



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI ALIRAN UDARA DENGAN METODA CFD (3D)
DENGAN PENGGUNAAN EJEKTOR PADA REAKTOR
GASIFIKASI UPDRAFT MELEWATI HADANGAN BAHAN
BAKAR**

SKRIPSI

MOCHAMAD ISA

0706267194

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN KONVERSI ENERGI
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI ALIRAN UDARA DENGAN METODA CFD (3D)
DENGAN PENGGUNAAN EJEKTOR PADA REAKTOR
GASIFIKASI UPDRAFT MELEWATI HADANGAN BAHAN
BAKAR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

MOCHAMAD ISA

0706267194

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN KONVERSI ENERGI
DEPOK**

JANUARI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Mochamad Isa

NPM : 0706267194

Tanda Tangan :



Tanggal : 23 January 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Mochamad Isa
NPM : 0706267194
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : STUDI ALIRAN UDARA DENGAN METODA
CFD (3D) DENGAN PENGGUNAAN EJEKTOR
PADA REAKTOR GASIFIKASI UPDRAFT
MELEWATI HADANGAN BAHAN BAKAR

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi, Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Adi Surjosatyo., M.Eng



Penguji : Dr. Agus S Pamitran ST., M.Eng



Penguji : Prof. Dr. Ir. I Made Kartika D, Dipl.-Ing.



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 January 2012

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nyalah saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Dr. Ir. Adi Surjosatyo., M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- 2) Prof. Dr. Ir. I Made Kartika D Dipl.-Ing dan Dr. Agus S Pamitran ST., M.Eng yang telah bersedia untuk meluangkan waktunya menjadi penguji siding skripsi dan memberikan masukan pada skripsi saya.
- 3) Prof. Ir. Yulianto Sulistyono, M.Sc., Ph.D yang telah memberikan masukan sangat berharga pada skripsi yang saya kerjakan.
- 4) Fajri Vidian, S.T., M.T., selaku asisten dosen pembimbing dan rekan penelitian yang telah membantu jalannya penelitian dan penyusunan skripsi ini. Dimana skripsi ini merupakan bagian dari penelitian Disertasi S3 beliau.
- 5) Kedua orang tua tercinta dan saudara kandung saya Mochamad Lutfi yang selalu memberikan bantuan dan dukungan moral dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
- 6) Arandityo Narutomo yang telah membantu dalam proses pembuatan skripsi dan juga Ardhita Widyanto yang telah meminjamkan laptop untuk melakukan proses simulasi
- 7) Kurniawan wawan yang telah membantu dalam pembuatan desain Reaktor Gasifikasi Updraft, I Gusti Made Freddy Lay Terrianto yang telah membantu untuk menyelesaikan permasalahan dalam FLUENT.

- 8) Penghuni kos Batavia yang senantiasa menghibur disaat masa perkuliahan seperti Muhammad Ardiansyah, Teddy Hendra Zulkarnaen, Aditya Eka Arisaputra, Rano Andrey Aritonang, Arief Setiawan, Rio Ricardi dan lain-lain yang tidak dapat disebutkan semua.
- 9) Teman – teman seperjuangan teknik mesin regular dan ekstensi yang membantu dengan cara yang berbeda selama masa perkuliahan dan pada masa penyusunan skripsi. Terima kasih atas segala bantuannya selama ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 23 Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mochamad Isa

NPM : 0706267194

Program Studi : Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

STUDI ALIRAN UDARA DENGAN METODA CFD (3D) DENGAN
PENGUNAAN EJEKTOR PADA REAKTOR GASIFIKASI UPDRAFT
MELEWATI HADANGAN BAHAN BAKAR

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 23 January 2012

Yang menyatakan



(Mochamad Isa)

vi

ABSTRAK

Nama : Mochamad Isa
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Studi Aliran Udara Dengan Metoda CFD (3D) Dengan Penggunaan Ejektor Pada Reaktor Gasifikasi Updraft Melewati Hadangan Bahan Bakar

Ejektor adalah pompa dinamik yang tidak memiliki bagian yang bergerak, memiliki konstruksi yang relatif sederhana dan mudah dalam perawatan. Prinsip kerja sebuah ejektor adalah mendorong aliran fluida sekunder dengan memanfaatkan transfer momentum dan energi dari fluida penggerak berkecepatan tinggi (jet). Pada reaktor gasifikasi updraft, ejektor digunakan untuk mensirkulasikan aliran udara pada sistem. Simulasi ini bertujuan untuk melihat pengaruh variasi volume rate fluida penggerak keluaran nozzle dan output diameter ejektor pada sebuah ejektor udara terhadap aliran fluida pada sistem reaktor gasifikasi updraft. Hasil dari simulasi ini menunjukkan peningkatan volume rate nozzle dan diameter output nozzle ejektor pada batas tertentu sebanding dengan besar volume rate yang tersirkulasi.

Kata kunci :

Ejektor udara, variasi motif flow rate, konfigurasi penempatan hadangan, variasi diameter output nozzle ejektor.

ABSTRACT

Name : Mochamad Isa
Program Study : Mechanical Engineering
Title : Study of Airflow by CFD Methods with the use of ejector on Updraft Gasifier's Reactor through Solid Fuel.

Ejector is the dynamic pump that has no moving parts, has a relatively simple construction and easy in maintenance. The working principle of an ejector is to encourage secondary fluid flow by utilizing the momentum and energy transfer from high-speed fluid propulsion (jet). In updraft gasification reactors, ejector used to recirculated airflow in the sistem. This simulation aims to see the effect of volume variation rate of the motif flow rate output and the output diameter of the ejector nozzle on an air ejektor to the flow of fluid in the updraft gasification reactor sistem. The results of this simulation shows the increase in the volume rate and nozzle diameter ejektor nozzle output to a certain extent comparable to the large volume recirculated rate.

Key word :

Air Ejector, variation of volume rate, Placement solid fuel configuration, the variation of nozzle output diameter.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR GRAFIK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Judul Penelitian	1
1.2 Latar Belakang	1
1.3 Perumusan masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 DASAR TEORI	5
2.1 Pengertian Gasifikasi.....	5
2.1.1 Gasifikasi Updraft	5
2.2 Pengertian Ejektor	6
2.3 Komponen dan Prinsip Kerja Ejektor.....	8
2.4 Dasar Teori Persamaan Ejektor.....	12
2.4.1 Persamaan Bernoulli.....	12
2.4.2 Persamaan Kontinuitas	16
2.4.3 Entrainment Ratio.....	16
2.4.4 Bilangan Reynold	17
2.6 Parameter Desain Ejektor.....	18
2.6.1 Suction Chamber.....	18
2.6.2 Panjang Ruang Percampuran	19

2.6.3 Spacing Nozzle.....	19
2.6.4 Diameter Nozzel Penggerak.....	19
2.6.5 Diffuser.....	19
2.7. Perhitungan Efisiensi Ejektor.....	20
BAB 3 PEMODELAN.....	22
3.1 Pemodelan.....	22
3.2 Desain Reaktor Gasifikasi Updraft.....	23
3.3 Mesh dan Boundary.....	26
3.4 Langkah-Langkah Permodelan.....	26
3.4.1 Read Case.....	26
3.4.2 Grid Check.....	27
3.4.3 Grid Scale.....	27
3.4.4 Grid Smooth/Swap.....	27
3.4.5 Define model-solver.....	27
3.4.6 Define model-viscous.....	28
3.4.7 Define materials.....	28
3.4.8 Define operating conditions.....	29
3.4.9 Define boundary conditions.....	29
3.4.10 Solve monitors-residual.....	29
3.4.11 Solve monitors-surface.....	29
3.4.12 Solve initialize.....	29
BAB 4 HASIL DAN ANALISA.....	31
4.1 Hasil.....	31
4.1.1 Hasil Simulasi.....	31
4.1.2 Hasil Eksperimen.....	44
4.2 Analisa.....	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR REFERENSI.....	53
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Updraft Gasifier.....	6
Gambar 2.2 Aliran Fluida pada Ejektor	7
Gambar 2.3 Komponen ejektor	9
Gambar 2.4 CPM ejektor (a) dan CMA ejektor (b)	9
Gambar 2.5 Profile perubahan tekanan sepanjang ejektor.....	10
Gambar 2.6 Profile perubahan kecepatan sepanjang ejektor	11
Gambar 2.7 Geometri dasar sebuah ejektor	18
Gambar 3.1 Desain reaktor Gasifikasi Updraft.....	23
Gambar 3.2 Desain reaktor gasifikasi Updraft Tanpa Hadangan	23
Gambar 3.3 Desain reaktor gasifikasi Updraft konfigurasi satu	24
Gambar 3.4 Desain reaktor gasifikasi Updraft konfigurasi dua.....	24
Gambar 3.5 Desain reaktor gasifikasi Updraft konfigurasi tiga	25
Gambar 3.6 Desain reaktor gasifikasi Updraft konfigurasi tiga	25
Gambar 3.7 Flowchart Proses Keseluruhan Simulasi	30
Gambar 4.1 Proses eksperimen pengambilan data suction rate	45

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan Suction Rate pada Motif Flow Rate 20 Lpm	35
Grafik 4.2 Perbandingan Suction Rate pada Motif Flow Rate 40 Lpm	36
Grafik 4.3 Perbandingan Suction Rate pada Motif Flow Rate 60 Lpm	37
Grafik 4.4 Perbandingan Suction Rate pada reaktor tanpa hadangan	38
Grafik 4.5 Perbandingan Suction Rate pada reaktor konfigurasi 1	39
Grafik 4.6 Perbandingan Suction Rate pada reaktor konfigurasi 2.....	40
Grafik 4.7 Perbandingan Suction Rate pada reaktor konfigurasi 3.....	42
Grafik 4.8 Perbandingan Suction Rate pada reaktor konfigurasi 4.....	43
Grafik 4.9 Perbandingan Suction Rate pada ΔP yang berbeda	44
Grafik 4.10 Hasil suction rate uji eksperimental.....	46
Grafik 4.11 Perbandingan suction rate eksperimental dengan simulasi	46
Grafik 4.12 Perbandingan suction rate eksperimental dengan simulasi	47
Grafik 4.13 Perbandingan suction rate eksperimental dengan simulasi	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 JUDUL PENELITIAN

Studi penggunaan ejektor pada aliran resirkulasi reaktor gasifikasi updraft menggunakan penambahan hadangan dengan metoda 3D Computational Fluid Dynamic.

1.2 LATAR BELAKANG

Updraft Gasifikasi merupakan salah satu teknologi diversifikasi energi yang potensial, namun memiliki masalah dalam hal produksi tar yang relatif banyak. Penambahan ejektor pada sebuah updraft gasifier diyakini bisa mereduksi kandungan tar dalam gas produser proses gasifikasi.

Pada Laboratorium Gasifikasi Biomassa Jurusan Teknik Mesin Universitas Indonesia, dilakukan rangkaian penelitian untuk mengurangi jumlah tar pada gas producer gasifikasi dengan metode penambahan ejektor untuk menarik kembali gas produser yang paling banyak mengandung tar, yaitu pada bagian reaktor gasifikasi yang terjadi proses pyrolysis, untuk kembali dibakar ulang pada bagian bawah reaktor. Dengan metode ini diharapkan gas produser yang keluar dari reaktor gasifikasi (gasifier) bisa jauh lebih bersih dan kandungan limbah tar bisa direduksi.

Tugas akhir ini merupakan bagian dari rangkaian penelitian diatas, berupa sebuah studi awal untuk melihat pendekatan kemungkinan pemanfaatan ejektor udara pada sebuah sistem gasifikasi. Penelitian ini ditujukan untuk melihat variasi kecepatan motif flow rate yang keluar dari nozzle dan ukuran diameter nozzle sebuah ejektor udara terhadap besarnya suction rate yang dihasilkan dengan menggunakan metoda 3D Computational Fluid Dynamic dan validasi secara

eksperimental menggunakan sebuah prototype reaktor gasifikasi yang dibuat dari bahan aluminium.

Ejektor sendiri merupakan salah satu jenis dari pompa dinamik yang menggunakan prinsip jet (jet pump) sebagai tenaga penggerak, yaitu menciptakan ruang bertekanan rendah (vakum) oleh fluida penggerak (motive fluid) sehingga fluida sekunder yang berada pada tekanan lebih tinggi/ atmosfer akan terhisap ke ruang vakum tersebut. Selanjutnya, terjadi transfer momentum pada saat fluida sekunder dan fluida penggerak bertemu, sehingga fluida sekunder akan bergerak ke bagian keluaran dari pompa bersama sama dengan fluida penggerak.

Ejektor atau pompa jet ini tidak memiliki bagian yang bergerak (berputar) sehingga dapat meminimalisir adanya getaran dan dapat didisain dengan berat yang minimum, serta tidak lagi memerlukan sistem pelumasan. Selain itu ejektor memiliki konstruksi yang relatif sederhana dan kemudahan dalam operasi.

1.3 PERUMUSAN MASALAH

Pada laporan tugas akhir ini, dibahas karakteristik aliran fluida dalam reaktor gasifikasi updraft yang disimulasikan dengan menggunakan software FLUENT dan GAMBIT.

Simulasi akan difokuskan untuk mendapatkan karakteristik aliran fluida dalam reaktor gasifikasi updraft dengan memvariasikan diameter output nozzle ejektor dan memvariasikan konfigurasi peletakan hadangan (bahan bakar) pada reaktor gasifikasi updraft.

Hasil yang didapatkan dari simulasi akan dibandingkan untuk menentukan ukuran output diameter nozzle ejektor yang paling sesuai dan menganalisa pergerakan fluida (dalam kasus ini udara) dalam simulasi tersebut.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka penulis bermaksud memfokuskan penelitian untuk mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi ukuran diameter output nozzle ejektor terhadap pola aliran udara dalam sistem gasifikasi updraft.
2. Pengaruh konfigurasi peletakan hadangan (bahan bakar) terhadap pola aliran fluida dan besaran jumlah udara yang terhisap oleh ejektor (Suction Rate).
3. Fenomena pengaruh diameter ejektor, besar aliran, dan konfigurasi peletakan hadangan terhadap jumlah udara hisap (Suction Rate).

1.5 BATASAN MASALAH

Mengingat luasnya permasalahan yang ada, maka dalam pembahasan ini penulis merasa perlu untuk melakukan pembatasan masalah dalam beberapa hal, agar penelitian lebih terfokus. Pengambilan data meliputi mass flow rate aliran balik (aliran sekunder) yang masuk ke dalam ejektor, hasil suction rate aliran fluida di dalam sistem, dengan melakukan variasi terhadap beberapa parameter, yaitu:

- 5 variasi diameter ujung nozzle ejektor terhadap daerah mixing chamber, yaitu ukuran 0.5, ukuran 0.75 cm, ukuran 1 cm, ukuran 1.25 cm dan ukuran 1.5 cm
- 4 variasi konfigurasi peletakan hadangan di dalam sistem reaktor gasifikasi.
- 3 variasi volume rate yang masuk ke dalam reaktor gasifikasi melewati ejektor yaitu 20, 40, dan 60 Lpm..

1.6 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan objek penelitian.

2. Studi literatur.
3. Fabrikasi tabung prototype reaktor dan ejektor udara
4. Instalasi software FLUENT dan GAMBIT
5. Persiapan percobaan simulasi
6. Simulasi dan pengambilan data
7. Pengolahan data dan grafik
8. Analisa dan kesimpulan.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

BAB 1 Pendahuluan, berisi :

Latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 Dasar Teori, berisi :

Pengertian ejektor udara, komponen ejektor, prinsip kerja ejektor, teori ejektor, parameter geometri desain ejektor, perhitungan efisiensi ejektor

BAB 3 Pemodelan, berisi :

Proses desain Updraft Gasifier dengan menggunakan program CAD, proses meshing dengan menggunakan program pre-simulator dan proses simulasi dengan menggunakan program simulator.

BAB 4 Hasil Simulasi dan Analisa, berisi :

Data yang didapatkan dari proses simulasi berupa tabel mass flow inlet dan grafik serta analisa terhadap hasil yang didapat.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran, berisi :

Kesimpulan terhadap hasil simulasi yang didapatkan dan tren yang ditunjukkan pada fenomena mass balance dalam sistem aliran fluida Updraft Gasifier.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 PENGERTIAN GASIFIKASI

Gasifikasi merupakan proses pembakaran yang tidak sempurna yang dilakukan untuk menghasilkan gas yang mampu-bakar. Karena proses ini merupakan konversi material yang mengandung karbon, maka semua hidrokarbon seperti batubara, *petroleum coke* atau *petcoke*, biomassa dapat digasifikasi. Proses ini melalui beberapa proses kimia dalam reaktor gasifikasi (*gasifier*). Mula-mula bahan bakar yang sudah diproses secara fisis diumpankan ke dalam reaktor dan akan mengalami proses pemanasan sampai temperatur reaksi serta mengalami proses pirolisa (menjadi bara api). Kecuali bahan pengotor, bahan bakar bersama-sama dengan oksigen dikonversikan menjadi hidrogen, karbon monoksida dan methana.

2.1.1 GASIFIKASI UPDRAFT

Updraft gasifier merupakan salah satu jenis bentuk reaktor gasifikasi yang banyak digunakan. Pada *gasifier* jenis ini, udara masuk melalui bagian bawah *gasifier* melalui *grate*. Aliran udara ini berlawanan arah (*counter current*) dengan aliran bahan bakar yang masuk dari bagian atas *gasifier*. Gas produser yang dihasilkan keluar melalui bagian atas *gasifier* sedangkan abu diambil pada bagian bawah *gasifier*. Reaksi pembakaran pada *gasifier* ini terjadi di dekat *grate* kemudian diikuti reaksi reduksi (proses gasifikasi). Reaksi reduksi tersebut akan menghasilkan gas bertemperatur tinggi. Gas hasil reaksi (gas produser) tersebut bergerak ke bagian atas *gasifier* menembus unggun bahan bakar menuju daerah yang bertemperatur lebih rendah. Pada saat menembus unggun bahan bakar, gas produser akan kontak dengan bahan bakar yang turun sehingga terjadi proses pirolisis dan pertukaran panas antara gas dan bahan bakar. Panas *sensible* yang diberikan gas digunakan bahan bakar untuk pemanasan awal dan pengeringan bahan bakar. Proses pirolisis dan pengeringan tersebut terjadi pada bagian teratas

gasifier. *Updraft gasifier* mencapai efisiensi tertinggi ketika gas panas yang dihasilkan meninggalkan *gasifier* pada temperatur rendah. Gambaran tahap-tahap yang terjadi pada *updraft gasifier* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Updraft Gasifier

Updraft gasifier memiliki kekurangan dan kelebihan. Kekurangan yang dimiliki *updraft gasifier* adalah tingginya jumlah uap tar yang terkandung di dalam gas keluaran dan kemampuan gas produser membawa muatan rendah. Sedangkan keuntungan pemakaian *updraft gasifier* adalah gasifier tipe ini memiliki mekanisme kerja yang jauh lebih sederhana, memiliki toleransi kekasaran bahan bakar yang lebih baik, kemampuannya mengolah jenis bahan bakar (terutama batubara) kualitas rendah, arang (*charcoal*) habis terbakar, suhu keluaran rendah, dan efisiensi tinggi

2.2 PENGERTIAN EJEKTOR

Pompa dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian berdasarkan bagaimana energi itu ditambahkan pada fluida kerjanya, yaitu:

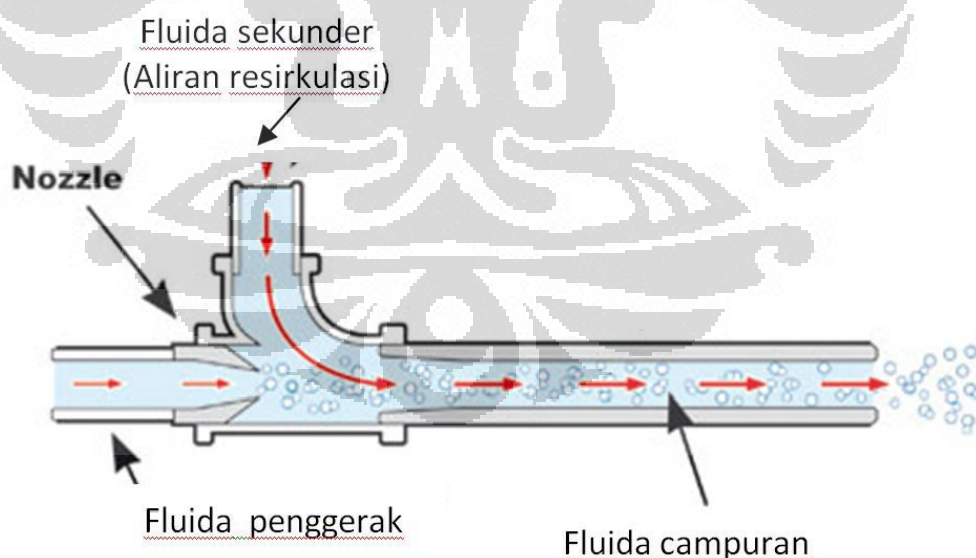
a. Pompa dinamik

Energi secara kontinu ditambahkan untuk menaikkan kecepatan fluida di dalam pompa setelah melewati bagian keluaran pompa akan terjadi penurunan

kecepatan dan kenaikan tekanan. Hal inilah yang akan menyebabkan suatu pompa dapat membawa sejumlah fluida kesuatu tempat dengan mengadakan perbedaan tekanan, sesuai dengan prinsip bahwa fluida mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah

b. Pompa perpindahan

Energi secara periodik ditambahkan dengan memberikan suatu gaya pada fluida di dalam pompa. Selanjutnya akan dihasilkan suatu penambahan tekanan yang akan memindahkan fluida melalui katub atau saluran pompa ke luar. Ejektor merupakan salah satu jenis dari pompa dinamik yang menggunakan prinsip jet (*jet pump*) sebagai tenaga penggerak, yaitu menciptakan ruang bertekanan rendah (vakum) oleh fluida penggerak (*motive fluid*), sehingga fluida suction/sekunder yang berada pada tekanan lebih tinggi/ atmosfer akan terhisap ke ruang vakum tersebut. Selanjutnya, terjadi transfer momentum pada saat fluida sekunder dan fluida penggerak bertemu pada ruang percampuran (*mixing chamber*), sehingga fluida sekunder akan bergerak ke bagian keluaran dari pompa bersama sama dengan fluida penggerak seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Aliran Fluida pada Ejektor

Meskipun unjuk kerja dari pompa jenis ini cukup rendah, namun pompa ini masih digunakan secara luas diberbagai bidang terutama dalam bidang industri. Hal ini disebabkan karena konstruksi yang sederhana dan juga mudah

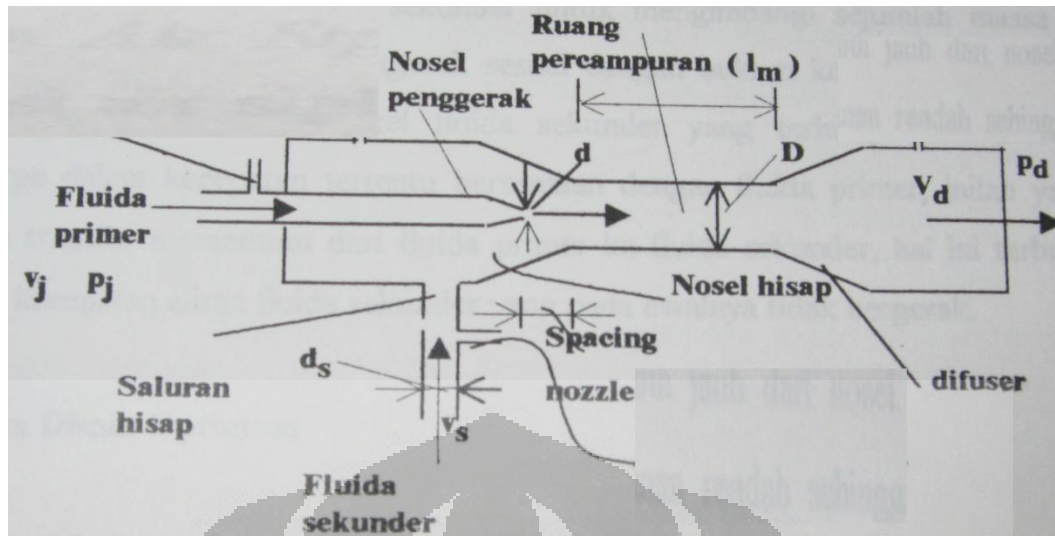
dalam pengoperasiannya. Selain itu jenis pompa ini tidak memiliki bagian yang bergerak sehingga tidak diperlukan pelumasan, berkurangnya getaran, dan dapat didesain dengan berat yang relatif lebih ringan serta kemudahan dalam proses pemeliharannya.

Ejektor dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu *water jet pump*, *air siphon (air jet pump)* dan *steam ejektor*. *Water jet pump* mempergunakan air sebagai fluida penggerak. *Steam ejektor* menggunakan uap air sebagai fluida penggerak. Sedangkan air jet pump menggunakan udara sebagai media penggerak. Dilihat dari unjuk kerjanya, *water jet pump* mempunyai tingkat efisiensi yang lebih baik dibandingkan air jet pump. Hal ini terjadi karena udara sebagai fluida penggerak menghabiskan sebagian energinya untuk melawan tegangan permukaan yang dimiliki fluida cair dan momentum dari udara yang relatif kecil. Sampai saat ini, unjuk kerja maksimum air shipon berkisar pada 30 % [sanger,1970] Beberapa jenis aplikasi ejektor antara lain, :

- Engine space cooling
- Pendinginan exhaust gas
- Infrared signature suppression
- Noise reduction
- Refrigeration
- Pemompaan fluida berbahaya, dll

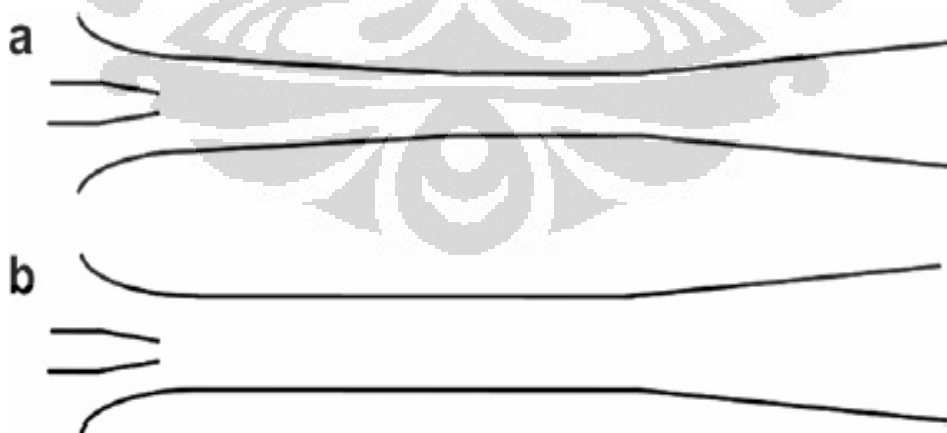
2.3 KOMPONEN DAN PRINSIP KERJA EJEKTOR

ejektor udara terdiri atas : nozzle penggerak (*driving nozzle*), saluran hisap (*suction nozzle*), ruang percampuran (*mixing chamber*) dan diffuser (optional) Berikut adalah contoh konstruksi air ejektor pada umumnya:



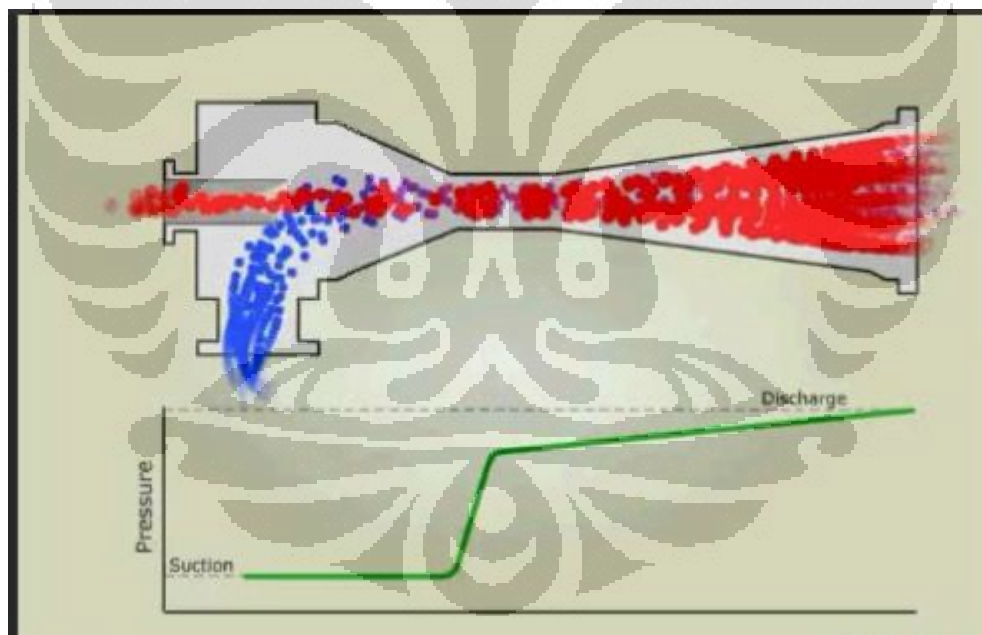
Gambar 2.3 Komponen ejektor

Ada dua type utama ejektor didasarkan pada konsep percampuran pada area keluar nozzle primer Seperti pada Gambar 1. Pertama *constan mixing area* (CMA) ejektor dimana keluaran dari nozzle primer diletakkan pada *throat* engan area konstan. Kedua *constan pressure mixing* (CPM) ejektor dimana keluaran dari nozzle primer diletakkan pada troat dengan area konvergen. Penggunaan kedua tipe disesuaikan situasi penggunaan. CMA dapat memindah lebih banyak laju aliran massa dari pada CPM akan tetapi CPM lebih sesuai beroperasi pada range tekanan kondensasi yang lebih besar (Pianthong ,2007).

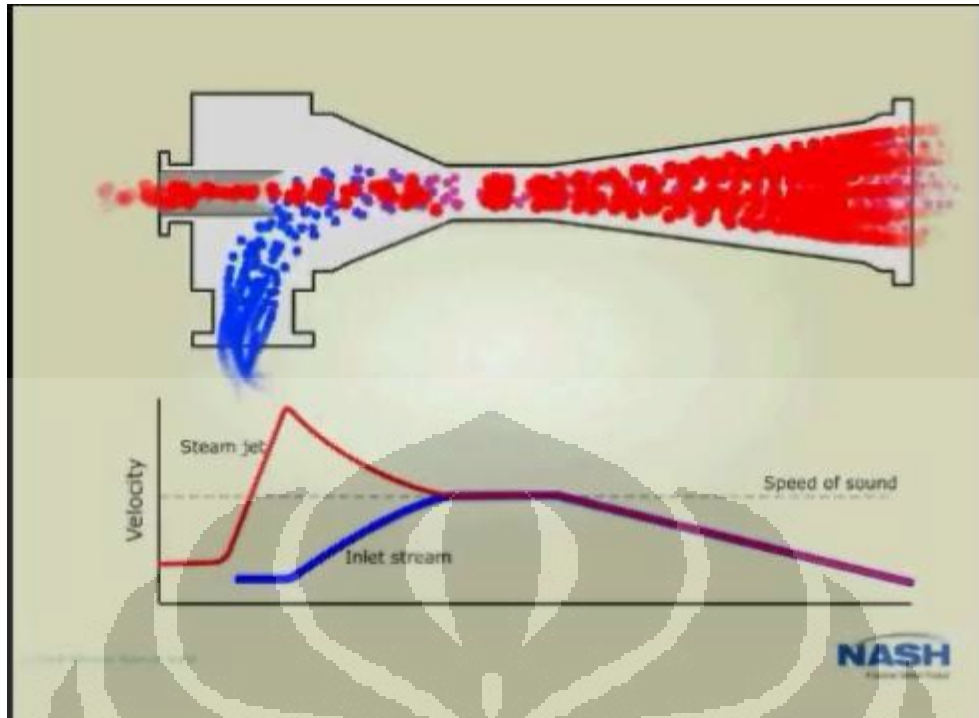


Gambar 2.4 CPM ejektor (a) dan CMA ejektor (b)

Dalam aplikasinya, ejektor bekerja dengan menggunakan prinsip seperti udara dikompresi untuk menghasilkan tekanan yang tinggi yang kemudian oleh nozzle tekanan tinggi itu dikonversi menjadi kecepatan tinggi. akibat kecepatan udara yang tinggi maka terciptalah ruang vakum di daerah sekitar nozzle. Ruang vakum tersebut menyebabkan fluida sekunder yang tekanan awalnya lebih tinggi (tekanan atmosfer) tertarik dan bersama-sama aliran fluida primer masuk kedalam ruang percampuran. Hal ini sesuai dengan sifat fluida yang selalu bergerak ketekanan yang lebih rendah. Setelah mengalami percampuran, fluida campuran akan meninggalkan air ejektor melalui diffuser yang berfungsi menaikkan tekanan statis dan menurunkan kecepatan aliran sesuai dengan yang kita inginkan. Nozzle penggerak air ejektor dibuat konvergen agar dicapai kecepatan maksimum pada ujung nozzle sesuai teori kontinuitas dan teori jet.



Gambar 2.5 Profile perubahan tekanan sepanjang ejektor



Gambar 2.6 Profile perubahan kecepatan sepanjang ejektor

Pada proses ini terjadi transfer momentum dari udara kecepatan tinggi (nozzle penggerak) kepada aliran fluida sekunder. Akibat transfer tersebut fluida penggerak yang berkecepatan tinggi ketika keluar dari nozzle penggerak, akan mengalami penurunan kecepatan. Semakin jauh dari nozzle penggerak kecepatan fluida penggerak terus menurun. Berlawanan dengan fluida penggerak, fluida sekunder yang kecepatan rendah ketika memasuki saluran hisap akan terus bertambah kecepatannya seiring semakin jauh jaraknya dari nozzle penggerak. Untuk daerah sekitar nozzle penggerak dimana kecepatan partikel fluida relatif tinggi dibandingkan dengan daerah yang lebih jauh dari nozzle maka sesuai hukum kekekalan momentum jumlah massa fluida penggerak di daerah sekitar nozzle lebih sedikit dibandingkan dengan daerah yang lebih jauh dari nozzle. Akibatnya fluida primer disekitar nozzle bertekanan rendah sehingga akan menghisap sejumlah massa partikel fluida sekunder untuk mengimbangi sejumlah massa di daerah yang lebih jauh dari nozzle penggerak. Kemudian massa fluida sekunder yang terhisap akan dikeluarkan ke discharge dalam kecepatan tertentu bersamaan dengan fluida primer. Inilah yang disebut transfer momentum.

2.4 DASAR TEORI PERSAMAAN EJEKTOR

Dalam menganalisa aliran fluida dalam suatu sistem seperti ejektor, dapat digunakan persamaan Bernoulli dan persamaan kontinuitas

2.4.1 PERSAMAAN BERNOULLI

Hukum Bernoulli menjelaskan tentang konsep dasar aliran bahwa peningkatan kecepatan pada suatu aliran fluida (zat cair atau gas), akan mengakibatkan penurunan tekanan pada zat cair atau gas tersebut. Artinya, akan terdapat penurunan energi potensial pada aliran fluida tersebut.

Konsep dasar ini berlaku pada fluida aliran termampatkan (*compressible flow*), juga pada fluida dengan aliran tak-termampatkan (*incompressible-flow*). Hukum Bernoulli sebetulnya dapat dikatakan sebagai bentuk khusus dari konsep dalam mekanika fluida secara umum, yang dikenal dalam persamaan Bernoulli.

Persamaan Bernoulli menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida yang tertutup, banyaknya energi suatu fluida di suatu titik sama dengan dengan banyaknya energi di titik lain.

Di awal dikatakan bahwa hukum Bernoulli berlaku pada dua jenis aliran fluida, yaitu termampatkan dan tak-termampatkan. Suatu fluida dengan aliran termampatkan merupakan suatu aliran fluida yang mempunyai karakteristik khusus adanya perubahan kerapatan massa (*density*) pada sepanjang alirannya.

Contoh aliran fluida termampatkan adalah udara atau gas alam. Adapun fluida dikatakan mempunyai aliran tak-termampatkan adalah fluida yang mempunyai karakteristik tidak terdapat perubahan kerapatan massa (*density*) pada sepanjang aliran fluida tersebut. Contohnya adalah air, macam-macam minyak, campuran lemak dan larutan basa (emulsi).

Hukum Bernoulli dapat dianggap sebagai konsep dasar yang menyatakan kekekalan energi, penjumlahan energi kinetik dan energi potensial pada suatu aliran fluida akan konstan di setiap titik. Ada tiga energi yang terdapat pada fluida aliran tertutup:

1. Energi potensial

Energi yang dimiliki karena pengaruh ketinggian dan gaya gravitasi serta massa dari fluida itu sendiri

2. Energi kinetik

Energi yang dimiliki karena pergerakan aliran (kecepatan massa partikel fluida)

3. Energi tekanan

Disebut juga energi aliran atau kerja aliran, yaitu suatu jumlah kerja yang dibutuhkan untuk memindahkan elemen fluida melalui atau melampaui suatu penampang terhadap perlawanan tekanan

$$\text{Kerja} = Fl = p.A.l = p.v$$

$$m = \rho.v$$

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$pv = p \left(\frac{m}{\rho} \right), \quad \gamma = \rho g$$

$$\text{energi aliran} = p \frac{mg}{\gamma}$$

maka persamaan energi menjadi:

$$\frac{p \frac{mg}{\gamma} + \frac{mv^2}{2} + mgz}{mg} = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z$$

Merupakan energi yang dipunyai oleh fluida per satuan panjang beratnya pada saat fluida tersebut bergerak pada suatu sistem. Karena persamaan bernoulli memakai satuan meter maka umumnya energi tersebut disebut dengan "head".

$$\text{Total head} = \frac{p}{\gamma} (\text{Pressure head}) + \frac{v^2}{2g} (\text{Velocity head}) + z (\text{Elevation})$$

Persamaan aliran untuk 2 buah titik:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

Persamaan Bernoulli akan diperoleh dari persamaan Euler dan persamaan Hukum II Newton dengan asumsi :

- aliran tunak (steady)
- aliran tak mampu mampat (incompressible)
- aliran tanpa gesekan (inviscid/non viscous)
- tidak ada perpindahan panas atau kalor diantara kedua titik

Dalam aplikasinya pada ejektor, persamaan Bernoulli masih dapat digunakan untuk fluida compressible seperti udara dan gas pada kondisi kecepatan aliran yang rendah atau bilang Mach yang rendah ($M < 0.3$) Mach Number adalah rasio perbandingan antara kecepatan actual gas dengan kecepatan suara pada gas tersebut.

M = Mach Number

V = Aktual velocity

C = kecepatan suara

Dimana:

$$c = \sqrt{kRT}$$

k = ratio specific heat

R = konstanta gas

T = temperatur absolute

Pada ejektor tekanan statik pada daerah masuk (entrance) sampai ke nozzle dirubah menjadi energi kinetik dengan membiarkan fluida mengalir secara leluasa melalui nozzle tipe konvergen. Kecepatan fluida aliran tinggi yang diinjeksikan melalui nozzle penggerak akan menarik fluida hisap karena tekanan di disekitar nozzle akan menjadi vakum sedangkan tekanan fluida hisap sebesar tekanan atmosfer. Fluida hisap akan bergerak dengan peningkatan kecepatan V_s fluida

penggerak dan hisap akan bercampur di ruang percampuran, kemudian akan menghasilkan aliran fluida campuran dengan kecepatan antara V_t (intermediate velocity) di ujung mixing tube. Selanjutnya jika terdapat difuser maka difuser akan merubah kecepatan yang ada menjadi tekanan statis pada keluaran ejektor dengan kecepatan V_d .

Untuk fluida penggerak yang melewati nozzle ejektor:

$$\frac{p_j}{\gamma_1} + \frac{v_n^2}{2g} = \frac{p_s}{\gamma_1} + \frac{v_j^2}{2g}$$

Pada hulu nozzle jet, seluruh energi dianggap sebagai static head dan kecepatan di nozzle (V_n) sangat kecil dibandingkan dengan kecepatan di ujung nozzle V_j maka V_n diabaikan.

$$\frac{v_j^2}{2g} = \frac{p_j - p_s}{\gamma_1}$$

Sedangkan pada diffuser dengan aliran fluida campuran adalah:

$$\frac{p_s}{\gamma_2} + \frac{v_t^2}{2g} = \frac{p_d}{\gamma_2} + \frac{v_d^2}{2g}$$

Pada discharge, tekanan telah diubah menjadi tekanan statis, maka $V_d = 0$, sehingga persamaan menjadi:

$$\frac{v_t^2}{2g} = \frac{p_d - p_s}{\gamma_2}$$

Perbandingan antara tekanan keluaran dan tekanan operasi disebut juga rasio head tekanan, dapat ditulis sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{v_t^2/2g}{v_j^2/2g} = \frac{(p_d - p_s)/\gamma_2}{(p_j - p_s)/\gamma_1}$$

Persamaan ratio head merupakan perbandingan antara kenaikan tekanan hantar dengan kenaikan tekanan masukan, disebut juga dengan rasio daya guna yang dihasilkan.[Blevins, 1985]

2.4.2 PERSAMAAN KONTINUITAS

Persamaan kontinuitas suatu aliran dapat ditentukan dari hukum kekekalan massa, yaitu massa dalam suatu sistem kontrol volume nilainya selalu konstant. Artinya, setiap laju aliran massa yang menuju dan meninggalkan sistem nilainya selalu diikuti oleh laju perubahan massa di dalam sistem. Diantara dua tempat misalnya a dan b, maka berlaku persamaan kontinuitas yang dapat ditulis dalam bentuk :

$$\frac{\partial m_a}{\partial t} = \frac{\partial m_b}{\partial t}$$

$$\rho_a A_a U_a = \rho_b A_b U_b$$

Jika $\rho_a = \rho_b$ maka persamaan diatas bisa disederhanakan menjadi

$$A_a U_a = A_b U_b$$

Di dalam ejektor terdapat penambahan massa dari pipa masuk (suction pipe), sehingga massa yang keluar dari ejektor = m_c merupakan penjumlahan dari massa fluida primer m_a dan fluida sekunder m_b

$$\frac{\partial m_a}{\partial t} = \frac{\partial m_b}{\partial t}$$

$$A_c U_c = A_a U_a + A_b U_b$$

Atau

$$Q_c = Q_a + Q_b$$

2.4.3 ENTRAINMENT RATIO

Steam Ejektor atau air ejektor sudah cukup lama dimanfaatkan di dunia industri. Salah satu yang pertama mengembangkan teknologi ini adalah Keenan

dan Neumann. Mereka melakukan penelitian terhadap simple air ejector dengan constant mixing chamber dan tanpa adanya bagian difuser. Mereka bekerja dengan mengembangkan metode analisa teoritis untuk performa ejector dan membandingkannya dengan hasil eksperimen. Mereka adalah yang pertama mengembangkan one-dimensional flow theory berdasarkan hukum gas ideal yang berhubungan dengan hukum kekekalan massa, momentum dan energi. Pada penelitian selanjutnya Keenan, Neumann, lebih mengembangkan lagi dengan penggunaan diffuser. Hasil dari penelitian mereka menunjukkan bahwa adanya entrainment rate sebagai fungsi dari pressure ratio untuk berbagai variasi rasio area yang digunakan. Entrainment ratio menjadi parameter penting yang menentukan performa dari sebuah ejector. Entrainment ratio adalah perbandingan antara mass flow dari aliran sekunder dengan mass flow dari aliran penggerak (nozzle) . banyak peneliti yang sepakat bahwa kerja pompa dari sebuah ejector adalah perbandingan entrainment rasionya [Maqsood,Asim,2008].

$$\text{Entrainment ratio } R_m = \frac{\text{mass of secondary flow}}{\text{mass of primary flow}}$$

2.4.4 BILANGAN REYNOLD

Bilangan Reynolds adalah ratio perbandingan gaya inerti aliran fluida terhadap gaya viskositasnya. Bilangan Reynolds memberikan gambaran tipe aliran yang terjadi. Secara matematik bilangan Reynolds dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{v \cdot \rho}{\nu}$$

$$v = \text{kecepatan } (m / s)$$

$$D = \text{diameter } (m)$$

$$\rho = \text{density } (kg / m^3)$$

$$\mu = \text{viskositas } _ \text{dinamik } (N \cdot s / m^2)$$

$$\nu = \text{viskositas } _ \text{kinematik } (m^2 / s)$$

$Re < 2000$ untuk aliran laminar

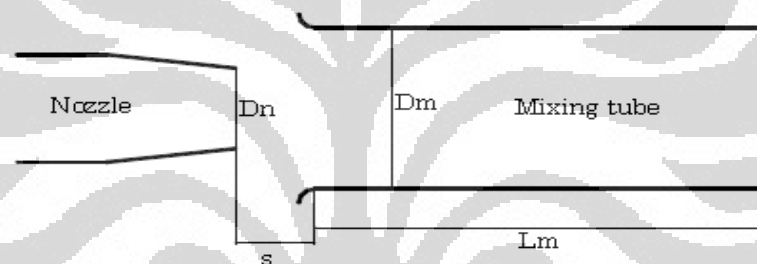
$Re > 4000$ untuk aliran turbulen

$2000 < Re < 4000$ adalah aliran transisi

Pada ejektor aliran fluida primer yang keluar nozzle haruslah turbulen. Untuk pipa maka aliran turbulen dinyatakan oleh bilangan Reynolds diatas 2300. Unjuk kerja ejektor menurun drastis bila aliran dikategorikan laminar [Blevins, 1985].

2.6 PARAMETER DESAIN EJEKTOR

Bentuk geometri dari sebuah ejektor sangat mempengaruhi performanya. Geometri dasar sebuah ejektor ditunjukkan seperti pada gambar 2.7 dibawah ini:



Gambar 2.7 Geometri dasar sebuah ejektor

Keterangan:

D_n : Diameter Nozzle

D_m : Diameter Mixing chamber

L_m : Panjang Mixing Chamber

S : Jarak Spacing Nozzle

2.6.1 SUCTION CHAMBER

Suction chamber sebaiknya berbentuk konvergen dengan permukaan yang halus. Bentuk konis maupun bel dapat digunakan untuk menghasilkan aliran sekunder separel mungkin dengan aliran primer dan juga kehilangan energi

akibat gesekan ditekan sekecil mungkin. Nilai sudut yang dibentuk oleh suction chamber dengan garis horizontal berkisar antara $18-30^0$ [Sharma, bangga, 1982].

2.6.2 PANJANG RUANG PERCAMPURAN

Mixing chamber L_m yang disarankan untuk mendapatkan unjuk kerja yang baik berkisar antara $5.7D_m-10D_m$ (bonnington, king, 1976; silvester mueler, 1986] pada umumnya dipergunakan $7D_m$

2.6.3 SPACING NOZZLE

Jarak antara ujung nozzle penggerak dengan sisi masuk ruang percampuran disarankan berkisar antara $0.8 D_n - 2 D_n$ [Blevins, 1985]. Ejektor dengan spacing nozzle yang besar akan memperpanjang daerah percampuran untuk panjang mixing tube yang sama. Daerah percampuran ini bermula dari ujung keluar nozzle hingga daerah paling ujung luar dari ejektor itu. Berat total dari sebuah ejektor juga bisa direduksi dengan menaikkan jarak spacing nozzle dan mengurangi panjang dari mixing tubenya [Maqsood, Asim, 2008].

2.6.4 DIAMETER NOZZLE PENGGERAK

Diameter nozzle penggerak umumnya merupakan fungsi dari diameter ruang percampuran D_m . Nilainya berkisar antara $0.14 D_m - 0.9 D_m$

2.6.5 DIFFUSER

Digunakan mendapatkan kecepatan keluar atau tekanan statis yang diinginkan. Umumnya sudut diffuser yang digunakan 5^0 dengan panjang $L_m = 7 D_m$. ini merupakan karakteristik optimal dari diffuser konis secara umum [Blevins, 1985].

2.7. PERHITUNGAN EFISIENSI EJEKTOR

Effisiensi dari sebuah ejektor adalah rasio perbandingan kerja aliran sekunder terhadap energi kinetik dari aliran jet fluida penggerak. [Mitchell and London [9]].

$$\eta_E = \frac{m_s(P_a - P_2) / \rho_s}{m_p U_p^2 / 2}$$

Pada dasarnya hal ini sama seperti pada efisiensi pompa perpindahan yang membandingkan kenaikan kerja dari aliran fluida dengan besarnya daya mekanik yang diberikan pada pompa. Namun pada ejektor, driving force atau energi kinetik pada aliran fluida penggerak pada persamaan diatas, tidak semuanya digunakan untuk menggerakkan fluida sekunder. Sebagian energi kinetik ini berubah menjadi pressure head pada daerah mixing tube dan diffuser. Oleh karena itu, persamaan diatas bisa dimodifikasi menjadi berikut:

$$\eta_E = \Phi \left[\frac{(P_a - P_2) / \rho_s}{\left(\frac{U_p^2}{2} \right) - \left(\frac{(P_a - P_2)}{\rho_p} \right)} \right]$$

Dan bisa disederhanakan menjadi:

$$\eta_E = \Phi T^* \frac{(P_a - P_2)}{q_1 - (P_a - P_2)}$$

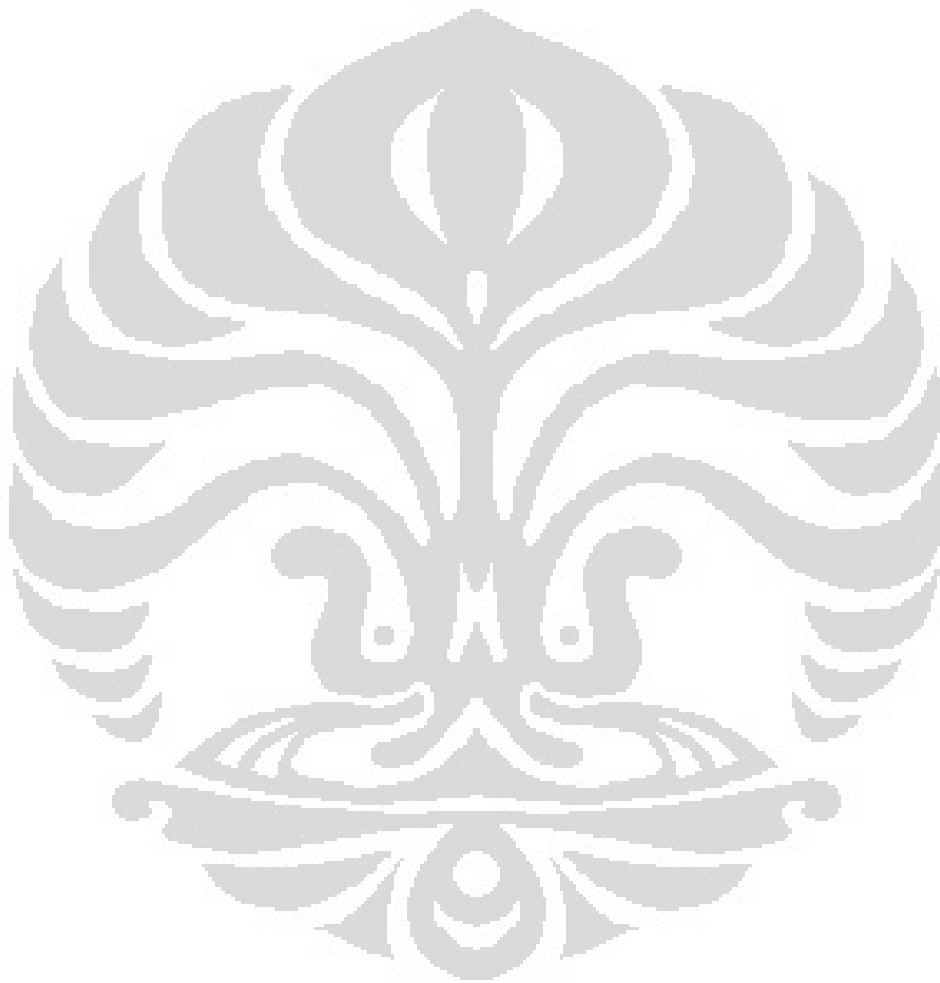
Dimana ϕ adalah besar dari entrainment ratio, dan:

$$T^* = \frac{\rho_p}{\rho_s} = \frac{T_s}{T_p}$$

dan q_1 adalah tekanan dinamik pada inlet ejektor

$$q_1 = \rho_{1p} U_{1p}^2 / 2$$

Namun perlu dicatat bahwa persamaan efisiensi ejektor diatas masih mengasumsikan tidak adanya losses pada daerah nozzle dan perubahan bentuk energi kinetik pada daerah mixing dan diffuser.



BAB 3

PEMODELAN

3.1 PEMODELAN

Dalam simulasi yang dilakukan ini, dikerjakan berdasarkan beberapa langkah, yaitu:

1. Pembentukan dan desain model 3D dari reaktor gasifikasi updraft dengan menggunakan program CAD Autodesk Inventor.
2. Meshing model tersebut dan memberikan identifikasi boundary pada reaktor gasifikasi updraft dengan menggunakan software presimulator Gambit.
3. Melakukan simulasi dengan menggunakan program CFD Fluent.

Simulasi menggunakan Fluent ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi diameter output ejektor, variasi mass flow rate aliran fluida primer dan peletakan hadangan terhadap besaran mass flow rate aliran fluida sekunder. Hasil yang didapatkan dari simulasi ini diharapkan dapat membantu dalam melihat dinamika fluida dalam reaktor gasifikasi updraft dengan penambahan hadangan.

Ada beberapa parameter yang dimasukkan pada simulasi ini, yaitu:

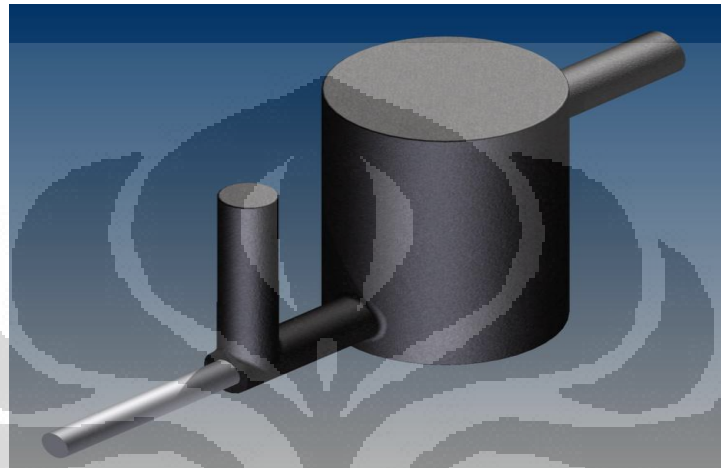
1. temperatur udara adalah sebesar 27°C atau $300,15\text{ K}$ dan tidak terjadi perpindahan kalor di dalam sistem tersebut.
2. Variasi motif flow rate sebesar 20, 40, dan 60 Lpm.
3. Variasi diameter output ejektor sebesar 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5 cm.
4. Densitas udara 1.225 kg/m^3 .
5. Besar percepatan gravitasi sebesar 9.81 m/s^2 .

Dengan memasukkan input-input diatas, diharapkan simulasi yang akan dilakukan mendekati kejadian pada keadaan sebenarnya sehingga simulasi yang dilakukan dapat membantu melihat fenomena dinamika fluida pada reaktor

gasifikasi updraft dengan penambahan hadangan. Hal tersebut bertujuan untuk menjadi dasar perancangan desain reaktor gasifikasi updraft yang akan dibuat.

3.2 DESAIN REAKTOR GASIFIKASI UPDRAFT

Dimensi dan desain reaktor gasifikasi updraft yang disimulasikan dibuat dengan menggunakan program CAD Autodesk Inventor seperti berikut:

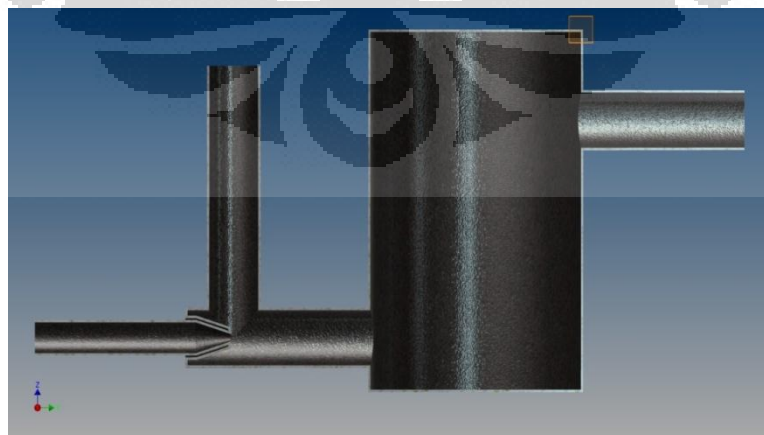


Gambar 3.1 Desain reaktor Gasifikasi Updraft

Pada simulasi yang dilakukan, konfigurasi reaktor gasifikasi dibedakan berdasarkan peletakan hadangan menjadi empat konfigurasi seperti berikut:

1. Reaktor gasifikasi tanpa hadangan

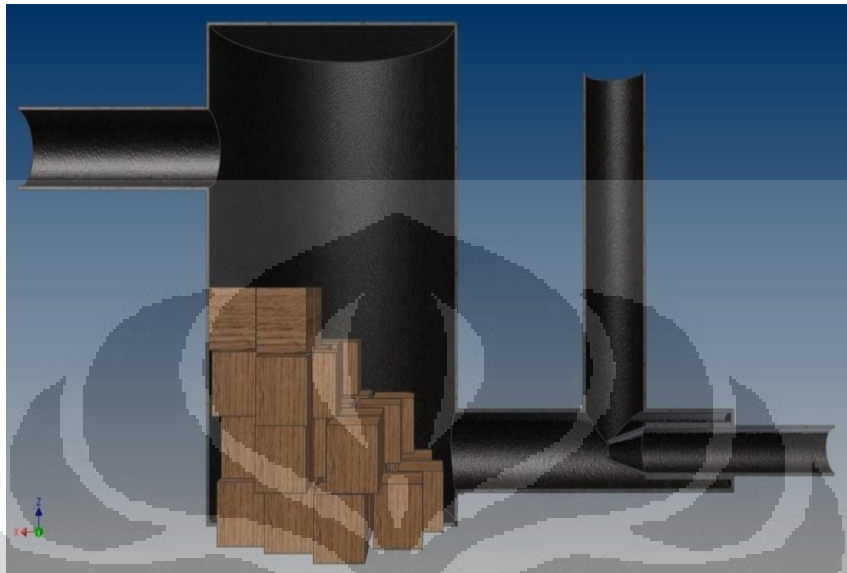
Pada simulasi reaktor gasifikasi tanpa hadangan, pada reaktor gasifikasi tidak ditambahkan hadangan. Desain reaktor ini seperti berikut:



Gambar 3.2 Desain reaktor gasifikasi Updraft Tanpa Hadangan ($\Delta P=0$)

2. Reaktor gasifikasi hadangan konfigurasi satu

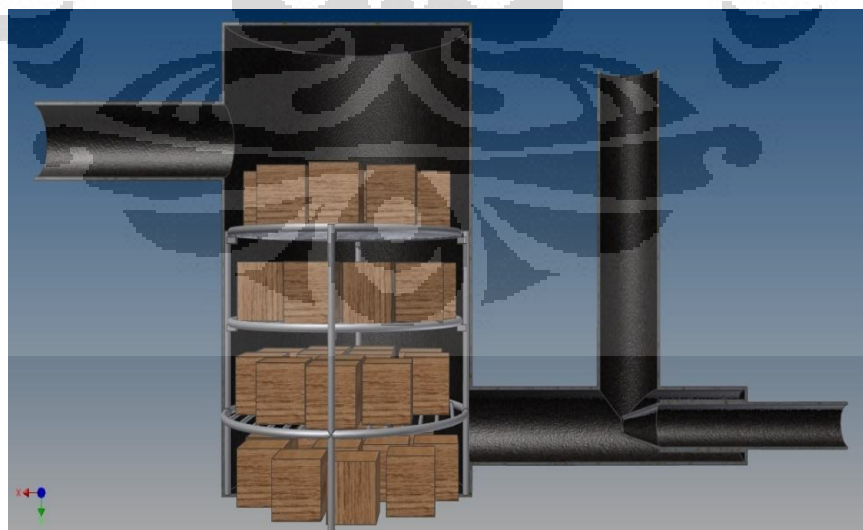
Pada simulasi reaktor gasifikasi hadangan konfigurasi satu, desain seperti berikut:



Gambar 3.3 Desain reaktor gasifikasi Updraft konfigurasi satu ($\Delta P=2.5$ Pascal)

3. Reaktor gasifikasi hadangan konfigurasi dua

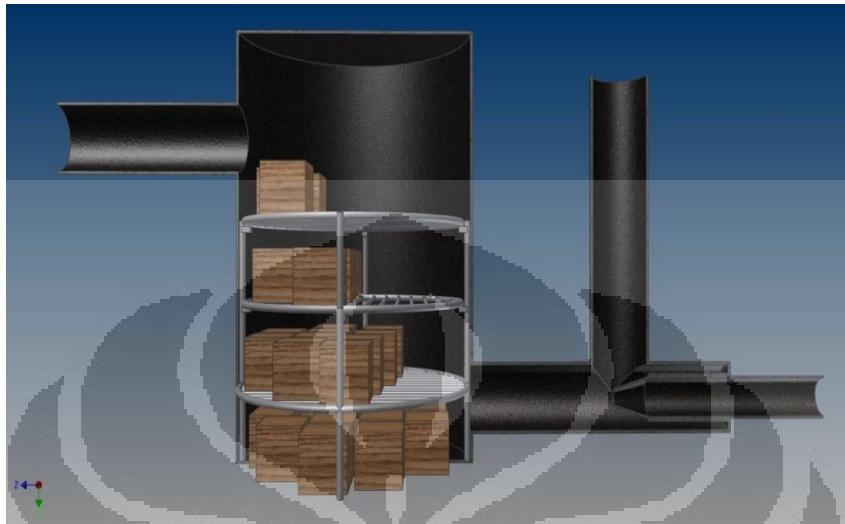
Pada simulasi reaktor gasifikasi hadangan konfigurasi dua, desain seperti berikut:



Gambar 3.4 Desain reaktor gasifikasi Updraft konfigurasi dua ($\Delta P=2.53$ Pascal)

4. Reaktor gasifikasi hadangan konfigurasi tiga

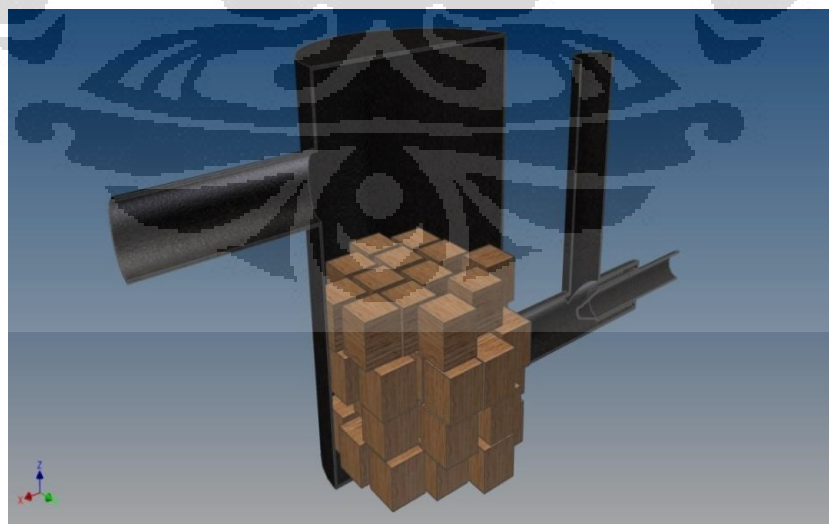
Pada simulasi reaktor gasifikasi hadangan konfigurasi tiga, desain seperti berikut:



Gambar 3.5 Desain reaktor gasifikasi Updraft konfigurasi tiga ($\Delta P=2.46$ Pascal)

5. Reaktor gasifikasi hadangan konfigurasi empat

Pada simulasi reaktor gasifikasi hadangan konfigurasi empat, desain seperti berikut:



Gambar 3.6 Desain reaktor gasifikasi Updraft konfigurasi empat ($\Delta P=2.63$ Pascal)

3.3 MESH DAN BOUNDARY

Langkah berikutnya setelah dilakukan pemodelan dengan menggunakan CAD programs Autodesk Inventor, adalah melakukan *mesh* dan juga mengidentifikasi *boundary* pada model yang sudah dibentuk pada Inventor tersebut. Proses *meshing* dan identifikasi dilakukan dengan menggunakan *software* pre simulator Gambit.

Pada proses ini, *meshing* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Meng-*import* file dari Inventor dalam bentuk *file* *.IGES ke dalam Gambit.
2. Melakukan *mesh* volumes pada setiap konfigurasi dengan interval size 5
3. Setelah melakukan *meshing*, langkah berikutnya adalah dengan melakukan identifikasi terhadap setiap *boundary*.
4. Langkah terakhir pada *software* gambit ini adalah dengan meng-*export* gambar tersebut dalam bentuk *file* *.msh, agar *file* tersebut mampu dibaca oleh *software* Simulator Fluent.

3.4 LANGKAH-LANGKAH PERMODELAN

Langkah-langkah dalam permodelan menggunakan *software* CFD simulator fluent antara lain :

3.4.1 READ CASE

Membaca file kedalam *software* simulator setelah selesai dilakukan proses *meshing*. Dalam langkah ini, dipastikan terlebih dahulu bahwa file ada dalam tipe file .msh agar dapat terbaca dalam *software* simulator.

3.4.2 GRID CHECK

Mengkoreksi ulang *grid* yang sudah dibentuk dengan langkah *grid* → check untuk memeriksa tidak adanya nilai minimum dalam volume sehingga tidak terjadi *error*. Pastikan dalam *grid check*, hasil minimum volume dalam jumlah positif.

3.4.3 GRID SCALE

Menskalakan *grid* dalam satuan yang telah ditentukan agar dalam software simulator tidak terjadi kesalahan dalam menentukan satuan, kesalahan pembacaan satuan dapat berakibat hasil yang salah. Pada program simulator Fluent, satuan yang dibaca pada awal otomatis dalam meter, untuk menyesuaikan dengan satuan yang telah dibuat pada program CAD yaitu millimeter, maka perlu dilakukan *Grid Scale* untuk mengubah satuan tersebut menjadi milimeter

3.4.4 GRID SMOOTH/SWAP

Untuk memastikan *grid* terbaik yang memungkinkan dalam melakukan kalkulasi.

3.4.5 DEFINE MODEL-SOLVER

Dalam Fluent, telah disediakan tiga formulasi solver, yaitu:

- Segregated
- Coupled implicit
- Coupled eksplisit

Ketiga formulasi solver tersebut akan menghasilkan solusi yang akurat untuk berbagai jenis kasus, akan tetapi pada beberapa kasus tertentu salah satu formula dapat menghasilkan solusi yang lebih cepat daripada formula yang lain. Solver segregated banyak digunakan untuk kasus dengan fluida incompressible dan kompressible dengan kecepatan aliran rendah hingga menengah (Bilangan Mach < 1). Adapun untuk solver coupled pada dasarnya didesain untuk fluida

kompressible dengan kecepatan tinggi (Bilangan Mach > 1). Pada simulasi aliran fluida Updraft Gasifier digunakan solver Segregated.

3.4.6 DEFINE MODEL-VISCOUS

Pada menu model viskos akan muncul beberapa pilihan, yaitu:

- Inviscid
- Laminar
- Spalart Allmaras
- K-Epsilon
- K-Omega
- Reynold Stress
- Large Eddy Simulation

Sebelum menentukan model viskos harus dilakukan proses penghitungan untuk mengetahui apakah aliran fluida yang disimulasikan termasuk dalam aliran laminar atau aliran turbulent dengan menghitung bilangan Reynold.

Pada simulasi ini digunakan model viskos K-Epsilon. Hal tersebut didasarkan bahwa model viskos K-Epsilon memiliki kelebihan seperti kestabilan, ekonomis (dari sisi komputasi), dan akurasi yang memadai untuk berbagai jenis aliran turbulen. Hal tersebut yang menjadi dasar alasan banyaknya penggunaan model viskos K-Epsilon sering digunakan untuk simulasi aliran fluida.

3.4.7 DEFINE MATERIALS

Pada simulasi ini, fluida yang mengalir berupa udara pada suhu lingkungan dengan properties seperti berikut:

- Densitas : 1.225 kg/m^3
- Viskositas : $1.789 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$

3.4.8 DEFINE OPERATING CONDITIONS

Pada operating condition, ditentukan Operating Pressure (tekanan operasional pada sistem) sebesar 101325 Pa dan percepatan gravitasi sebesar 9.81 m/s^2 .

3.4.9 DEFINE BOUNDARY CONDITIONS

Pada boundary condition, dimasukkan input kecepatan awal dari masukan ejektor dengan besaran:

- 0.47 m/s (yang jika dikonversi menjadi Volume Rate sebesar 20 LPM)
- 0.94 m/s (yang jika dikonversi menjadi Volume Rate sebesar 40 LPM)
- 1.41 m/s (yang jika dikonversi menjadi Volume Rate sebesar 60 LPM)

3.4.10 SOLVE MONITORS-RESIDUAL

Panel ini berfungsi untuk memonitor proses Iterasi yang dilakukan oleh Fluent. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memilih pilihan Plot pada kolom Options.

3.4.11 SOLVE MONITORS-SURFACE

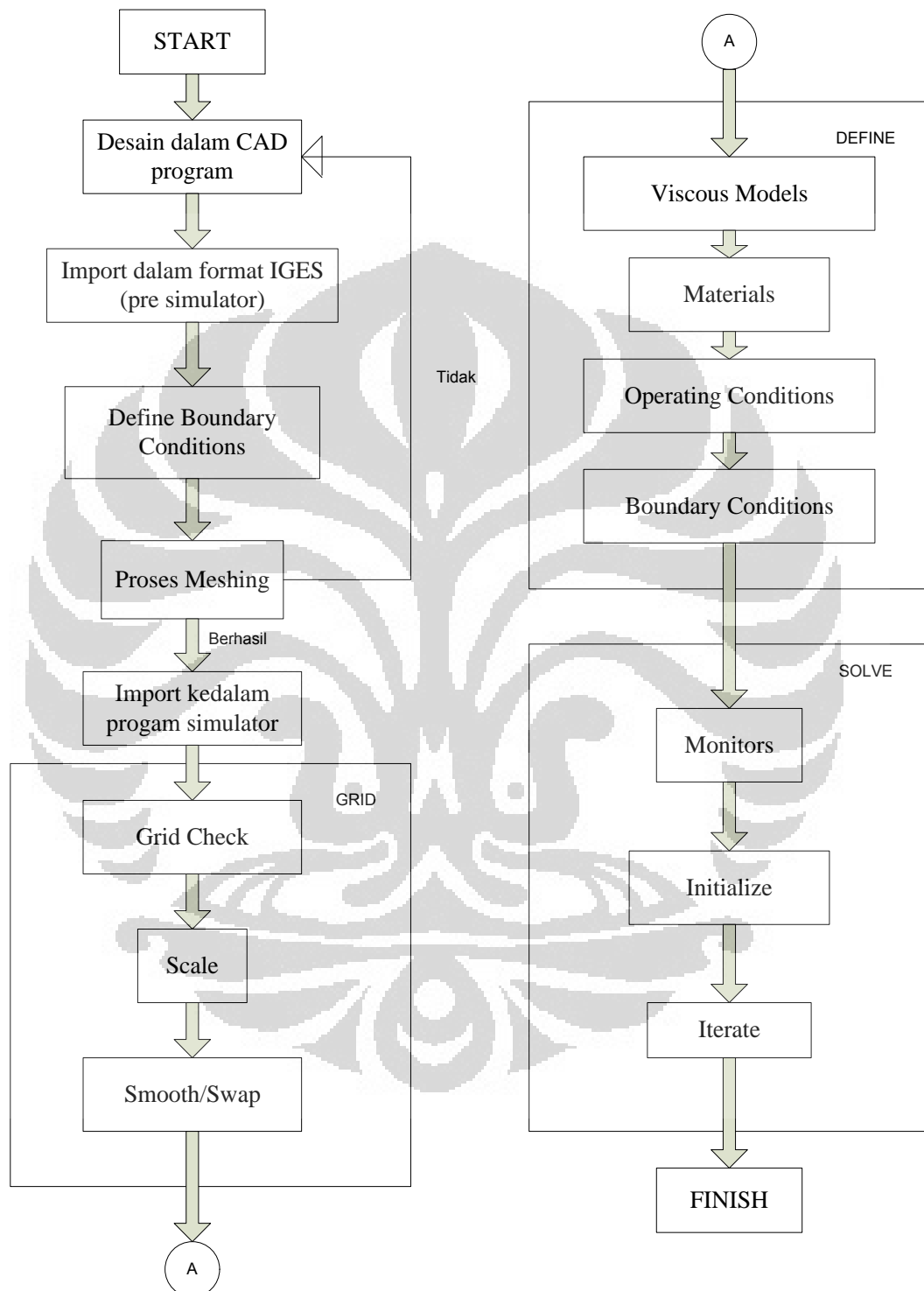
Panel ini berfungsi untuk memonitor Mass Balance yang terjadi pada sistem selama proses Iterasi berlangsung. Dalam panel ini, hasil mass balance pada sistem selama Iterasi ditampilkan pada bentuk grafik.

3.4.12 SOLVE INITIALIZE

Pada panel ini perlu dimasukkan jumlah Iterasi yang akan dilakukan. Kita dapat memasukkan sembarang nilai untuk jumlah Iterasi karena Fluent akan otomatis berhenti melakukan proses Iterasi jika telah Konvergen. Apabila dalam proses Iterasi selesai sebelum mencapai konvergen, perlu dimasukkan kembali jumlah Iterasi hingga mencapai Konvergen.

Secara umum, langkah-langkah yang digunakan dapat dilihat dalam diagram alir dibawah ini. pada diagram alir tersebut, diterangkan langkah-langkah

simulasi dimulai dari pemodelan Cad, Proses meshing pada Pre simulator dan proses simulasi pada program Simulator.



Gambar 3.7 Flowchart Proses Keseluruhan Simulasi

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

4.1 HASIL

4.1.1 HASIL SIMULASI

Simulasi yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan perbandingan besaran fluida yang terhisap terhadap variasi besaran output Nozzle Ejektor. Dalam simulasi ini, ditempatkan hadangan pada Updraft Gasifier untuk melihat kecenderungan dan fenomena yang terjadi pada gerak aliran fluida. Pengondisian yang dilakukan adalah fluida yang mengalir berupa udara lingkungan dimana tidak terjadi fenomena perpindahan kalor didalamnya.

Pada bab ini akan ditampilkan hasil simulasi pada Updraft Gasifier dengan menggunakan Software Simulator. Berikut adalah data dan hasil dari simulasi tersebut:

- Diameter Output Nozzle 0.5 cm

Diameter nozzle ejektor 0.5 cm						
Tanpa Hadangan	Mass Flow Rate (kg/s)			Liter/Menit		
	Motif Flow Rate	Suction Rate	output	Motif Flow Rate	Suction Rate	output
20	0.0004	0.0028	0.0032	19.94	142.41	162.37
40	0.0008	0.0061	0.0069	39.88	306.75	346.66
60	0.0012	0.0093	0.011	59.81	466.52	526.38
Konfigurasi 1						
20	0.0004	0.0029	0.0034	19.94	147.31	167.5
40	0.0008	0.0063	0.0071	39.88	314.23	355.18
60	0.0012	0.0096	0.011	59.81	479.90	540.22
Konfigurasi 2						
20	0.0004	0.003	0.0034	19.94	149.76	169.92
40	0.0008	0.0063	0.0071	39.88	313.51	354.81
60	0.0012	0.0095	0.011	59.81	475.00	537.14
Konfigurasi 3						
20	0.0004	0.003	0.0034	19.94	150.20	169.90
40	0.0008	0.0064	0.0072	39.88	319.26	360.31

60	0.0012	0.0096	0.011	59.81	482.3	544.41
Konfigurasi 4						
20	0.0004	0.0029	0.0033	19.94	143.58	163.78
40	0.0008	0.0061	0.007	39.88	305.3	345.96
60	0.0012	0.0093	0.011	59.81	467.24	528.94

- Diameter Output Nozzle 0.75 cm

Diameter Nozzle ejektor 1 cm						
Tanpa Hadangan	Mass Flow Rate (kg/s)			Liter/Menit		
	Motif Flow Rate	Suction Rate	output	Motif Flow Rate	Suction Rate	output
20	0.0004	0.00075	0.0011	19.94	37.54	57.50
40	0.0008	0.0019	0.0027	39.88	95.46	135.29
60	0.0012	0.0031	0.0043	59.81	155.02	214.85
Konfigurasi 1						
20	0.0004	0.00082	0.0012	19.94	41.12	61.06
40	0.0008	0.0020	0.0028	39.88	98.48	138.44
60	0.0012	0.0031	0.0043	59.81	153.78	213.67
Konfigurasi 2						
20	0.0004	0.00091	0.0013	19.94	45.49	65.56
40	0.0008	0.0021	0.0029	39.88	103.27	143.78
60	0.0012	0.0032	0.0044	59.81	161.49	222.16
Konfigurasi 3						
20	0.0004	0.00091	0.0013	19.94	45.50	65.46
40	0.0008	0.0021	0.0029	39.88	104.61	144.56
60	0.0012	0.0032	0.0044	59.81	160.47	220.36
Konfigurasi 4						
20	0.0004	0.00081	0.0012	19.94	40.37	60.38
40	0.0008	0.0019	0.0027	39.88	95.75	135.72
60	0.0012	0.0030	0.0042	59.81	151.22	211.27

- Diameter Output Nozzle 1 cm

Diameter nozzle ejektor 1 cm						
Tanpa Hadangan	Mass Flow Rate (kg/s)			Liter/Menit		
	Motif Flow Rate	Suction Rate	output	Motif Flow Rate	Suction Rate	output
20	0.0004	0.00075	0.0011	19.94	37.54	57.50
40	0.0008	0.0019	0.0027	39.88	95.46	135.29
60	0.0012	0.0031	0.0043	59.81	155.02	214.85
Konfigurasi 1						

20	0.0004	0.00082	0.0012	19.94	41.12	61.06
40	0.0008	0.0020	0.0028	39.88	98.48	138.44
60	0.0012	0.0031	0.0043	59.81	153.78	213.67
Konfigurasi 2						
20	0.0004	0.00091	0.00131	19.94	45.49	65.56
40	0.0008	0.0021	0.0029	39.88	103.27	143.78
60	0.0012	0.0032	0.0044	59.81	161.49	222.16
Konfigurasi 3						
20	0.0004	0.00091	0.0013	19.94	45.50	65.46
40	0.0008	0.0021	0.0029	39.88	104.61	144.56
60	0.0012	0.0032	0.0044	59.81	160.47	220.36
Konfigurasi 4						
20	0.0004	0.00081	0.0012	19.94	40.37	60.38
40	0.0008	0.0019	0.0027	39.88	95.75	135.72
60	0.0012	0.0030	0.0042	59.81	151.22	211.27

- Diameter Output Nozzle 1.25 cm

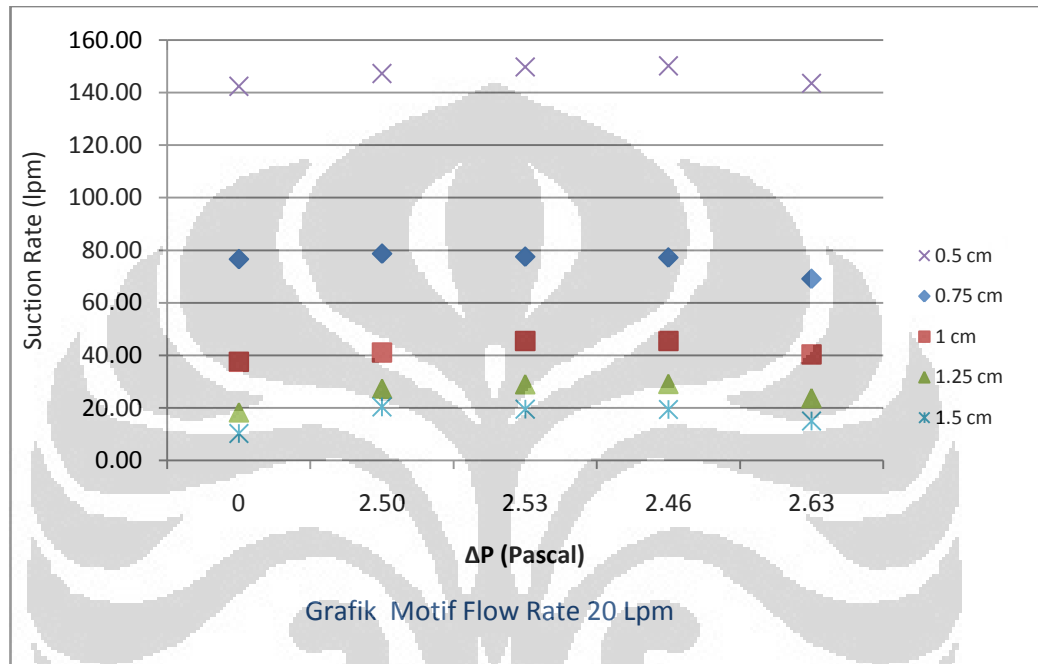
Diameter nozzle ejektor 1.25 cm						
Tanpa Hadangan	Mass Flow Rate (kg/s)			Liter/Menit		
	Motif Flow Rate	Suction Rate	output	Motif Flow Rate	Suction Rate	output
20	0.0004	0.00037	0.00077	19.94	18.31	38.25
40	0.0008	0.0011	0.0019	39.88	54.16	94.05
60	0.0012	0.0019	0.0031	59.81	94.88	154.71
Konfigurasi 1						
20	0.0004	0.00055	0.00095	19.94	27.32	47.3
40	0.0008	0.0013	0.0021	39.88	64.69	104.66
60	0.0012	0.0020	0.0032	59.81	97.83	157.68
Konfigurasi 2						
20	0.0004	0.00058	0.00098	19.94	29.05	49.19
40	0.0008	0.0014	0.0022	39.88	68.06	108.08
60	0.0012	0.0022	0.0034	59.81	108.47	169.03
Konfigurasi 3						
20	0.0004	0.00058	0.00098	19.94	29.17	49.19
40	0.0008	0.0013	0.0021	39.88	65.37	105.29
60	0.0012	0.0021	0.0033	59.81	105.4	165.25
Konfigurasi 4						
20	0.0004	0.00047	0.00088	19.94	23.73	43.76
40	0.0008	0.0012	0.002	39.88	61.6	101.57
60	0.0012	0.0018	0.003	59.81	90.61	150.46

- Diameter Output Nozzle 1.5 cm

D Nozzle 1.5 cm						
Tanpa Hadangan	Mass Flow Rate (kg/s)			Liter/Menit		
	Motif Flow Rate	Suction Rate	output	Motif Flow Rate	Suction Rate	output
20	0.0004	0.0002	0.0006	19.94	10.27	30.21
40	0.0008	0.0008	0.0016	39.88	40.62	80.51
60	0.0012	0.0014	0.003	59.81	72.01	131.84
Konfigurasi 1						
20	0.0004	0.0004	0.0008	19.94	20.39	40.3
40	0.0008	0.0009	0.0017	39.88	46.03	85.96
60	0.0012	0.0015	0.003	59.81	74.85	134.73
Konfigurasi 2						
20	0.0004	0.0004	0.0008	19.94	19.57	39.65
40	0.0008	0.001	0.0018	39.88	48.03	88.03
60	0.0012	0.0016	0.003	59.81	78.08	138.43
Konfigurasi 3						
20	0.0004	0.0004	0.0008	19.94	19.47	39.47
40	0.0008	0.001	0.0018	39.88	50.08	90.03
60	0.0012	0.0016	0.003	59.81	80.2	140.06
Konfigurasi 4						
20	0.0004	0.0003	0.0007	19.94	15.05	35.04
40	0.0008	0.0008	0.002	39.88	42.0	81.96
60	0.0012	0.0014	0.003	59.81	68.67	128.54

Data yang ditampilkan diatas merupakan data yang didapatkan dengan menggunakan program simulasi CFD. Data yang ditampilkan berupa mass flow rate pada suction rate, motif flow rate dan output. Jumlah mass flow rate yang dihasilkan oleh motif flow rate, suction rate, dan output didapatkan dengan menggunakan mass balance pada sistem. Mass balance merupakan hasil simulasi pada program CFD. Total mass imbalance yang dihasilkan oleh hasil simulasi haruslah lebih kecil dari 0.5% dari total mass balance pada sistem. Hal tersebut untuk mengetahui apakah proses simulasi telah berjalan benar atau tidak. Jika hasil total mass imbalance lebih besar dari 0.5% dari total mass balance di sistem, maka iterasi harus dilakukan kembali dengan memperkecil residual tolerance.

Dalam data diatas ditunjukkan hasil dari simulasi pada Updraft Gasifier, dengan menggunakan Ms.Excel, dapat dibuat grafik yang menunjukkan perbandingan jumlah fluida udara yang terhisap dengan memvariasikan diameter output dari nozzle ejektor, berikut adalah grafiknya:

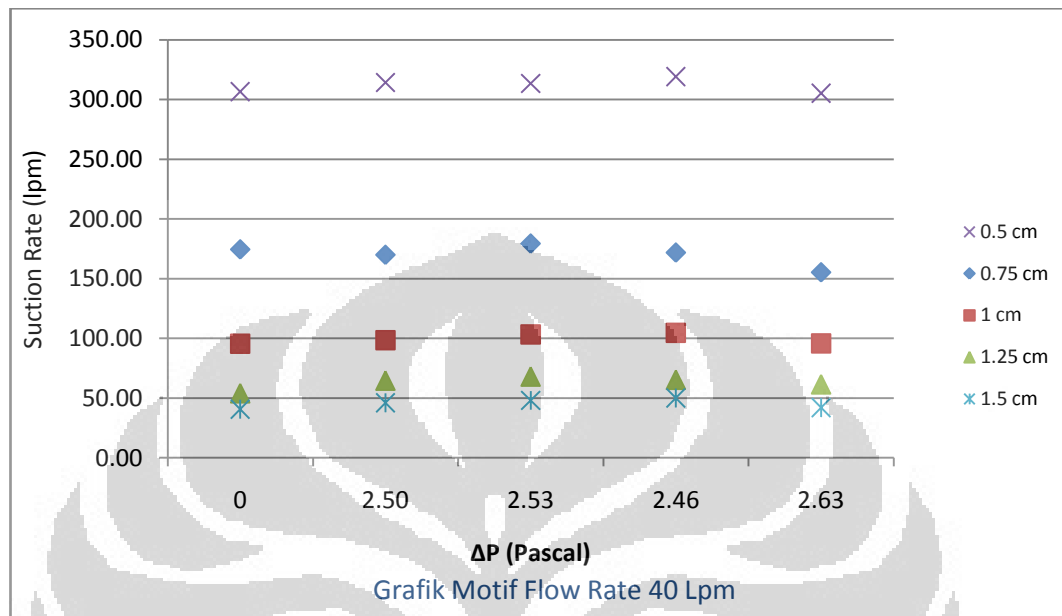


Grafik 4.1 Perbandingan Suction Rate pada Motif Flow Rate 20 Lpm

Grafik diatas merupakan grafik hasil simulasi perbandingan mass flow inlet pada aliran hisap dengan input 20 liter/menit Updraft Gasifier dengan variasi diameter output nozzle pada ejektor. Pada grafik tersebut ditunjukkan fenomena dimana semakin kecil ukuran diameter nozzle ejektor, akan semakin besar mass flow inlet pada aliran hisap. Tren atau kecenderungan bentuk grafik pada masing-masing diameter terbilang hampir sama dimana konfigurasi dengan hadangan paling padat menghasilkan mass flow inlet aliran hisap yang lebih kecil dibandingkan dengan konfigurasi yang lain. Hal tersebut didasarkan kepada kemungkinan bahwa aliran udara pada konfigurasi 4 terhadang oleh jumlah hadangan yang sangat banyak dan rapat.

Dalam simulasi ditemukan terdapat backflow yang terjadi pada reaktor yang memiliki hadangan terbanyak yaitu konfigurasi 4. pada grafik 4.1 juga dapat

terlihat bahwa suction rate terkecil ada pada reaktor yang tidak menggunakan hadangan, yaitu pada diameter ejektor 1, 1.25 dan 1.5 cm, sedangkan pada diameter ejektor 0.5 dan 0.75 cm suction rate terkecil ada pada konfigurasi 4.



Grafik 4.2 Perbandingan Suction Rate pada Motif Flow Rate 40 Lpm

Grafik diatas merupakan grafik hasil simulasi perbandingan mass flow inlet pada aliran hisap dengan input 40 liter/menit Updraft Gasifier dengan variasi diameter output nozzle pada ejektor. Pada grafis tersebut ditunjukkan fenomena dimana tren grafik diatas tidak berbeda dengan grafik sebelumnya. Jumlah mass flow inlet aliran hisap yang dihasilkan pada data ini lebih besar dua kali lipat dibandingkan dengan yang menggunakan input 20 liter/menit.

Pada hasil simulasi yang tidak menggunakan hadangan dengan motif flow rate 40 Lpm menghasilkan suction rate sebesar 306 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 0.5 cm, 175 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 0.75 cm, 95 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 1 cm, 55 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 1.25 cm dan 40.6 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 1.5 cm.

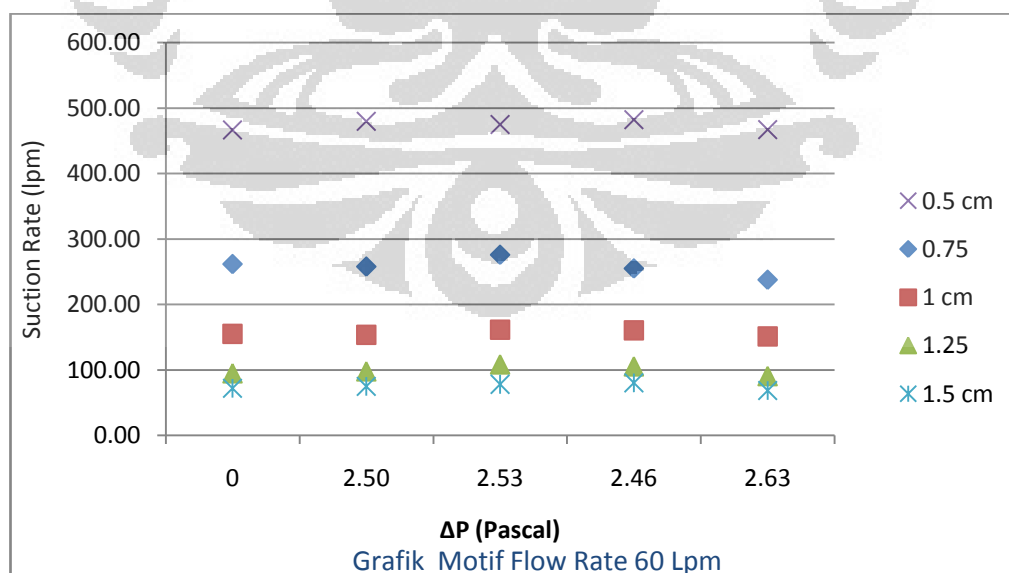
Untuk konfigurasi 1, dihasilkan suction rate sebesar 315 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 0.5 cm, 170 Lpm untuk diameter nozzle ejektor ukuran 0.75 cm, 99 Lpm untuk diameter nozzle ejektor ukuran 1 cm, 65 Lpm untuk

diameter nozzle ukuran 1.25 cm dan 46 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 1.5 cm.

Untuk konfigurasi 2, dihasilkan suction rate sebesar 313 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 0.5 cm, 180 Lpm untuk diameter nozzle ejektor ukuran 0.75 cm, 103 Lpm untuk diameter nozzle ejektor ukuran 1 cm, 68 Lpm untuk diameter nozzle ukuran 1.25 cm dan 48 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 1.5 cm.

Untuk konfigurasi 3, dihasilkan suction rate sebesar 319 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 0.5 cm, 172 Lpm untuk diameter nozzle ejektor ukuran 0.75 cm, 105 Lpm untuk diameter nozzle ejektor ukuran 1 cm, 65 Lpm untuk diameter nozzle ukuran 1.25 cm dan 50 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 1.5 cm.

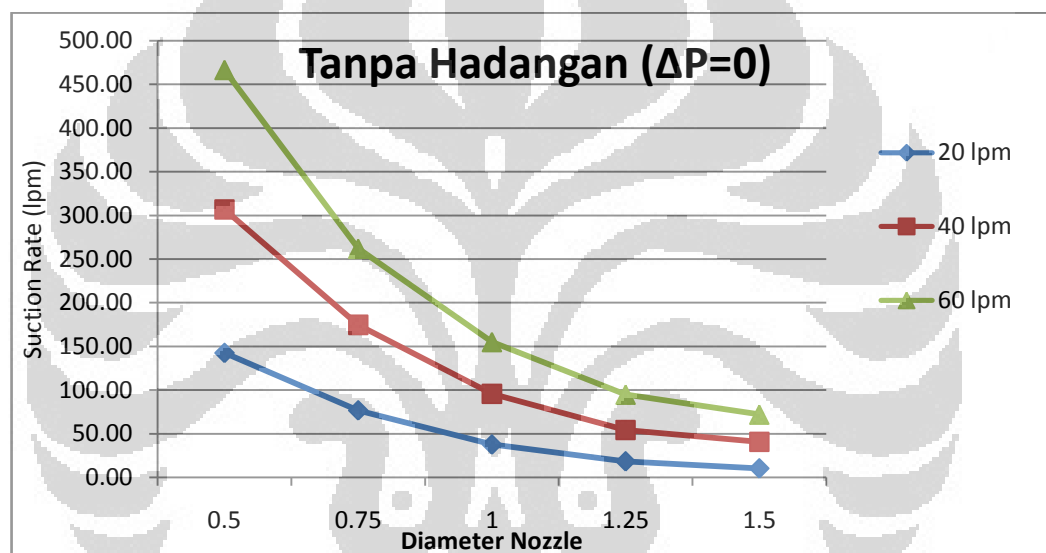
Untuk konfigurasi 4, dihasilkan suction rate sebesar 305 Lpm untuk diameter nozzle ejektor 0.5 cm, 155 Lpm untuk diameter nozzle ejektor ukuran 0.75 cm, 95 Lpm untuk diameter nozzle ejektor ukuran 1 cm, 62 Lpm untuk diameter nozzle ukuran 1.25 cm dan 42 Lpm untuk diameter nozzle ukuran 1.5 cm.



Grafik 4.3 Perbandingan Suction Rate pada Motif Flow Rate 60 Lpm

Grafik diatas merupakan grafik hasil simulasi perbandingan mass flow inlet pada aliran hisap dengan input 60 liter/menit Updraft Gasifier dengan variasi diameter output nozzle pada ejektor. Pada grasik tersebut ditunjukkan fenomena dimana tren grafik diatas tidak berbeda dengan grafik sebelumnya. Pada data input 60 liter/menit ini dihasilkan mass flow inlet terbesar dibandingkan dengan data 20 dan 40 liter/menit.

Untuk perbandingan jumlah suction rate terhadap variasi besaran diameter nozzle ejektor ditunjukkan oleh grafik berikut:



Grafik 4.4 Perbandingan Suction Rate pada reaktor tanpa hadangan

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar diameter nozzle ejektor, maka semakin kecil suction rate yang dihasilkan. Suction rate yang dihasilkan oleh ejektor dengan diameter nozzle 0.5 cm dan motif flow rate 20 Lpm sebesar 150 Lpm, untuk diameter nozzle 0.5 cm dan motif flow rate 40 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 300 Lpm, sedangkan untuk diameter nozzle 0.5 dengan motif flow rate 60 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 460 Lpm.

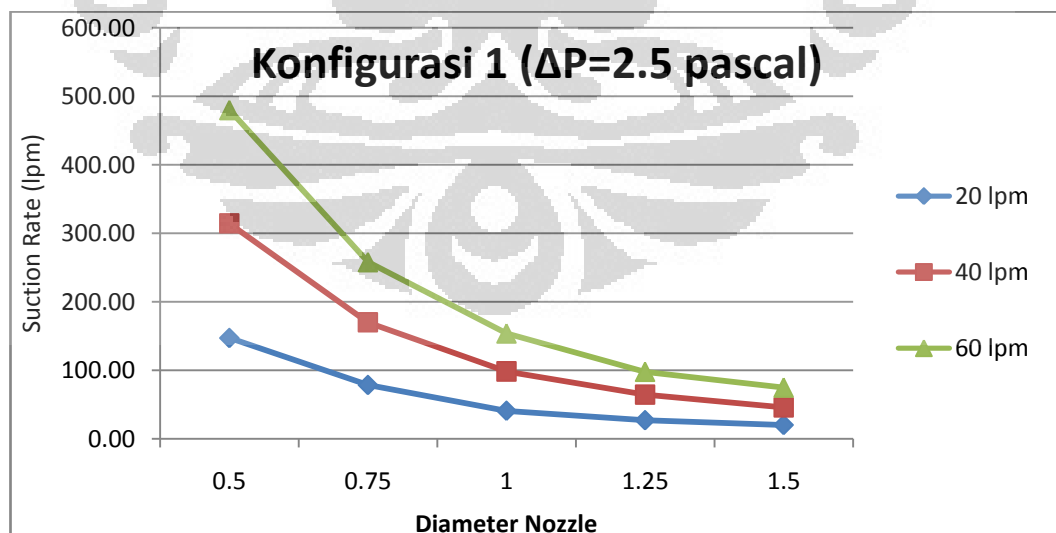
Dalam diameter nozzle 0.75 dengan motif flow rate 20 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 75 Lpm, untuk motif flow rate 40 Lpm dengan diameter nozzle yang sama, dihasilkan suction rate sebesar 170 Lpm, dan untuk motif flow

rate 60 Lpm dengan diameter nozzle 0.75 cm dihasilkan suction rate sebesar 250 Lpm.

Pada diameter nozzle 1 cm, dihasilkan suction rate sebesar 40 Lpm untuk motif flow rate 20 Lpm, 100 Lpm untuk motif flow rate 40 Lpm dan 150 Lpm untuk motif flow rate 60 Lpm.

Untuk diameter nozzle 1.25, dihasilkan suction rate yang relatif paling kecil jika dibandingkan dengan suction rate yang dihasilkan oleh diameter nozzle lainnya. Pada diameter nozzle 1.25, dihasilkan suction rate sebesar 25 Lpm untuk motif flow rate 20 Lpm, untuk motif flow rate 40 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 50 Lpm dan untuk motif flow rate 60 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 100 Lpm.

Untuk diameter nozzle 1.5 cm, dihasilkan suction rate yang terkecil jika dibandingkan dengan suction rate yang dihasilkan oleh diameter nozzle ejektor yang berukuran lebih kecil. Untuk diameter nozzle 1.5 cm tanpa hadangan dengan motif flow rate 20 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 10.3 Lpm, untuk motif flow rate 40 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 40.6 Lpm dan untuk motif flow rate 60 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 72 Lpm.

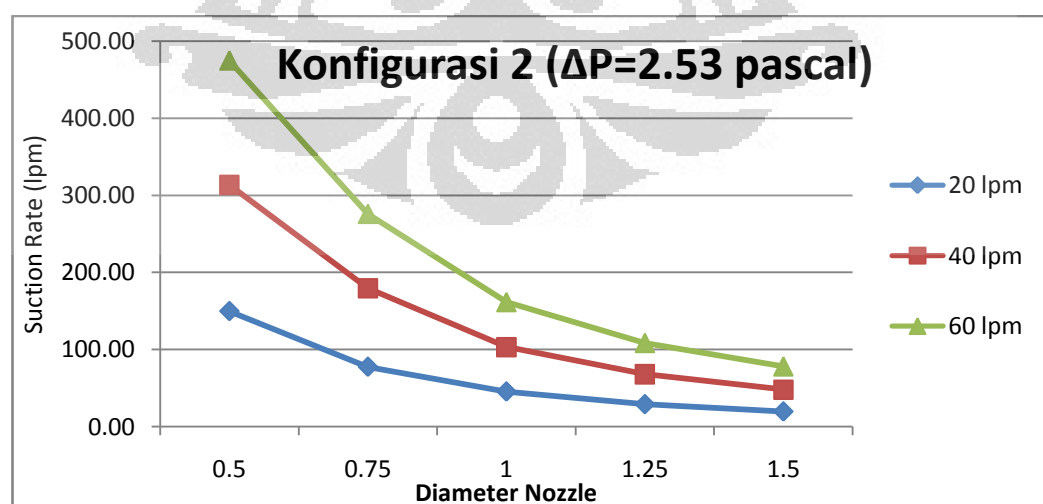


Grafik 4.5 Perbandingan Suction Rate pada reaktor konfigurasi 1

Pada grafik perbandingan suction rate yang dihasilkan oleh konfigurasi satu dengan variasi diameter nozzle ejektor, dapat dilihat bahwa tren yang ditunjukkan memiliki kesamaan dengan grafik 4.4. Pada grafik 4.5, nilai suction rate terbesar terjadi pada motif flow rate 60 Lpm dengan diameter nozzle 0.5 cm yaitu 480 Lpm. Sedangkan nilai suction rate terendah terjadi pada motif flow rate 20 Lpm dengan diameter nozzle 1.5 cm yaitu sebesar 20.4 Lpm.

Untuk suction rate yang dihasilkan oleh diameter nozzle 0.5 konfigurasi 1, suction rate terkecil dihasilkan dengan motif flow rate 20 Lpm yaitu sebesar 147.31 Lpm. Hasil tersebut masih lebih besar jika dibandingkan dengan suction rate yang dihasilkan diameter nozzle 0.5 cm tanpa hadangan dengan motif flow rate 20 Lpm yaitu sebesar 142.41 Lpm. Hal tersebut dapat diperhatikan pada grafik 4.1.

Untuk suction rate terkecil pada grafik 4.5, yaitu pada diameter nozzle 1.5 cm konfigurasi 1 dengan motif flow rate 20 Lpm sebesar 20.4 Lpm masih lebih besar jika dibandingkan dengan suction rate yang dihasilkan oleh diameter nozzle 1.5 cm dengan motif flow rate 20 Lpm pada reaktor tanpa hadangan sebesar 10.3 Lpm. Hal tersebut dapat terlihat pada grafik 4.1 dimana suction rate pada reaktor tanpa hadangan relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan suction rate yang dihasilkan reaktor konfigurasi 1, konfigurasi 2 dan konfigurasi 3.

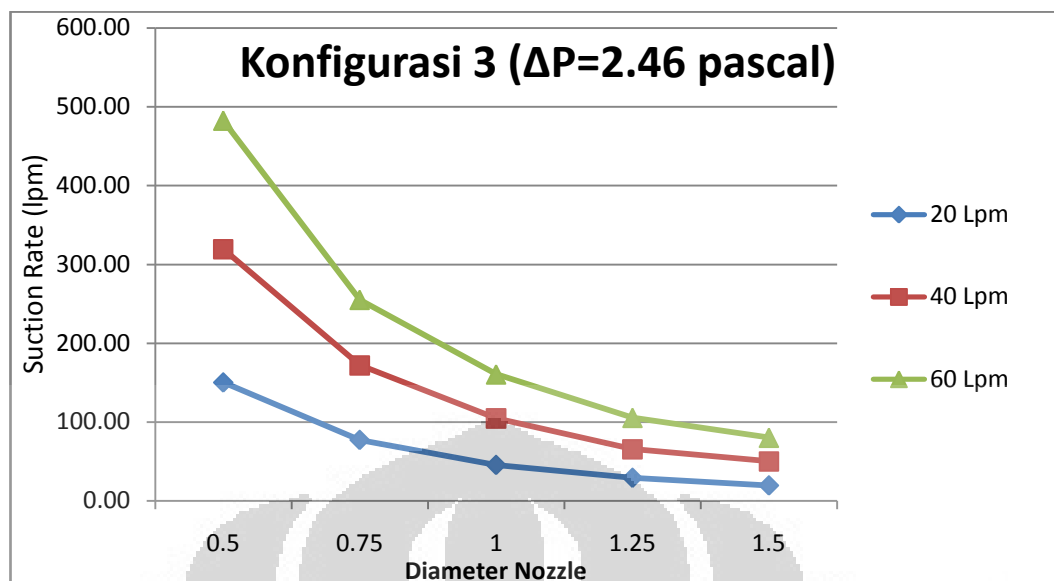


Grafik 4.6 Perbandingan Suction Rate pada reaktor konfigurasi 2

Pada grafik 4.6, suction rate yang dihasilkan relatif tidak berbeda dengan yang ada pada grafik 4.5 dimana suction rate terbesar ada pada diameter nozzle 0.5 cm sebesar 149.76 Lpm. sedangkan suction rate terbesar pada grafik 4.5 adalah 147.31 Lpm dan pada grafik 4.4 sebesar 142.41 Lpm. Semua hasil tersebut berada pada diameter nozzle 0.5 cm dengan motif flow rate 60 Lpm. Perbedaan yang cukup signifikan terjadi pada suction rate pada reaktor tanpa hadangan dimana suction rate terbesar tanpa hadangan hanya 142.41 sedangkan pada konfigurasi 2 sebesar 149.76 atau berselisih hingga 7 Lpm.

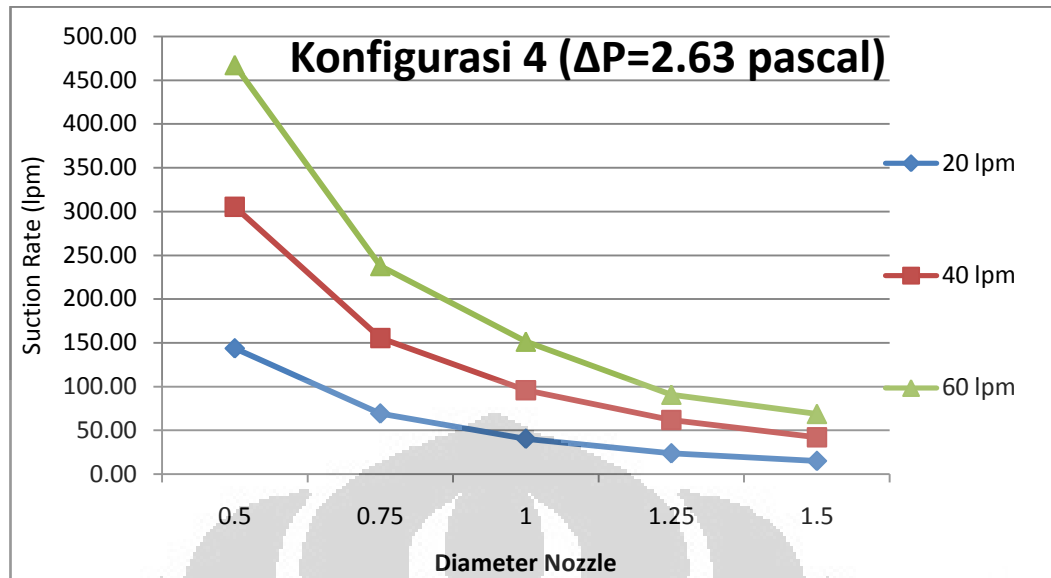
Untuk nilai suction rate terkecil pada grafik 4.6 sebesar 19.5 Lpm yang terjadi pada diameter nozzle 1.5 cm dengan motif flow rate 20 Lpm. Pada grafik 4.6, dapat dilihat besaran suction rate yang dihasilkan oleh diameter nozzle 0.5 cm, 0.75 cm, 1 cm, 1.25 cm dan 1.5 cm untuk motif flow rate 20, 40 dan 60 Lpm pada konfigurasi 2. Untuk diameter 0.5 cm dengan motif flow rate 20 Lpm pada konfigurasi 2 dihasilkan suction rate sebesar 149.76 Lpm, sedangkan untuk suction rate yang dihasilkan oleh diameter nozzle 0.5 cm dengan motif flow rate 40 dan 60 Lpm berturut-turut adalah 313.5 Lpm dan 475 Lpm.

Untuk suction rate yang dihasilkan oleh diameter nozzle ejektor 0.75 cm dengan motif flow rate 20 Lpm, 40 Lpm dan 60 Lpm pada konfigurasi 2 berturut-turut adalah 77.56 Lpm, 179.44 Lpm dan 275.99 Lpm. Pada diameter nozzle 1 cm dengan motif flow rate 20 Lpm, 40 Lpm dan 60 Lpm konfigurasi 2, suction rate yang dihasilkan berturut-turut adalah 45.49 Lpm, 103.27 Lpm dan 161.49 Lpm. Sedangkan untuk diameter nozzle 1.25 cm konfigurasi 2 dengan motif flow rate 20 Lpm, 40 Lpm dan 60 Lpm suction rate yang dihasilkan berturut-turut sebesar 29.05 Lpm, 68 Lpm dan 108.47 Lpm. Pada diameter nozzle 1.5 dengan konfigurasi 2 dihasilkan suction rate terkecil jika dibandingkan dengan hasil suction rate yang dihasilkan oleh diameter nozzle yang lebih kecil, pada diameter nozzle 1.5 dengan motif flow rate 20 Lpm, 40 Lpm dan 60 Lpm suction rate yang dihasilkan sebesar 19.57 Lpm, 48 Lpm dan 78.1 Lpm.



Grafik 4.7 Perbandingan Suction Rate pada reaktor konfigurasi 3

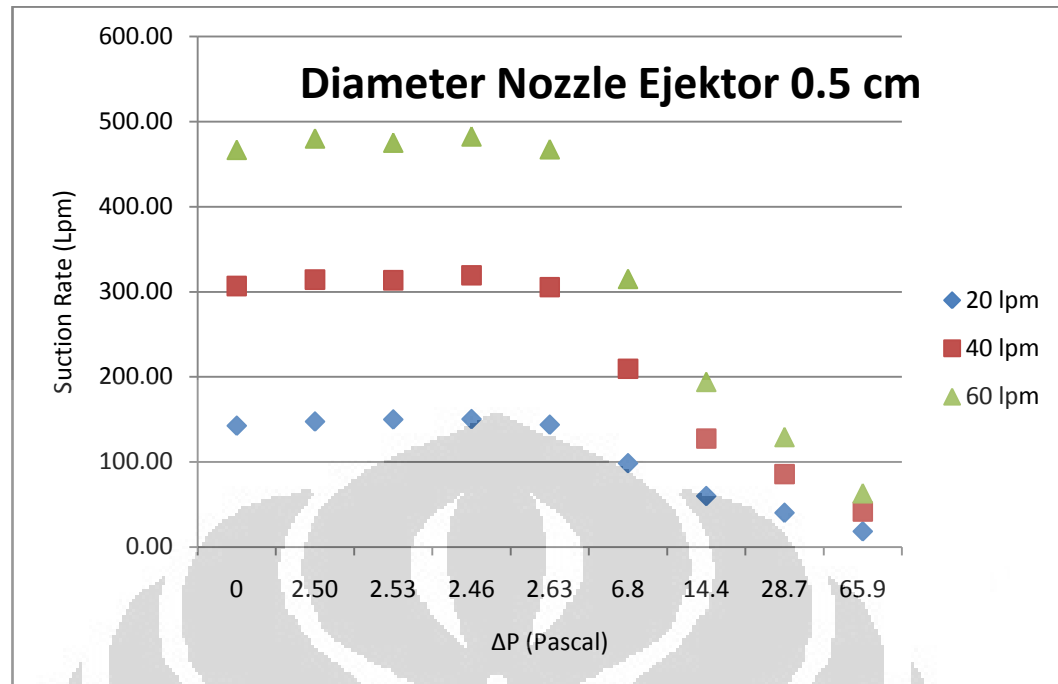
Pada grafik 4.7 dapat dilihat besaran suction rate yang dihasilkan pada konfigurasi 3 dengan variasi diameter nozzle pada 0.5 cm, 0.75, 1 cm, 1.25 dan 1.5 cm pada motif flow rate 20 Lpm, 40 Lpm dan 60 Lpm. pada grafik 4.7, suction rate yang dihasilkan oleh diameter nozzle 0.5 konfigurasi 3 dengan motif flow rate 20 Lpm, 40 Lpm dan 60 Lpm berturut-turut adalah 150.2 Lpm, 319.26 Lpm dan 482.3 Lpm. pada konfigurasi 3, suction rate terbesar dihasilkan pada diameter nozzle 0.5 dengan motif flow rate 60 Lpm yaitu sebesar 482.3 Lpm. Hasil ini lebih besar jika dibandingkan dengan suction rate terbesar yang dihasilkan pada konfigurasi 1, konfigurasi 2 dan tanpa hadangan dimana pada konfigurasi 1 suction rate terbesar terjadi pada diameter nozzle 0.5 cm dan motif flow rate yaitu sebesar 479.9 Lpm. Untuk suction rate terbesar pada konfigurasi 2 pada diameter 0.5 cm dengan motif flow rate 60 Lpm yaitu sebesar 475 Lpm sedangkan pada tanpa hadangan, suction rate terbesar dihasilkan pada diameter nozzle 0.5 cm dengan motif flow rate 60 Lpm yaitu sebesar 466.52 Lpm. Perbedaan terbesar terjadi pada hasil suction rate terbesar pada tanpa hadangan, dimana selisih antara suction rate terbesar pada konfigurasi 3 dengan tanpa hadangan mencapai 14.48 Lpm.



Grafik 4.8 Perbandingan Suction Rate pada reaktor konfigurasi 4

Grafik 4.8 diatas menunjukkan perbandingan suction rate yang dihasilkan oleh reaktor gasifikasi konfigurasi 4 pada variasi diameter nozzle 0.5, 0.75, 1, 1.25 dan 1.5 cm dan motif flow rate 20, 40, dan 60 Lpm. Hasil simulasi yang dilakukan memperlihatkan pada reaktor gasifikasi dengan konfigurasi 4 terjadi fenomena yang sama dengan reaktor gasifikasi dengan konfigurasi yang lain. Hal tersebut ditandai dengan suction rate terbesar yang dihasilkan ada pada diameter nozzle 0.5 cm dengan motif flow rate 60 Lpm yaitu sebesar 467.24 Lpm sedangkan untuk suction rate terkecil yang dihasilkan oleh simulasi pada reaktor gasifikasi dengan konfigurasi 4 ada pada diameter nozzle 1.5 cm dengan motif flow rate 20 Lpm yaitu sebesar 15.05 Lpm.

Untuk Memahami dan mengetahui fenomena besar suction rate yang dihasilkan berdasarkan pada perubahan tekanan akibat hadangan bahan bakar padat, dilakukan beberapa penambahan variasi perbedaan tekanan yang cukup signifikan. Hal tersebut dapat terlihat pada grafik 4.9 dimana suction rate yang dihasilkan pada masing-masing konfigurasi dengan perbedaan tekanan yang signifikan menghasilkan jumlah suction rate yang sangat signifikan.



Grafik 4.9 Perbandingan Suction Rate pada ΔP yang berbeda

4.1.2 HASIL EKSPERIMENT

Dalam menunjang hasil simulasi yang telah dihasilkan, telah dilakukan uji eksperimen untuk mengetahui suction rate terhadap reaktor gasifikasi updraft.

Blower yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tegangan : 220 V

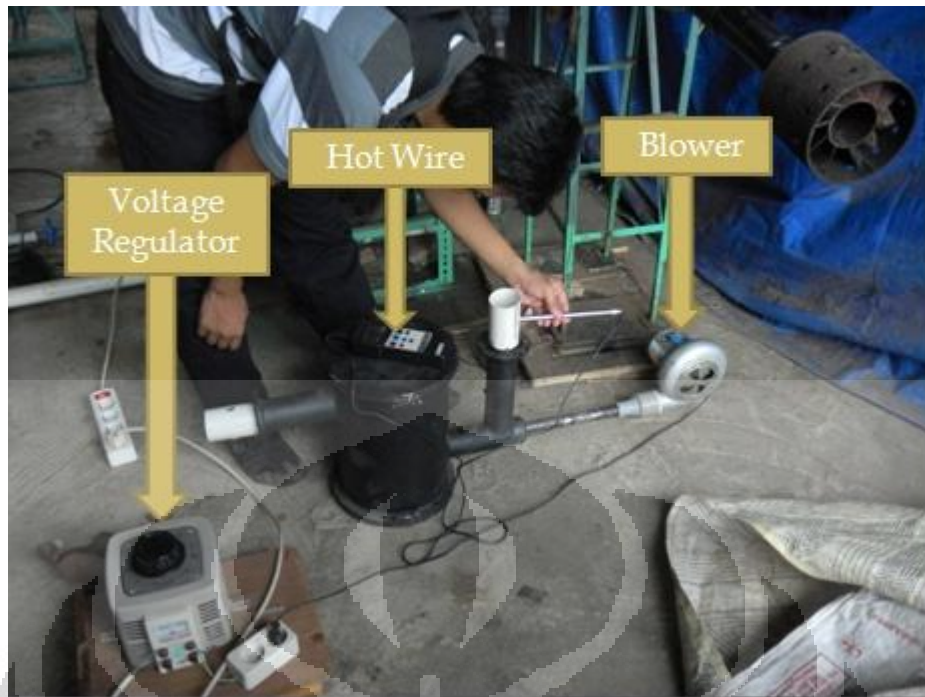
Siklus : 50/60

Ukuran : 2,5 Inch

Phase : 1

Putaran : 3000/3500 rpm

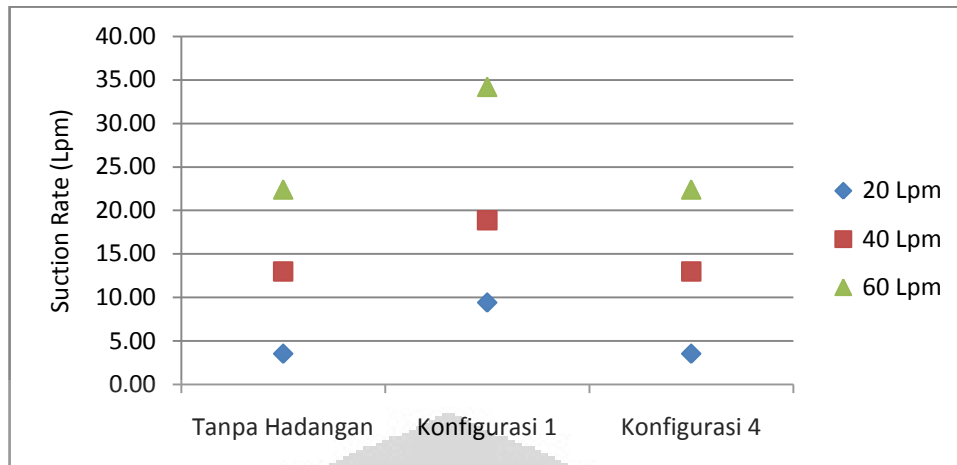
Berikut adalah skematik uji performa ejektor pada updraft gasifier



Gambar 4.1 Proses eksperimen pengambilan data suction rate

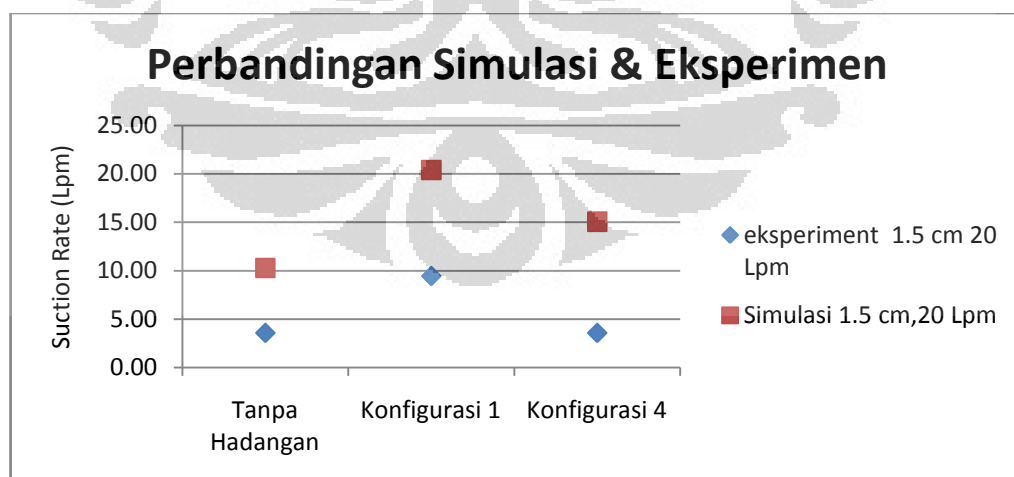
Dibawah ini adalah hasil dari eksperimen:

	Suction Rate (m/s)	Suction Rate (Lpm)	Output (m/s)	Output (Lpm)	Motif Flow Rate (Lpm)	Suction Rate (mass balance)
Hasil Validasi						
Konfigurasi 4	0.3	23.55	0.8	82.43	60	22.43
	0.1	11.78	0.5	53	40	12.99
	0.05	5.89	0.25	23.55	20	3.55
Tanpa Hadangan	0.2	23.55	0.7	82.43	60	22.43
	0.15	11.78	0.45	52.99	40	12.99
	0.05	5.89	0.2	23.55	20	3.55
Konfigurasi 1	0.2	35.33	0.7	94.20	60	34.20
	0.1	17.16	0.45	58.88	40	18.88
	0.05	5.89	0.2	29.44	20	9.44



Grafik 4.10 Hasil suction rate uji eksperimental

Dari hasil eksperimental didapatkan hasil dimana konfigurasi 1 memiliki suction rate yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanpa hadangan dan konfigurasi 4. Pada hasil eksperimental, suction rate terbesar adalah 34.2 Lpm dengan diameter nozzle 1.5 cm dan motif flow rate 60 Lpm. Untuk suction rate yang dihasilkan konfigurasi 4 dan tanpa hadangan, bernilai sama karena pada saat pembacaan kecepatan pada suction rate oleh hotwire adalah sama, dengan skala satu decimal. Untuk membandingkan hasil uji eksperimental dengan simulasi, dapat dilihat pada grafik-grafik dibawah ini.

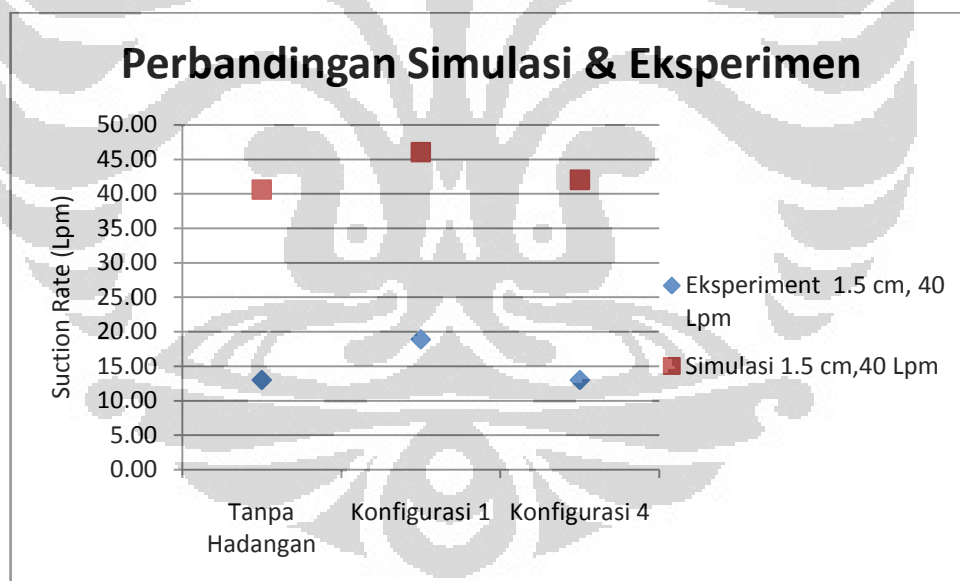


Grafik 4.11 Perbandingan suction rate eksperimental dengan simulasi

Pada grafik 4.10 diatas, ditunjukkan hasil perbandingan antara uji eksperimental dengan simulasi pada motif flow rate 20 Lpm. Grafik diatas

menunjukkan bahwa tren hasil eksperimental dengan simulasi relative memiliki kesamaan dimana konfigurasi 1 memiliki suction rate terbesar jika dibandingkan dengan konfigurasi 4 dan tanpa hadangan, Pada hasil uji eksperimental, suction rate pada reaktor tanpa hadangan dengan motif flow rate 20 Lpm sebesar 3.55 Lpm, sedangkan hasil simulasi untuk motif flow rate 20 Lpm dengan diameter nozzle 1.5 cm menghasilkan suction rate sebesar 10.27 Lpm.

Untuk reaktor konfigurasi 1, hasil uji eksperimental dengan menggunakan motif flow rate 20 Lpm sebesar 9.44 Lpm, sedangkan untuk hasil simulasi dengan diameter nozzle 1.5 cm dan motif flow rate 20 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 20.39 Lpm. Untuk reaktor konfigurasi 4, uji eksperimental dengan menggunakan motif flow rate 20 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 3.55 Lpm, sedangkan untuk hasil simulasi dengan diameter nozzle 1.5 cm dan motif flow rate 20 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 15.05 Lpm.

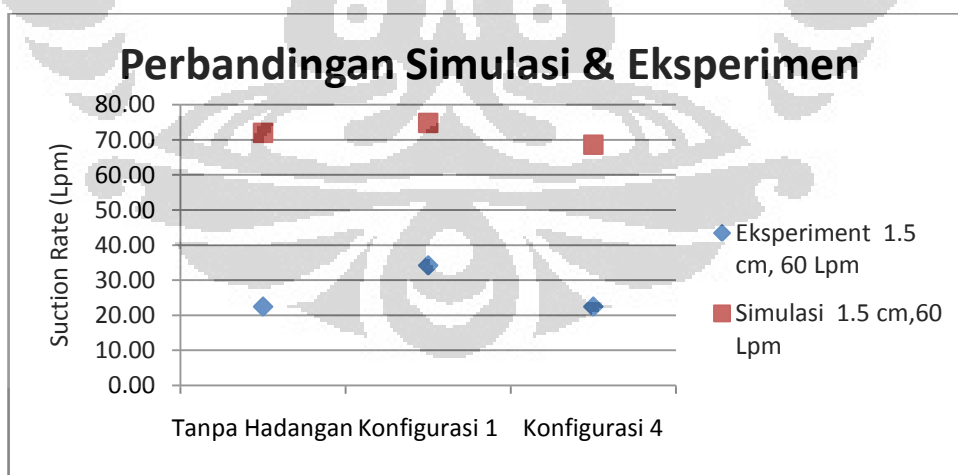


Grafik 4.12 Perbandingan suction rate eksperimental dengan simulasi

Grafik 4.11 menunjukkan hasil perbandingan antara suction rate uji eksperimental dengan hasil simulasi pada diameter nozzle 1.5 cm dan motif flow rate 40 Lpm. Pada hasil uji eksperimental dengan motif flow rate 40 Lpm tanpa hadangan, dihasilkan suction rate sebesar 13 Lpm, sedangkan untuk hasil simulasi dengan diameter 1.5 cm dan motif flow rate 40 Lpm dihasilkan suction rate

sebesar 40.62 Lpm. Untuk reaktor konfigurasi 1 dengan uji eksperimental pada motif flow rate 40 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 18.88 Lpm, sedangkan untuk hasil simulasi dengan diameter nozzle 1.5 cm dan motif flow rate 40 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 46 Lpm. Untuk reaktor konfigurasi 4, dengan uji eksperimental pada motif flow rate 40 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 13 Lpm, sedangkan untuk hasil simulasi dengan diameter nozzle 1.5 cm dan motif flow rate 40 Lpm dihasilkan suction rate sebesar 42 Lpm.

Dari grafik 4.11 ditunjukkan tren suction rate yang dihasilkan oleh uji eksperimental dengan hasil simulasi memiliki kecenderungan yang sama. Hanya pada uji eksperimental suction rate yang dihasilkan lebih rendah dengan yang ada pada simulasi. Pada reaktor tanpa hadangan, selisih suction rate yang dihasilkan uji eksperimental dengan hasil simulasi sebesar 27 Lpm, untuk reaktor konfigurasi 1 selisih besar suction rate antara eksperimental dengan simulasi sebesar 27 Lpm. Untuk reaktor konfigurasi 4, selisih besar suction rate yang dihasilkan eksperimental dengan simulasi sebesar 29 Lpm. Selisih rata-rata suction rate yang dihasilkan untuk ketiga konfigurasi tersebut antara uji eksperimental dengan simulasi sebesar 27.66 Lpm.



Grafik 4.13 Perbandingan suction rate eksperimental dengan simulasi

Grafik 4.12 menunjukkan perbandingan hasil suction rate antara uji eksperimental menggunakan motif flow rate 60 Lpm dengan simulasi pada diameter nozzle yang sama dengan eksperimental yaitu 1.5 cm dan motif flow rate

60 Lpm. Pada hasil yang ditunjukkan dapat dilihat tren grafik yang memiliki kesamaan yaitu reaktor gasifikasi konfigurasi 1 memiliki suction rate terbesar jika dibandingkan dengan reaktor gasifikasi konfigurasi 4 dan reaktor gasifikasi tanpa hadangan.

Pada uji eksperimental dengan motif flow rate 60 Lpm reaktor gasifikasi tanpa hadangan dihasilkan suction rate sebesar 22.43 Lpm sedangkan untuk hasil simulasi diameter nozzle 1.5 cm dan motif flow rate 60 Lpm pada reaktor gasifikasi tanpa hadangan dihasilkan suction rate sebesar 72 Lpm. Untuk perbandingan pada reaktor gasifikasi tanpa hadangan dengan motif flow rate 60 Lpm dan diameter nozzle 1.5 cm dihasilkan perbedaan suction rate yang signifikan dimana selisih antara suction rate antara uji eksperimental dan simulasi sebesar 49.57 Lpm.

Grafik 4.12 juga menjelaskan bahwa pada selisih antara uji eksperimental dengan hasil simulasi sangat besar. Pada reaktor gasifikasi dengan konfigurasi 1, suction rate yang dihasilkan uji eksperimental oleh diameter 1.5 cm dan motif flow rate 60 Lpm sebesar 34.2 Lpm, sedangkan simulasi dengan diameter nozzle 1.5 cm dan motif flow rate 60 Lpm menghasilkan suction rate sebesar 74.85 Lpm. Untuk reaktor gasifikasi konfigurasi 4, uji eksperimental dengan motif flow rate 60 Lpm dan diameter nozzle 1.5 cm menghasilkan suction rate sebesar 22.43 Lpm sedangkan hasil simulasi dengan diameter nozzle 1.5 cm dan motif flow rate 60 Lpm menghasilkan suction rate sebesar 68.67 Lpm. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa selisih suction rate antara uji eksperimental dengan simulasi pada reaktor gasifikasi konfigurasi 1 sebesar 40.65 sedangkan untuk reaktor gasifikasi konfigurasi 4 selisih suction rate sebesar 46.24 Lpm.

4.2 ANALISA

Dari hasil simulasi menggunakan program simulator FLUENT, didapatkan hasil dimana suction rate terbesar terjadi pada diameter nozzle 0.5 cm dengan motif flow rate 60 Lpm. Untuk variasi konfigurasi penempatan pada reaktor gasifikasi yang menyebabkan adanya ΔP , tidak terlalu berpengaruh

signifikan terhadap suction rate yang dihasilkan. Suction rate yang dihasilkan mengikuti persamaan mass balance dimana jumlah fluida yang masuk sama dengan jumlah fluida yang keluar. Pada hasil simulasi, factor yang paling berpengaruh terhadap besarnya suction rate adalah variasi diameter nozzle pada ejektor.

Untuk hasil simulasi dimana semakin kecil luas penampang nozzle ejektor semakin besar suction rate yang dihasilkan memiliki kaitan dengan persamaan Bernoulli, dimana semakin kecil luas penampang nozzle ejektor, maka akan semakin cepat fluida mengalir keluar ejektor tersebut. Hal tersebut menyebabkan kondisi tekanan pada titik didepan nozzle ejektor menjadi lebih rendah yang menyebabkan vakum atau terhisapnya udara pada bagian suction. Berdasarkan hal tersebut, maka hasil simulasi yang menunjukkan bahwa semakin kecil luas penampang nozzle semakin besar suction rate yang dihasilkan terbukti sesuai dengan persamaan Bernoulli.

Setelah eksperimental dilakukan terhadap uji besar suction rate yang dihasilkan pada reaktor gasifikasi updraft dengan diameter nozzle sebesar 1 cm didapatkan tren yang sesuai dengan hasil simulasi. Pada uji eksperimental, dilakukan perbandingan pada hasil simulasi reaktor gasifikasi updraft tanpa hadangan, reaktor gasifikasi updraft konfigurasi 1 dan 4. Pada uji eksperimental, didapatkan hasil dimana reaktor konfigurasi 1 menghasilkan suction rate yang lebih besar dibandingkan dengan reaktor tanpa hadangan dan reaktor konfigurasi 4. Untuk hasil suction rate pada reaktor tanpa hadangan dan reaktor konfigurasi 4, suction rate yang dihasilkan tidak berbeda. Hal tersebut dikarenakan pada instrument hot wire, kecepatan pada suction rate tidak berbeda, yaitu berkisar antara 0 m/s hingga 3 m/s. Untuk hasil uji eksperimental pada motif flow rate 20 Lpm, kecepatan udara

Untuk perbedaan antara hasil simulasi dengan uji eksperimental, hal tersebut dimungkinkan karena pada simulasi dan uji eksperimental memiliki beberapa perbedaan mendasar yaitu losses. Selain itu terdapat juga perbedaan dimana fabrikasi reaktor gasifikasi updraft terdapat beberapa perbedaan dengan desain seharusnya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Hasil simulasi menunjukkan bahwa suction rate terbesar dihasilkan pada diameter nozzle 0.5 cm dengan motif flow rate 60 Lpm dan suction rate terkecil dihasilkan pada diameter nozzle 1.5 cm dengan motif flow rate 20 Lpm
2. Pada hasil simulasi ditunjukkan bahwa variasi motif flow rate sangat berpengaruh terhadap suction rate yang dihasilkan dimana semakin besar motif flow rate maka akan semakin besar pula suction rate yang dihasilkan.
3. Pada hasil simulasi ditunjukkan bahwa penambahan hadangan (solid fuel) pada reaktor gasifikasi tidak berpengaruh signifikan terhadap suction rate yang dihasilkan.
4. Untuk mendapatkan suction rate sebesar 80 liter/menit, diameter nozzle terbesar yang masih dapat digunakan adalah 1.25 cm dengan motif flow rate terkecil yaitu 60 Lpm, untuk diameter nozzle yang lebih besar dari 1.25 cm dengan motif flow rate lebih kecil dari 60 Lpm tidak dapat menghasilkan suction rate sebesar 80 Lpm.

5.2 SARAN

1. Untuk pemasangan ejektor pada sistem gasifikasi, lebih baik digunakan ejektor dengan diameter nozzle 0.5 cm merujuk pada hasil simulasi yang

menunjukkan bahwa ejektor dengan diameter nozzle 0.5 cm menghasilkan suction rate terbesar.

2. Dalam simulasi yang penulis lakukan, fluida yang digunakan adalah udara dengan temperature ruang 27^0 C dan tekanan 1 atm. Untuk penerapan pada sistem gasifikasi yang sebenarnya, memperhitungkan aspek fluida yang akan dihisap oleh ejektor sangatlah penting merujuk bahwa density udara dengan density gas produced hasil pembakaran gasifikasi berbeda, hal tersebut akan menyebabkan pula perbedaan terhadap suction rate yang dapat dihasilkan oleh ejektor.
3. Suction rate yang dihasilkan pada reaktor gasifikasi tanpa hadangan maupun menggunakan hadangan tidaklah berbeda signifikan sehingga berdasarkan hasil simulasi, aliran fluida dalam reaktor gasifikasi dapat tersirkulasi.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Prabowo, Hery. “*Studi Eksperimental Awal Pengaruh Variasi Kecepatan Nozzle dan Jarak Spacing Nozle Terhadap Entrainment Ratio Ejektor Udara pada Suatu Sistem Aliran Udara Balik*”. DTM FTUI. (2010)
- [2] Surjosatyo, Adi. & Ani, Farid. *EXPERIMENTAL STUDY OF AIR FLOW THROUGH AN AIR EJEKTOR*. (2000)
- [3] Lomax, Havard, Thomas H Pullian, David W Zingg. *Fundamentals of Computational Fluid Dynamics*.
- [4] Wirapan Seehanam, Kulachate Pianthong, Masud Behnia, K.Chunnanond, S.Aphomratana. *Simulation on performance of CPM and CRMC Steam Ejektors Using CFD Technique*. (2010)
- [5] Keenan.J.H,dkk *A Simple Air Ejektor* , Cambridge Mass
- [6] Surjosatyo, Adi, Vidian, Fajri dan S.N Yulianto, *Kajian Komputasi Pengaruh Posisi Nozzel Terhadap kinerja Ejektor Udara Pada Sistem Aliran Resirkulasi Eksternal*, Palembang :Seminar nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9, 2010
- [7] Kanajanapon,Chunnanond,dkk, *An Experimental investigation of steam ejektor refrigeration: the analysis of the pressure profile along the ejektor*, 2003
- [8] Blevins, Robert, D, *Applied Fluid Dynamics Handbook*, New York : Van Nostrand reinhold Company Inc. 1984

