

**TUGAS SARJANA
BIDANG KONVERSI**

**KAJI TEORITIS ALIRAN SWIRLING MELALUI ANNULUS
PADA SALURAN LURUS MENGGUNAKAN
METODE VOLUME HINGGA**



Diajukan untuk melengkapi tugas dan syarat
untuk memperoleh gelar Strata-1 (S-1)
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

Disusun Oleh :

CAHYO ADHY KISNANTO

L2E 000 493

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG**

2005

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Cahyo Adhy Kisnanto

Nim : L2E 000 493

Dosen pembimbing : Dr.Ir. Nazaruddin Sinaga, MS

Jangka waktu : 6 (enam) bulan

Judul : Kaji Teoritis Aliran Swirling Melalui Annulus Pada Saluran
Lurus Menggunakan Metode Volume Hingga

Isi tugas :

1. Mengetahui pengaruh perbedaan rasio kecepatan swirl (α) pada velocity inlet dari suatu fluida campuran n octana-udara yang mengalir melalui annulus terhadap pola aliran daerah jet.
2. Mengetahui pengaruh perbedaan rasio kecepatan swirl (α) terhadap intensitas turbulensi pada daerah aliran jet dan peningkatan kualitas pembakaran bahan bakar

Semarang,

Dosen Pembimbing

Dr.Ir. Nazaruddin Sinaga, MS

NIP.131 668 483

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul **“Kaji Teoritis Aliran Swirling Melalui Annulus Pada Saluran Lurus Menggunakan Metode Volume Hingga”** telah disetujui

Hari :

Tanggal :

Menyetujui
Pembimbing

Dr.Ir. Nazaruddin Sinaga, MS

NIP.131 668 483

Mengetahui
Koordinator Tugas Akhir

Ojo Kurdi, ST,MT.

NIP. 132 231 141

ABSTRACT

Nowdays technology development to increase more perfect combustion very high, because of that we need methodology principal with high efficiency. With the result that we need to make an innovation to develop efficiency in this case at system of combustion channel to the burner so that in obtaining maximal result and can improve the characteristic from a combustion process. In this simulation swirling flow conducted by applying ratio of swirl velocity (α) at shares of velocity inlet that is equal to $\alpha = 0; 0,4; 0,7; 1$ and $1,2$. The fluid flow through annulus in diametrical channel studied by CFD. At this simulation by using fluid of mixture n-Octane (C_8H_{18}) and air with the velocity enter to $25,5$ m/s

The aim of the analysis is to analyze the influence/effect of swirling flow that applied at inlet velocity to model of flow and intensity turbulence in its context for the improvement of combustion characteristic. As for segment perceived in area of jet flow at $x = 0,11; 0,25; 0,5; 0,75; 1$ and $1,5$. Detailed result on the fluid flow velocity profile and intensity turbulent that happened at jet flow are presented. Applying of ratio swirl velocity (α) at velocity inlet can improve the average of magnitude velocity of mixture n octane-air. Where from simulation result obtained by the existence relation of applying of ever greater ratio swirl velocity (α) can improve the average of magnitude velocity in each segment perceived. Quality of fuel combustion can be improved by applying swirl flow at velocity inlet capable to improve the intensity turbulence. Make-Up of intensity turbulence that happened will improve the efficiency of fuel mixing with the air, improving combustion intensity and stabilize the combustion flame by applying Internal Recirculation Zone(IRZ).

ABSTRAK

Pada saat ini perkembangan teknologi untuk meningkatkan pembakaran yang lebih sempurna sangat tinggi sehingga dibutuhkan metodologi yang lebih mengutamakan pada efisiensi yang lebih tinggi. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pengembangan atau inovasi terbaru dalam peningkatan efisiensi dalam hal ini pengembangan pada system saluran pembakaran menuju ruang bakar sehingga di peroleh hasil yang maksimal dan mampu meningkatkan karakteristik dari suatu proses pembakaran. Dimana pada simulasi ini aliran swirling dilakukan dengan menerapkan rasio kecepatan swirl (α) pada bagian *velocity inlet* yaitu sebesar $\alpha = 0; 0,4; 0,7; 1$ dan $1,2$. Aliran fluida tersebut melalui sebuah annulus didalam saluran lurus yang dipelajari atau dianalisa dengan bantuan CFD. Pada simulasi ini digunakan fluida campuran n-Oktan (C_8H_{18}) dan udara dengan kecepatan masuk sebesar $25,5$ m/s.

Tujuan utama dari analisa ini adalah untuk menganalisa pengaruh/efek aliran swirling yang diterapkan pada inlet velocity terhadap pola aliran dan intensitas turbulensi dalam kaitannya untuk peningkatan karakteristik pembakaran. Adapun segmen yang diamati dalam daerah aliran jet pada $x = 0,11; 0,25; 0,5; 0,75; 1$ dan $1,5$.. Penerapan rasio kecepatan swirl (α) pada velocity inlet mampu meningkatkan *magnitude* kecepatan rata-rata campuran n oktan-udara. Dimana dari hasil simulasi diperoleh adanya hubungan penerapan rasio kecepatan swirl (α) yang semakin besar mampu meningkatkan *magnitude* kecepatan rata-rata pada setiap segmen yang diamati Kualitas pembakaran bahan bakar dapat ditingkatkan dengan menerapkan aliran swirl pada inlet velocity yang mampu meningkatkan intensitas turbulensi. Peningkatan intensitas turbulensi yang terjadi akan meningkatkan tingkat efisiensi pencampuran bahan bakar dengan udara (*fuel/air mixing*), meningkatkan intensitas pembakaran dan menstabilkan nyala api pembakaran dengan memanfaatkan zona yang masih dipengaruhi perputaran (*internal recirculation zone*)

PERSEMBAHAN

“Hanya Engkau yang kami sembah dan hanya kepada Engkau kami mohon pertolongan” (Q.S. Al Faatihah : 5)

*Bapak Dan Ibu Tercinta
Yang Telah Melahirkan, Membesarkan Dan Mendidik Dengan Doa Dan Kasih Sayang, Hanya Karya Ini Yang Dapat Kupersembahkan*

Kedua Adekku Tersayang Serta Fatdia Yang Tanpa Bosan Senantiasa Memberikan Semangat Dan Dukungannya

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah - Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan baik.

Tugas Sarjana ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini, Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Nazarudin Sinaga MS selaku pembimbing, atas bimbingan, saran dan pemikiran yang sangat berguna bagi penulisan Tugas Sarjana ini.
2. Dr. Ir. Berkah Fajar, Dipl. Ing. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Ojo Kurdi, ST, MT selaku Koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak dan ibu tercinta yang senantiasa memberikan dukungan baik materiil maupun spiritual serta doa restunya sehingga Tugas Sarjana ini terselesaikan dengan baik.
5. Nugroho dan Nugrahanti, adikku tercinta, yang telah banyak memberikan saran dan semangat.
6. Andhika (Schembir) dan Lasbudiharto alm, teman seperjuangan atas segala bantuan, masukan, semangat dan saran-sarannya.
7. Cale, Gam, Hidayat, Komeng, Sumantho, Sukro dan Nanang, teman seperjuangan basecamp Ngesrep yang telah banyak memberikan dukungan dan bantuannya.
8. Fatdia, yang senantiasa setia memberikan semangat dalam suka maupun duka.
9. Teman-teman dan keluargaku di Magelang, Yogya dan Karawang, atas doa dan semangatnya.
10. Teman-teman angkatan 2000 yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu, atas dorongan dan dukungannya.
11. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu.

Penulis sadar bahwa Tugas Sarjana ini masih jauh dari sempurna. Segala kritik dan saran yang sifatnya membangun guna perbaikan dimasa yang akan datang akan sangat dihargai. Semoga Tugas Sarjana ini bermanfaat bagi kita semua. Amin
Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Semarang, Desember 2005

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .	I
HALAMAN TUGAS SARJANA	II
HALAMAN PENGESAHAN	III
ABSTRACT	IV
ABSTRAK	V
HALAMAN PERSEMBAHAN	VI
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XIV
NOMENKLATUR	XV
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Metode Pemecahan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Klasifikasi Aliran Fluida	5
2.1.1 Aliran Viscous Dan Inviscid	6
2.1.2 Aliran Laminar Dan Turbulent	6
2.1.3 Aliran Kompresibel Dan Inkompresibel	6
2.1.4 Aliran Internal Dan Eksternal	7
2.2 Aliran Laminar Dari Fluida Inkompresible Melalui Annulus Berpenampang Lingkaran	7
2.3. Aliran Swirling	10

BAB III PIRANTI PEMROGAMAN DAN SIMULASI	14
3.1 <i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	14
3.1.1 Pre-processor.....	14
3.1.2 Solver	14
3.1.3 Post-processor	15
3.2 Sekilas tentang FLUENT	15
3.2.1 Skema Numerik.....	15
3.2.1.1 Metode Solusi <i>Segregated</i>	16
3.2.1.2 Metode Solusi <i>Coupled</i>	17
3.2.2 Jenis Grid	18
3.2.3 Kualitas Mesh	18
3.2.3.1 Kerapatan Nodal	19
3.2.3.2 Bentuk Cel.....	19
3.2.4 Model Aliran Turbulen, <i>Standard k-ε</i>	20
BAB IV PROSES SIMULASI	22
4.1 Pemodelan.....	22
4.2 Langkah Pengerjaan.....	24
4.3 Diskripsi Masalah	26
4.4 Sifat Fluida	27
4.5 Kondisi Batas	27
4.6 Penggenerasian <i>Mesh</i>	28
4.7 Proses Adapsi	28
4.8 Simulasi Fluent	29
4.9 Validasi Hasil Simulasi.....	40
BAB V ANALISA HASIL SIMULASI	45
5.1 Analisa Kecepatan.....	45
5.1.1 Kontur Kecepatan <i>Axial</i> Pada Variasi Rasio Kecepatan Swirl (α)	46

5.1.2 Kecepatan <i>Axial</i> Lokal Pada Variasi Rasio Kecepatan Swirl (α)	47
5.1.3 Kontur Kecepatan <i>Magnitude</i> Pada Variasi Rasio Kecepatan Swirl (α)	53
5.1.4 Kecepatan <i>Magnitude</i> Lokal Pada Variasi Rasio Kecepatan Swirl (α)	54
5.2 Analisa Intensitas Turbulensi	60
5.2.1 Kontur Intensitas Turbulensi Pada Variasi Rasio Kecepatan Swirl (α)	60
5.2.2 Intensitas Turbulensi Lokal Pada Variasi Rasio Kecepatan Swirl (α)	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Klasifikasi aliran fluida.	2-5
Gambar 2.2.	Laminar incompressible flow in an annulus.	2-8
Gambar.2.3.	Beberapa macam <i>generator swirl</i> .	2-11
Gambar 2.4.	<i>Cylindrical velocity components</i> pada 3d, 2d dan <i>axisymmetric domains</i> .	2-12
Gambar 3.1.	Skema metode solusi <i>segregated</i> .	3-17
Gambar 3.2.	Skema metode solusi <i>coupled</i> .	3-18
Gambar 4.1.	Model benda.	4-22
Gambar 4.2.	Diagram alir langkah pengerjaan	4-24
Gambar 4.3.	Diagram alir penyelesaian dalam fluent.	4-26
Gambar 4.4.	Daerah asal untuk annulus dalam saluran lurus dua dimensi	4-26
Gambar 4.5.	Kondisi batas model validasi.	4-28
Gambar 4.6.	Grid <i>meshing</i> yang digunakan pada model.	4-28
Gambar 4.7.	<i>FUENT Version</i> .	4-30
Gambar 4.8.	File terbaca dalam fluent.	4-30
Gambar 4.9.	<i>Check grid</i> .	4-31
Gambar 4.10.	<i>Size grid</i> .	4-31
Gambar 4.11.	<i>Grid display</i> .	4-32
Gambar 4.12.	<i>Grid display</i> .	4-32
Gambar 4.13.	Panel <i>solver</i> .	4-33
Gambar 4.14.	Panel <i>viscous model</i> .	4-33
Gambar 4.15.	Panel material.	4-34
Gambar 4.16.	Panel <i>boundary condition</i> .	4-35
Gambar 4.17.	Panel set <i>velocity inlet</i> .	4-35
Gambar 4.18.	Panel set <i>pressure outlet</i> .	4-36
Gambar 4.19.	<i>Solution Control</i> .	4-36
Gambar 4.20.	<i>Solution Initialization</i> .	4-37
Gambar 4.21.	Panel <i>Residual Monitors</i> .	4-37
Gambar 4.22.	Panel iterasi.	4-38

Gambar 4.23.	Grafik proses iterasi.	4-38
Gambar 4.24.	Proses iterasi.	4-39
Gambar 4.25.	Grafik validasi kecepatan axial.	4-40
Gambar 4.26.	Grafik perbandingan kecepatan axial proses adaptasi	4-41
Gambar 5.1.	Kontur kecepatan <i>axial</i> pada variasi rasio kecepatan swirl (α)	5-46
Gambar 5.2.	Grafik distribusi <i>axial velocity</i> pada <i>centerline</i>	5-47
Gambar 5.3.	Grafik distribusi <i>axial velocity</i> pada $x = 0,11$ m	5-48
Gambar 5.4.	Grafik distribusi <i>axial velocity</i> pada $x = 0,25$ m	5-49
Gambar 5.5.	Grafik distribusi <i>axial velocity</i> pada $x = 0,5$ m	5-49
Gambar 5.6.	Grafik distribusi <i>axial velocity</i> pada $x = 0,75$ m	5-50
Gambar 5.7.	Grafik distribusi <i>axial velocity</i> pada $x = 1$ m.	5-51
Gambar 5.8.	Grafik distribusi <i>axial velocity</i> pada $x = 1,5$ m.	5-51
Gambar 5.9.	Kontur <i>magnitude</i> kecepatan pada variasi rasio kecepatan swirl (α)	5-53
Gambar 5.10.	Grafik distribusi <i>magnitude velocity</i> pada <i>centerline</i>	5-54
Gambar 5.11.	Grafik distribusi <i>magnitude velocity</i> pada $x = 0,11$ m	5-55
Gambar 5.12.	Grafik distribusi <i>magnitude velocity</i> pada $x = 0,25$ m.	5-55
Gambar 5.13.	Grafik distribusi <i>magnitude velocity</i> pada $x = 0,5$ m.	5-56
Gambar 5.14.	Grafik distribusi <i>magnitude velocity</i> pada $x = 0,75$ m	5-57
Gambar 5.15.	Grafik distribusi <i>magnitude velocity</i> pada $x = 1$ m	5-57
Gambar 5.16.	Grafik distribusi <i>magnitude velocity</i> pada $x = 1,5$ m.	5-58
Gambar 5.17.	Kontur intensitas turbulensi pada variasi rasio kecepatan swirl (α)	5-60
Gambar 5.18.	Grafik distribusi intensitas turbulensi pada <i>centerline</i> .	5-61
Gambar 5.19.	Grafik distribusi intensitas turbulensi pada $x = 0,11$ m	5-62
Gambar 5.20.	Grafik distribusi intensitas turbulensi pada $x = 0,25$ m.	5-63
Gambar 5.21.	Grafik distribusi intensitas turbulensi pada $x = 0,5$ m.	5-63
Gambar 5.22.	Grafik distribusi intensitas turbulensi pada $x = 0,75$ m.	5-64
Gambar 5.23.	Grafik distribusi intensitas turbulensi pada $x = 1$ m.	5-65
Gambar 5.24.	Grafik distribusi intensitas turbulensi pada $x = 1,5$ m.	5-65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Besaran bilangan swirl dalam simulasi	2-12
Tabel 4.1.	Parameter geometri	4-23
Tabel 4.2.	Ukuran grid hasil proses adaptasi	4-29
Tabel 4.3.	Ukuran grid	4-29
Tabel 4.4.	Rasio kecepatan swirl (α) yang ditetapkan dalam simulasi	4-29
Tabel 4.5.	Model solusi yang digunakan	4-29
Tabel 5.1.	Posisi kecepatan <i>axial</i> maksimum	5-52
Tabel 5.2.	Kecepatan <i>axial</i> rata-rata untuk masing-masing simulasi α	5-52
Tabel 5.3.	Posisi <i>magnitude</i> kecepatan maksimum	5-58
Tabel 5.4.	<i>Magnitude</i> kecepatan rata-rata untuk masing-masing simulasi α	5-58
Tabel 5.5.	Posisi intensitas turbulensi maksimum	5-66
Tabel 5.6.	Intensitas turbulensi rata-rata untuk masing-masing simulasi α	5-66

NOMENKLATUR

- α : Rasio kecepatan swirl (α)
- E : Konstan empirik (= 9.81)
- I : intensitas turbulensi
- k : Konstanta von Karman (= 0.42)
- k_P : Energi kinetic turbulen (*turbulent kinetic energy*) pada titik P
- L : Panjang karakteristik (m)
- M : Bilangan Mach
- P : Tekanan fluida (N/m^2)
- Q : Laju alir volume fluida (m^3/s)
- r : radius/jarak (m)
- r_1 : jari-jari silinder kecil (m)
- r_2 : jari-jari silinder besar (m)
- r' : radius kecepatan maksimum (m)
- R : jari-jari jet outlet annulus (m)
- u : kecepatan axial (m/s)
- u' : Fluktuasi Kecepatan (m/s)
- u_{ave} : *mean flow velocity* (m/s)
- u_x : kecepatan aliran bebas (m/s)
- U_P : Kecepatan rata-rata fluida pada titik P (m/s)
- ν : Viskositas kinematik (m^2/s)
- V_x : Kecepatan arah x (m/s)
- V_y : Kecepatan arah y (m/s)
- V_z : Kecepatan arah z (m/s)
- w : kecepatan swirl (tangensial) (m/s)
- x : jarak sepanjang dinding dari titik stagnasi
- y_p : jarak ke dinding dari sentroid set yang berdekatan (m)
- μ : Viskositas fluida (kg/m.s)
- ρ : Density (Kg/m^3)

- τ : Tegangan geser (N/m²)
- $\sigma_{t,r}$: Tegangan tangensial dan radial (N/m²)