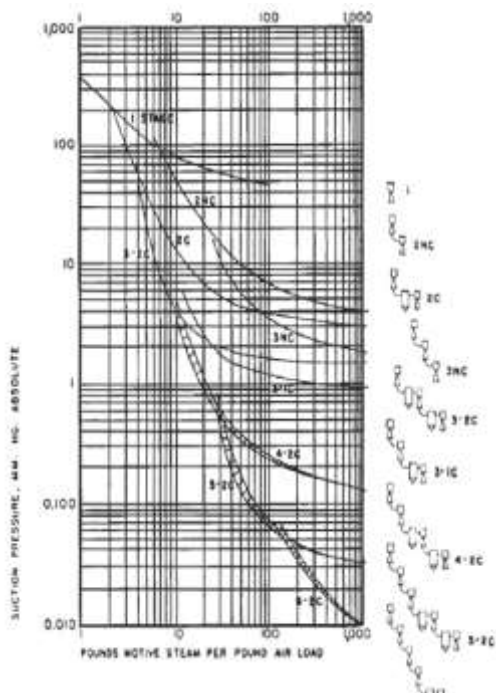
Persamaan yang dipublikasikan oleh Rex Wood, Richard K. Olson, dan Andrew McFarland (1966)

Mirip dengan persamaan yang diajukan oleh Liao, persamaan berbicara mengenai rumusan untuk mencari ER dengan menggunakan penurunan persamaan fluida kompresibel

$$ER = \frac{m_2}{m_1} = \frac{P_{02} A_2}{P_{01} A_1} Ma_2 \left[\frac{1+\gamma}{2(1+0.5(\gamma-1)Ma_2^2)} \right]^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}} \quad (8)$$

Subskrip 0 menyatakan keadaan staganasi. Ma menyatakan bilangan Mach Number. γ menyatakan eksponen isentropik yang pada persamaan ini bernilai 1.4. Variabel m, P dan A menyatakan massa, tekanan dan luas area masukan. Angka 1 dan 2 menyatakan inlet atau masukan pada *primary fluid* dan *secondary fluid*.

Pada Gambar 5 terdapat gambar modifikasi sistem GRS. Angka satu menunjukkan satu buah ejektor. 2NC menunjukkan dua buah ejektor. 2C menunjukkan dua buah ejektor dan satu buah interkondensator. 3-2C menunjukkan tiga buah ejektor dan dua buah interkondensator. Dan begitupun seterusnya dengan kode gambar lainnya.



Gambar 5. Tabel perhitungan ER pada literatur Walas (1990)

Kesimpulan

Hasil studi meyakinkan bahwa masih banyak persamaan-persamaan lain yang ada saat ini dan dapat memberikan pendekatan lebih baik untuk menghitung ER dibandingkan usulan

Mauricio. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memvalidasi kembali persamaan-persamaan yang telah diusulkan di atas dengan kondisi riil di lapangan. Sehingga akan didapatkan persamaan mana yang menunjukkan keakuratan lebih tinggi dalam perhitungan ER. Sebagaimana diketahui bahwa tren kandungan NCG di Indonesia saat ini rata-rata menurun, sehingga seharusnya dilakukan penurunan jumlah *motive steam* ke ejektor agar uap dapat lebih dimaksimalkan di alirkan ke turbin untuk menghasilkan daya.

Persamaan yang diusulkan oleh Mauricio (2011) lebih banyak digunakan oleh pihak lapangan walaupun belum tentu keakuratannya lebih tinggi dibandingkan persamaan lainnya.

Referensi

- Akbari, *Analisis Kinerja Ejektor PLTP Menggunakan Metode Empiris dan Metode Numerik*. Tesis S2, ITB. 2013
- Chandler. *Steam Jet Ejectors*. 1955
- Fikri, Rausyan. *Analisis Performa Steam Jet Ejector Pada PLTP Studi Kasus PLTP Kamojang Unit 3 dan PLTP Wayang Windu*. Tesis S1, ITB. 2012
- Freeston. D.H. *Geothermal Technology : Teaching the Teachers – Course Stage III*. Auckland University. 1996
- Hasan, Muhammad. *Analisis Kinerja Ejektor Terhadap Kenaikan Presentase Gas Tak Terkondensasi Unit 1 dan 2 PLTP Gn.Salak*, Tesis S1 ITB. 2007
- Heat Exchange Institute, *Standards for Steam Ejector*, 2000.
- Kusumawardani, Putri. *Analisis dan Optimasi Sistem Ekstraksi Gas Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi*. Tesis S1, ITB. 2012
- Liao, Chaqing. *Gas Ejector Modeling For Design and Analysis*. Disertasi S3, Universitas Texas. 2008
- Mahyudin, Ari. *Optimasi Entrainment Ratio Pada Steam Jet Ejector Menggunakan FLUENT*. Tesis S1, ITB. 2012
- Maqsood, Asim. *A Study of Subsonic Air-Air Ejectors with Short Bent Mixing Tubes*. Disertasi S3, Universitas Queen's 2008

Millachine, Mauricio Andres Teke. *Guidelines for Optimum Gas Extraction System Selection*. Tesis S2, Universitas Islandia. 2011

Walas, Stanley M. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann Series In Chemical Engineering. USA. 1990

Wood, Rex. Olson, Richard. McFarland, Andrew. *Air Ejector Filter Sample : A Balloon-Borne Collector of Radioactive Stratospheric Debris*. Minneapolis. 1966