

ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT *MIXING* CHAMBER INLET TERHADAP *ENTRAINMENT RATIO* PADA *STEAM EJECTOR* DENGAN MENGGUNAKAN CFD

Bachtiar Setya Nugraha ¹

ABSTRACT

Ejector tool that used to move fluid by way of make use fluid flow other. fluid that used to suck fluid flow other called primary fluid, while fluid that sucked to called secondary fluid. in general primary fluid to ejector steam or air with high pressure. use steam ejector in industry many used that is for example in fluid refrigeration process, in process vacuum and other other. use steam ejector evaluated effective at other systems equal because bot many need for example big energy source in vacuum process that use vacuum pump system. Parts steam ejector consist of: primary nozzle, mixing chamber, throat and subsonic diffuser.

Computational Fluid Dynamics one of the computation method that use numeric method and algorithm to finish and analyze fluid flow problems. in planning or engineer in fluid flow be wanted software that can mensimulasi quickly so much and correct process, although the current very complex to analyzed, like current turbulens or transonic. with CFD we can study fluid dynamic movement that flows with make model uses computer that present system whom we want. CFD very help in mensimulasi current from fluid, hot transfer, chemistry reaction and another passes computer model. pass cfd we can build 'virtual prototype from a system whom we are analysis so that we can predict unjuk work from design.

In this watchfulness is author wants to canvass one part of the steam ejector that is mixing chamber. author chooses title" Corner variation influence analysis mixing chamber inlet towards entrainment ratio in steam ejector by using CFD".

Problem formulation in this watchfulness corner variation influence analysis mixing chamber inlet towards entrainment ratio in steam ejector by using CFD.

Method that used do experiment that will get data, furthermore data cultivated to made reference in simulation by using CFD.

Target that want achieved determine big corner mixing chamber inlet correct in entrainment desirable ratio.

Keywords: *CFD, chamber inlet, system ejektor, corner mixing*

ABSTRAK

Ejector adalah alat yang digunakan untuk menggerakkan fluida dengan jalan memanfaatkan aliran fluida lain. Fluida yang digunakan untuk menghisap aliran fluida lain disebut Primary fluid, sedangkan fluida yang terhisap disebut Secondary fluid. Pada umumnya primary fluid untuk ejektor adalah steam atau udara dengan tekanan tinggi. Penggunaan steam ejector pada industry banyak digunakan yaitu misalnya pada proses pendinginan fluida, pada proses pevakuman dan lain lain. Penggunaan steam ejector dinilai lebih efektif di banding sistem-sistem yang lain karena tidak banyak memerlukan sumber

¹ Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus

energi yang besar misalnya pada proses vakum yang menggunakan sistem pompa vakum. Bagian-bagian steam ejector terdiri dari: Primary nozzle, Mixing chamber, Throat dan subsonic diffuser.

Computational Fluid Dynamics adalah salah satu metode komputasi yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa masalah-masalah aliran fluida. Dalam perancangan atau rekayasa pada aliran fluida sangat dibutuhkan software yang bisa mensimulasikan secara cepat dan tepat proses tersebut, meskipun alirannya sangat rumit untuk dianalisa, seperti aliran turbulens atau transonic. Dengan CFD kita bisa mempelajari gerakan dinamik fluida yang mengalir dengan membuat model mempergunakan komputer yang menghadirkan sistem yang kita inginkan. CFD sangat membantu dalam mensimulasikan aliran dari fluida, perpindahan panas, reaksi kimia dan lainnya melalui model komputer. Melalui CFD kita bisa membangun 'virtual prototype' dari sebuah sistem yang kita analisa sehingga kita bisa memprediksikan unjuk kerja dari desain tersebut.

Pada penelitian ini penulis ingin meneliti salah satu bagian dari steam ejector yaitu mixing chamber. Penulis memilih Judul “Analisa Pengaruh Variasi sudut Mixing Chamber Inlet terhadap Entrainment Rasio Pada Steam Ejector Dengan Menggunakan CFD”.

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah Analisa Pengaruh variasi sudut mixing chamber inlet terhadap Entrainment Rasio pada steam ejector dengan menggunakan CFD.

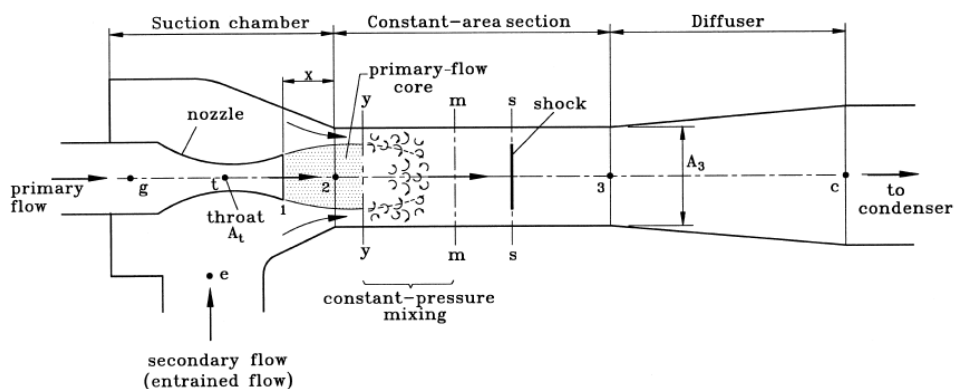
Metode yang digunakan adalah melakukan eksperimen yang akan mendapatkan data, selanjutnya data tersebut diolah untuk dijadikan acuan pada simulasi dengan menggunakan CFD.

Sasaran yang ingin dicapai adalah untuk menentukan besar sudut mixing chamber inlet yang tepat pada entrainment rasio yang diinginkan.

Kata kunci : CFD, chamber inlet, sistem ejektor, sudut mixing

PENDAHULUAN

Ejektor refrigerasi tampaknya menjadi sistem yang paling tepat untuk refrigerasi berskala besar pada sekarang ini, karena dapat memanfaatkan panas buangan dari boiler untuk menghasilkan siklus refrigerasi yang bermanfaat. Keuntungan yang utama dari sebuah ejektor refrigerasi adalah mempunyai konstruksi yang sederhana, mudah digunakan, tahan lama, dan tidak mudah mengalami korosi [1, 2].



Gambar 1.1 Skema Ejektor Refrigerasi [3]

Pada dasarnya ejektor terdiri dari empat bagian, yaitu: *primary nozzle*, *suction chamber*, *constant area section*, *diffuser*. Pada boiler, air dipanaskan sehingga menjadi *superheated vapor* yang bertekanan tinggi. Kemudian *superheated vapor (primary fluid)* mengalir melalui *primary nozzle* dan keluar mencapai kecepatan *supersonic*, karena tekanan statis disekitar *suction chamber* sangat rendah maka akan menarik *secondary fluid* dari evaporator. Kemudian akan bercampur dan mengalir melalui *constant area section* yang dengan sendirinya kecepatan akan menurun menjadi *subsonic*, dan tekanan akan meningkat menuju *diffuser* [4].

Pendekatan untuk pemodelan ejektor adalah menggunakan *computational fluid dynamic* (CFD) yang mampu menghasilkan rincian-rincian dari bidang aliran dan sifat-sifat fluida berdasarkan pada penyelesaian numerik. Jenis rincian aliran meliputi perpindahan panas, radiasi, turbulensi, dan lain-lain [5]. FLUENT adalah salah satu jenis program CFD yang menggunakan metode volume hingga (*finite volume method*). Penggunaan FLUENT sangat mudah, tersedia model yang realistik dengan berbagai pilihan *solver*, dan juga lebih efisien terhadap waktu dan biaya eksperimen [6].

Ejector dengan variasi sudut *mixing chamber inlet*: 10^0 , 20^0 , 45^0 merupakan parameter dari penelitian, dengan tekanan pada *primary fluid* dan *secondary fluid* adalah konstan. Sedangkan Pembahasan hanya pada variasi sudut *mixing chamber inlet* terhadap *entrainment ratio*.

DASAR TEORI

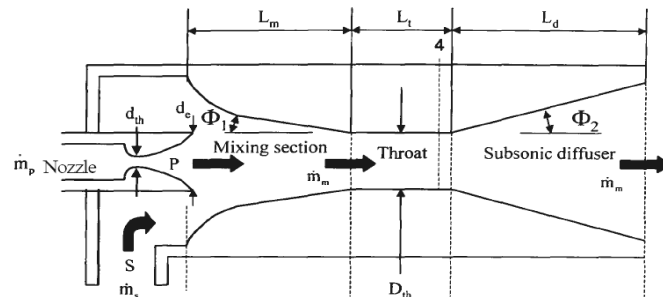
Steam ejector



Gambar 2.8 *Steam Ejector*

Steam ejector telah lama digunakan dalam proses industri karena geometrinya yang sederhana dan ketahanan pemakaian. Terdapat banyak pilihan kapasitas dari yang kapasitas kecil sampai kapasitas besar. Kelebihan yang dimiliki *steam ejector* apabila digunakan dalam suatu sistem :

Bagian-Bagian *Steam Ejector*

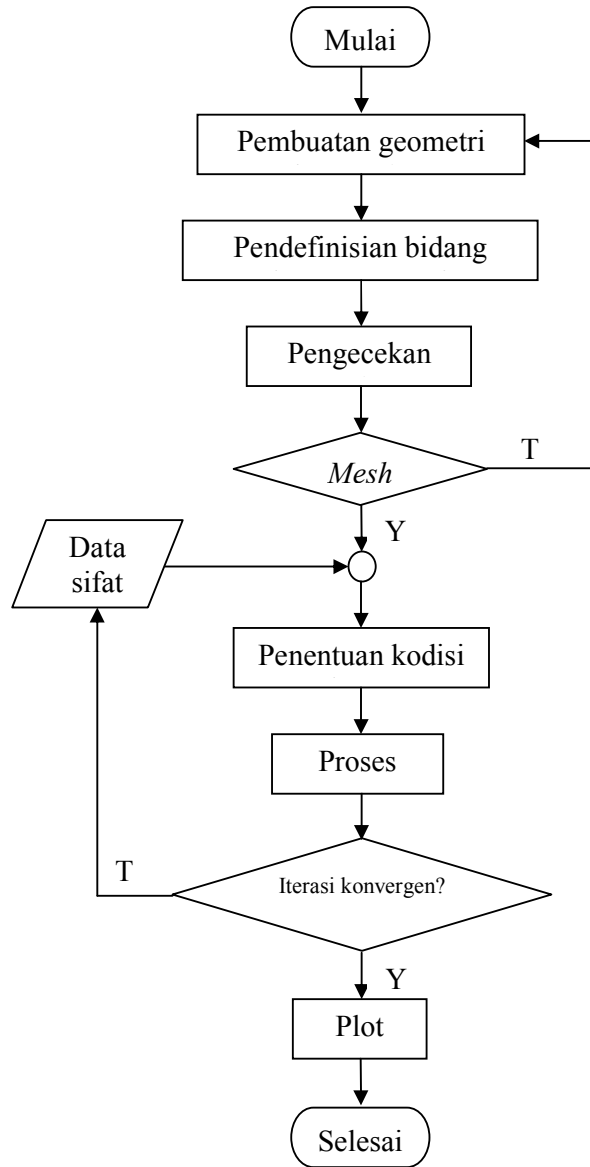


Gambar 2.9 Desain *Steam Ejector*

FLUENT

FLUENT adalah program komputer yang memodelkan aliran fluida dan perpindahan panas dalam geometri yang kompleks [18]. FLUENT versi 6.2.16 merupakan salah satu jenis program *CFD* (*Computational Fluid Dynamics*) yang menggunakan metode diskritisasi volume hingga. FLUENT memiliki fleksibilitas *mesh*, sehingga kasus-kasus aliran fluida yang memiliki *mesh* tidak terstruktur akibat geometri benda yang rumit dapat diselesaikan dengan mudah. Selain itu, FLUENT memungkinkan untuk penggenerasian *mesh* lebih halus atau lebih besar dari *mesh* yang sudah ada berdasarkan pemilihan solusi aliran.

METODOLOGI

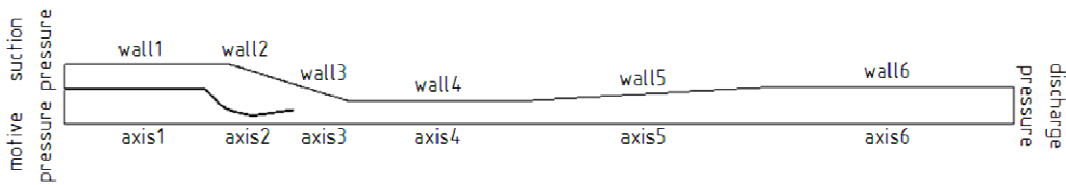


Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Simulasi FLUENT [6]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembentukan Model dan Kondisi Batas

Berbagai macam kondisi batas yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tipe Kondisi Batas.

Variasi sudut *suction chamber converging*, dapat dilihat pada Gambar 3.3. Pada bagian ini, sudut *suction chamber converging* divariasi menjadi sudut 10° , 20° , 30° , 45° , dan diperhalus pada setiap sudutnya.



Gambar 3.2 Bagian *Ejector* yang Divariasi pada Sudutnya.

Untuk sudut 10°



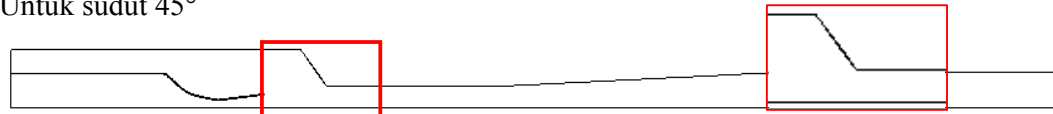
Untuk sudut 20°



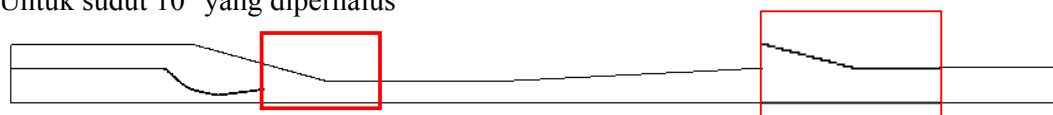
Untuk sudut 30°



Untuk sudut 45°



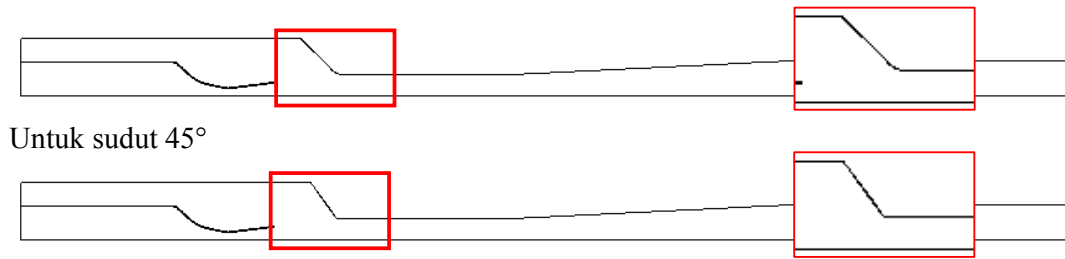
Untuk sudut 10° yang diperhalus



Untuk sudut 20° yang diperhalus



Untuk sudut 30° yang diperhalus



Gambar 3.3 Sudut *Suction Chamber Converging* pada 10°, 20°, 30° , 45°, dan Sudut yang Diperhalus

Pendefinisian Material

Material didefinisikan sebagai fluida kompresibel dengan spesifikasi sebagai berikut [19]:

- Jenis fluida = refrigeran R141b ($\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{F}$)
- Densitas (ρ) = ideal gas
- Kalor spesifik = 874,8233 (J/kgK)
- Konduktivitas termal (k) = 0,01234767 (W/mK)
- Viskositas = 0,000101765 (poise)
- Massa molekul (M_m) = 117 (kg/kgmol)

Tabel 4.1 Variasi Tekanan

		<i>Discharge pressure (Pd)</i>
<i>Motive pressure (Pm)</i> 604.000Pa (95°C)		85.420Pa (34°C)
		90.170Pa (37°C)
		93.390Pa (40°C)
<i>Suction pressure (Ps)</i> 40.000Pa (8°C)		98.130Pa (44°C)
		105.320Pa (47°C)
		111.210Pa (53°C)

MODEL VISCOUS

Tabel 1 Data Nosel A Berdasarkan Literatur [6]

<i>Ejector Nosel A</i> $P_m=85^\circ\text{C}, P_s=32^\circ\text{C}, P_d$ $=40^\circ\text{C}$	<i>Primary flow</i> (kg/s)	<i>Secondary flow</i> (kg/s)	ω
	0.010670	0.011108	1.0411

Setelah dilakukan proses simulasi dengan kondisi operasi yang sama dari beberapa model *viscous* maka diperoleh hasil-hasil proses simulasi yang ditunjukkan Tabel 2. tabel ini menunjukkan hasil simulasi berupa laju aliran massa pada *primary flow*, *secondary flow* dan

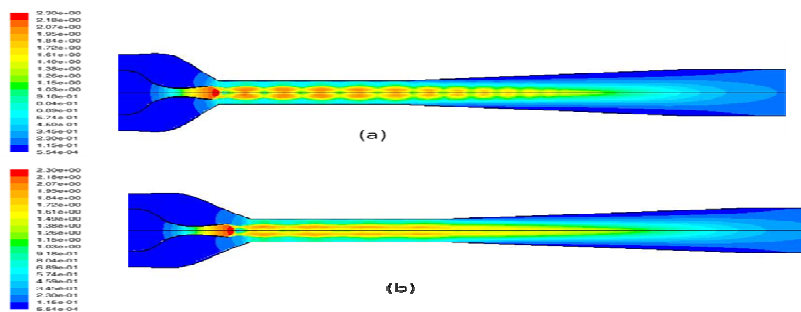
entrainment ratio serta perhitungan besarnya *error* dari tiap laju aliran massa terhadap nilai pada literatur [6].

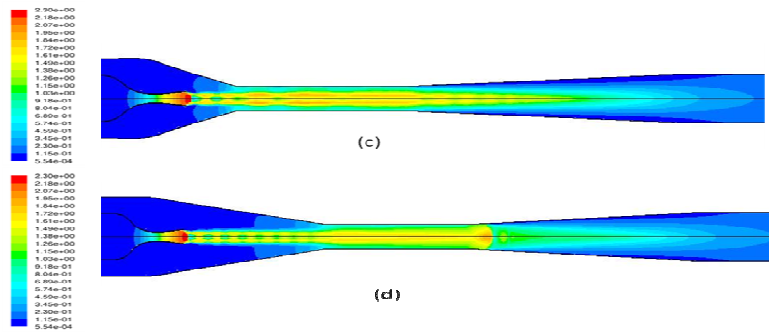
Tabel 2 Hasil simulasi model-model *viscous*

No	Model Viscous	Primary flow (kg/s)	%error	Secondary flow (kg/s)	%error	ω	%error
1	$k-\varepsilon$ Standart	0.010546853	-1.15	0.0048148263	-56.6	0.4565178	-58.1
2	$k-\varepsilon$ Realizable	0.010490818	-1.67	-0.000201193	-100.9	-0.019178	-101
3	$k-\varepsilon$ RNG	0.010486475	-1.72	0.011111991	0.035	1.0596497	1.78
4	$k-\omega$ Standart	0.01056772	-0.95	0.0089334957	-19.5	0.8453569	-20.1
5	$k-\omega$ SST	0.010482609	-1.75	0.0084181829	-24.2	0.8030618	-24.1

Dari Tabel 1. dan Tabel 2. dapat dilihat bahwa nilai laju aliran massa pada *primary flow* dan *secondary flow*, serta perhitungan *Entrainment Ratio* (ω) yang paling mendekati nilai berdasarkan literatur [6]

Hasil simulasi





Gambar 3.4 : a. Sudut 45° , b. Sudut 30° , c. Sudut 15° , d. Sudut 10°

KESIMPULAN

Nilai *entrainment ratio* ditentukan dari besar *sudut inlet* pada *mixing chamber*. Semakin besar *sudut inlet* akan menurun nilai *entrainment ratio* pada sebuah *ejector*. Nilai *entrainment ratio* akan kembali naik setelah sudut 30°

DAFTAR PUSTAKA

- Kanjanapon Chunnanond, Satha Aphornratana, *An experimental investigation of a steam ejector refrigerator: the analysis of the pressure profile along the ejector*, Thammasat University, Thailand, 2003.
- K. Pianthong ^{a,*}, W. Seehanam ^a, M. Behnia ^b, T. Sriveerakul ^a, S. Aphornratana ^c, *Investigation and improvement of ejector refrigeration system using computational fluid dynamics technique*, Ubon Ratchatany University, Thailand, 2007.
- Wirapan Seehanam¹, Kulachate Pianthong¹, Masud Behnia², K. Chunnanond³, S. Aphornratana³, *Simulation on performance of CPM and CRMC Steam Ejectors Using CFD Technique*, Ubon Ratchatany University, Thailand.
- B.J. Huang, J.M. Chang, C.P. Wang, V.A. Petrenko, *A 1-D analysis of ejector performance*, International Journal of Refrigeration 22, 1999.
- E. Rusly, Lu Aye, W.W.S. Charters, A. Ooi, *CFD analysis ejector in a combined ejector cooling system*, International Journal of Refrigeration 28, 2005.
- Tuakia, Firman; *Dasar-dasar CFD Menggunakan FLUENT*, Informatika, Bandung, 2008.